

HEMÍPTEROS GERROMORPHA ASOCIADOS A CINCO CUERPOS DE AGUA DEL
DISTRITO DE MANEJO INTEGRADO (DMI) LA MACARENA NORTE, META Y SU
RELACIÓN CON LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA



JUAN CARLOS PALECHOR ALARCÓN

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

MAESTRÍA EN RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS CONTINENTALES

POPAYÁN

2023

HEMÍPTEROS GERROMORPHA ASOCIADOS A CINCO CUERPOS DE AGUA DEL
DISTRITO DE MANEJO INTEGRADO (DMI) LA MACARENA NORTE, META Y SU
RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL AGUA



JUAN CARLOS PALECHOR ALARCÓN

Informe final de trabajo de grado en la modalidad de investigación como requisito para optar al
título de Magister en Recursos Hidrobiológicos Continentales

Directora

MARÍA CRISTINA GALLEGO ROPERO, PhD.

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

MAESTRÍA EN RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS CONTINENTALES

POPAYÁN

2023

Nota de Aceptación

María Cristina Gallego Ph.D
Directora



Cesar Enrique Tamaris Turizo Ph.D
Jurado

Daniel Andrés Férez MSc.
Jurado

Popayán enero de 2023

Dedicatoria

Con cariño y especial afecto a Aleida Alarcón y Sandra Palechor, la primera por darme la vida y la segunda por enseñarme a vivirla bien.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la oportunidad de vivir, conocer personas maravillosas y aprender de ellas. A mi familia, Sandra y Pablo especialmente por darme todo su apoyo siempre, a mis tíos, a mi madre y hermanas. Al profesor Fredy Molano (q.e.p.d.). A la profesora María Cristina por creer en mí. A la doctora Irina Morales por su valioso apoyo, A Ximena Galindo, investigadora adjunta del Laboratorio de Entomología de la UPTC, por su ayuda en la identificación de especies del género *Rhagovelia*, al profesor Camilo Andrade por su colaboración.

Contenido

1 RESUMEN	8
2 INTRODUCCIÓN	9
3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
4 JUSTIFICACIÓN	14
5 OBJETIVOS	16
5.1 OBJETIVO GENERAL	16
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
6 MARCO TEORICO Y ANTECEDENTES	17
6.1 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS	19
6.2 HEMIPTEROS	20
6.3 GERROMORPHA	20
6.4 BIOINDICADORES	21
6.5 CHINCHES PATINADORES	22
7 METODOLOGÍA	23
7.1 ÁREA DE ESTUDIO	23
7.1.1 Generalidades	23
7.1.2 Aspectos biogeográficos	24
7.1.3 Clima	24
7.1.4 Distrito de Manejo Integrado La Macarena Norte	24
7.2 TRABAJO DE CAMPO	25
7.3. TOMA DE MUESTRAS DE AGUA PARA ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO	28
7.4 INVENTARIO FORESTAL	29
7.5 ANÁLISIS DE DATOS	29
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
8.1. RIQUEZA, ABUNDANCIA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE HEMIPTEROS GERROMORPHA	30
8.2 ÍNDICES DE DIVERSIDAD	33
8.3 ANÁLISIS DE AGRUPAMIENTO	35

8.3.1 Familia Gerridae	36
8.3.2. Familia Veliidae	40
8.3.3 Familia Hydrometridae	43
8.4 RIQUEZA Y COMPOSICIÓN FLORÍSTICA	43
8.4.1 Estructura general de la Vegetación de galería	44
8.4.2 Clases diamétricas Vegetación Secundaria	44
9 CALIDAD DEL AGUA DE TRIBUTARIOS DEL RIO GUEJAR	51
9.1 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	54
9.2 CORRELACIONES VARIABLES FÍSICA - QUÍMICA Y LOS HEMÍPTEROS	55
9.3 INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA	56
10 CONCLUSIONES	59
11 RECOMENDACIONES	60
12 BIBLIOGRAFIA	61

1 RESUMEN

Dentro de los macroinvertebrados que habitan los ambientes dulceacuícolas, los insectos son el grupo biológico más empleado para determinar la calidad del agua de los ecosistemas, ya sean lénticos o lóticos. Considerando la sensibilidad y la tolerancia intrínsecas de los insectos acuáticos, se realizaron muestreos en 13 cursos de agua de la subcuenca del río Guejar en el Área de Manejo Especial de La Macarena entre los 230 y 460 msnm, describiendo la composición y diversidad de las familias Gerridae, Veliidae e Hydrometridae del infraorden Gerromorpha, que incluye insectos que se encuentran en la película superficial del agua, comúnmente denominados “patinadores” o “chinces de agua”. Los muestreos se efectuaron en dos épocas, unas altas precipitaciones, entre mayo y julio y la otra de bajas precipitación de diciembre a marzo. Se evaluó pH, conductividad, temperatura y oxígeno disuelto. Se lograron identificar 21 morfoespecies de 11 géneros. Los resultados permiten ampliar el conocimiento respecto a la distribución de las especies y su comportamiento en los diferentes ecosistemas muestreados para el infraorden Gerromorpha. El género *Rhagovelia* presentó la mayor abundancia de especies, lo que es frecuente para este género en este tipo de estudios (Álvarez y Roldán 1983). Se estableció una relación con las variables físicoquímicas del agua respecto a la riqueza y abundancia de las especies encontradas las 13 estaciones de muestreo considerando el tipo de vegetación correspondiente al bosque de galería.

2 INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua se ha convertido en un problema grave a nivel mundial. Se estima que cerca del 40% de la población mundial no tiene acceso a servicios de saneamiento adecuados y el mayor impacto lo sufren aquellos países en vías de desarrollo, que descargan cerca del 90% de sus aguas residuales sin ningún tratamiento a los ríos, lagos y zonas costeras, contaminando así sus fuentes de abastecimiento (Langergraber y Muellegger, 2005).

A la contaminación del recurso hídrico se le suma el desconocimiento de las especies animales y vegetales que habitan áreas inundables, humedales y orillas de ríos o corrientes hídricas. Actualmente, ecosistemas y regiones de gran importancia ecológica para Colombia y el mundo como La Sierra de La Macarena, un territorio complejo, diverso, único y lleno de oportunidades para descubrir, aprender, conservar y generar conocimiento para el bienestar de la sociedad, se ven gravemente amenazados. Esta región del sur del departamento del Meta, es de suma importancia para la investigación, pero además, por sus innumerables servicios ecosistémicos que brinda a las comunidades que habitan los diferentes municipios que forman parte del Área de Manejo Especial de La Macarena-AMEM- creada por el Decreto Ley 1989 de 1989 que, además, incluye siete unidades de manejo entre las que tenemos 4 Parques Nacionales Naturales (Tinigua, Sierra de la Macarena, Picachos y Sumapaz) y 3 Distritos de Manejo Integrado de los Recursos Naturales (Macarena Norte, Macarena Sur y Ariari-Guayabero), que han mantenido su estructura y funcionalidad ecológica y biológica, a pesar de haber sido modificados desde que se inició la colonización hacia este territorio, mucho antes incluso de que las figuras de protección existieran; por lo que en la actualidad es evidente los diferentes conflictos socioambientales en el territorio (Cormacarena 2012)

En esta región, las actividades antrópicas desarrolladas, como adecuación de terrenos para la ganadería, agricultura, actividades mineras y deforestación, han generado consecuencias graves sobre la oferta ambiental, especialmente del recurso hídrico, debido a que alteran la composición y funcionamiento ecológico de los organismos que viven en los sistemas acuáticos, ya que muchos de estos organismos tienen adaptaciones únicas a hábitats específicos, microhábitats, o fuentes de alimentación, mientras que otras son cosmopolitas y aptas para sobrevivir a una amplia gama de condiciones (Ramírez *et al.*, 2008). Entre los organismos que se han visto afectados por el deterioro de los ecosistemas, se encuentran los heterópteros acuáticos conocidos como “chinchas de agua”, la mayoría son depredadores y algunos géneros presentan importancia en el control biológico de larvas de mosquitos (Blaustein *et al.*, 2004; Warburg *et al.*, 2011). Además, desempeñan un papel importante dentro de las cadenas tróficas de los diferentes ecosistemas acuáticos al ser depredadores de otros invertebrados y servir de alimento a vertebrados como peces, aves y murciélagos (González *et al.*, 2009; Vidotto-Magnoni y Carvalho, 2009).

De igual manera, de acuerdo con Aristizábal (2002), las especies de chinchas patinadores de la película superficial del agua, se ven directamente afectados por sustancias que alteren la tensión superficial del agua. Esto es debido a que están adaptados a esta propiedad del agua para desplazarse y realizar su ciclo de vida. Sustancias como el jabón, aceites y detergentes rompen la tensión superficial impidiendo que estos organismos puedan establecerse en áreas contaminadas con estas sustancias.

El presente documento contiene los resultados de la investigación en torno al infraorden Gerromorpha en el área de manejo especial de la Macarena, en lo que corresponde al Distrito de Manejo Integrado Macarena Norte, zona de recuperación para la producción y zona de recuperación para la preservación en donde se establecieron las 13 estaciones de muestreo para

conocer la riqueza, abundancia y diversidad de los insectos semiacuáticos; además de recolectar datos de pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura del agua en cada sitio muestreado. De igual manera se presentan los resultados del inventario forestal en 3 parcelas ubicadas en zonas aledañas a las estaciones de muestreo. Estos resultados enriquecen el conocimiento de los macroinvertebrados, especialmente de los chinches patinadores y sobre el papel que desempeñan en estos ecosistemas.

3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Sierra de la Macarena enfrenta un alto grado de amenaza debido a la cantidad de pobladores colonos provenientes de diferentes regiones del país, que continuamente están deforestando los bosques naturales para implementar monocultivos, cultivos ilícitos, ganadería extensiva, entre otros, y con ello el incremento de fumigaciones y prácticas agrícolas inadecuadas, que han provocado una pérdida acelerada de la biodiversidad. Este contexto sumado al descuido del estado, las problemáticas sociales y el poco conocimiento de lo que se tiene, hacen que la Sierra sea un área desprotegida (Romero et al., 2008).

Así mismo, los ecosistemas acuáticos que se encuentran en la Sierra, han venido sufriendo los impactos causados por la actividad humana, pues los desechos domésticos, residuos de actividades de la agricultura (uso intensivo de abonos sintéticos y plaguicidas) y ganadería extensiva, tienen como destino final los ríos (Courtemanch *et al.*, 1989). Los ecosistemas acuáticos han sido empleados desde la antigüedad por los seres humanos como fuente de recursos y como vía para la eliminación de residuos, lo cual ha producido una degradación histórica de los cuerpos de agua (Ozcós *et al.*, 2006). Igualmente, la pérdida de la zona de amortiguamiento de los ríos, es un problema para la salud de los seres vivos, por lo que se están haciendo esfuerzos para involucrar a las comunidades humanas en el diagnóstico y verificación de la calidad ambiental de las aguas superficiales, lo cual se facilita utilizando insectos como los heterópteros asociados a los ecosistemas acuáticos, conocidos comúnmente como “chinchas de agua” (Gerromorpha), de los cuales en Colombia hay poca información pues no se han dedicado esfuerzos para estudiar estas comunidades, de las que se sabe son depredadoras de larvas de mosquitos lo que podría usarse como posible control biológico (García *et al.* 1996). Además, según Aristizabal (2002), algunas familias de este infraorden son importantes como indicadores de calidad de agua especialmente en

el contenido de grasas, aceites y sustancias tensoactivas como jabones y detergentes, los cuales rompen la tensión superficial del agua impidiendo el sostén físico de estos organismos. Entonces, si relacionamos el desconocimiento de este tipo de organismos y la actual degradación progresiva de los ecosistemas del DMI Macarena Norte, se hace necesario hacer estudios que permitan conocer la entomofauna semiacuática como una base importante para la conservación y preservación de las fuentes de agua.

Pregunta de investigación: ¿Es la comunidad de hemípteros Gerromorpha un buen indicador de la calidad del agua en el DMI Macarena Norte?

4 JUSTIFICACIÓN

Tradicionalmente la calidad del agua de los ríos, se ha medido a través de parámetros físico-químicos que actúan como una "fotografía" del momento, entregando características inmediatas sobre los ríos, pero no una visión de las variaciones de las características en el tiempo. Además, la utilización de algunos reactivos químicos con equipos de laboratorio sofisticados, dificulta la obtención de resultados inmediatos a bajo costo (Chapman, 1996). Una alternativa a este método tradicional es el uso de indicadores biológicos (insectos acuáticos), pues presentan ventajas más amplias y estables a través del tiempo y entregan una gama compleja de cualidades del medio en el cual se desenvuelven (tipo de sustrato, temperatura, oxígeno disuelto, pH del agua, etc.) (Resh et al., 1995). Los insectos acuáticos proporcionan excelentes señales sobre la calidad ambiental de los cuerpos de agua, algunos de ellos requieren buena calidad de agua para sobrevivir y otros, por el contrario, crecen y abundan en sitios donde hay contaminación. Su periodo de vida es lo suficientemente largo para mostrar cómo son afectados por la presencia de agentes contaminantes; asimismo, pueden orientar sobre las causas de contaminación de las zonas muestreadas al realizar comparaciones de especies encontradas entre áreas afectadas o con algún grado de intervención y aquellas que no han sido alteradas, en una misma área geográfica (Allan, 2004). Es así como los cuerpos de agua considerados de buena calidad biológica y fisicoquímica, presentan una composición faunística particular con adaptaciones exclusivas a ecosistemas acuáticos, muy diversa y abundante, a diferencia de aquellos que están sometidos a perturbaciones antrópicas (Fore et al., 1996).

Algunas especies de insectos pertenecientes al infraorden Gerromorpha, pueden ser usados como indicadores de calidad de aguas, su vida como patinadores, permite detectar la contaminación por sustancias que rompen la tensión superficial, por lo que su presencia es indicadora de una buena

calidad de agua (Aristizábal, 2002). Las especies tienen requerimientos, físicos, químicos, de hábitat y de relaciones con otras especies, por lo que se adapta a determinadas condiciones ambientales en las cuales pueden sobrevivir. Es importante resaltar que se considera que, si determinada especie tiene unos límites de tolerancia más estrechos, representa una mayor utilidad como indicador biológico (Velázquez y Vega, 2004). Para la región de los Llanos Orientales de Colombia, los estudios sobre el infraorden Gerromorpha han sido escasos y para la región de la Sierra de La Macarena no se han hecho, por lo que se hace necesario realizar investigaciones que contribuyan a enriquecer el conocimiento de los insectos acuáticos y su relación con propiedades físico-químicas como una herramienta para generar propuestas de manejo para la conservación de la biodiversidad.

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la comunidad de Hemípteros Gerromorpha asociados a cinco tributarios del río Guejar en el Distrito de Manejo Integrado (DMI) La Macarena Norte, Meta y su relación con variables físico-químicas (pH, conductividad, temperatura y Oxígeno disuelto).

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar la riqueza, abundancia y composición de la comunidad de hemípteros Gerromorpha asociados a los cinco tributarios del río Guejar del DMI La Macarena Norte.
- Correlacionar la composición de la comunidad de Hemípteros Gerromorpha asociados a los cuerpos de agua con las variables físico-químicas pH, conductividad, temperatura y oxígeno disuelto en cinco tributarios del río Guejar del DMI La Macarena Norte.
- Establecer los posibles usos de la comunidad de Gerromorpha como bioindicadores para establecer planes de manejo y restauración de bosques de galería.

6 MARCO TEORICO Y ANTECEDENTES

Las primeras investigaciones dirigidas a evaluar el daño ecológico causado por los residuos, tanto de origen industrial como doméstico sobre los cuerpos de agua, fueron realizados en el siglo XIX por Cohn (1853), quien concluyo que hay una relación estrecha entre la presencia de ciertas especies de insectos y la calidad del agua. Washington (1954), hizo una revisión de los índices de diversidad bióticos y de similitud, con especial referencia a los sistemas acuáticos, encontrando una relación directa entre la heterogeneidad y diversidad de estructuras físicas del hábitat, con la diversidad de las comunidades biológicas que lo habitan. Resh *et al.* (1995) en Meryland (U.S.A), desarrollaron un método rápido para evaluar la calidad del agua, usando macroinvertebrados como bioindicadores; y valoraron las condiciones en las que se encuentra un hábitat y a partir de ahí predijeron la fauna esperada para un determinado sitio.

La bioindicación en Colombia se remonta a la década de los años 70 en los trabajos de Roldan *et al.* (1973), al realizarse por primera vez un estudio de los macroinvertebrados como indicadores de contaminación del río Medellín. Tiempo después Mattias y Moreno (1983), realizaron un estudio donde analizaron las características físicas, químicas y biológicas, en el mismo río utilizando a los macroinvertebrados. Por su parte Roldan (1988), publicó una guía para identificar los macroinvertebrados acuáticos en el departamento de Antioquia, siendo aplicable para otros países tropicales. Posteriormente en el año 1992, publico el libro titulado Fundamentos de Limnología Neotropical que posteriormente fue adaptado al sistema de BMWP para evaluar calidad de agua en Colombia usando macroinvertebrados acuáticos mediante la obtención de la riqueza y abundancia de especies para comparar con las variables fisicoquímicas del agua. En el campo de los macroinvertebrados vale la pena resaltar los trabajos de Caicedo y Palacio (1998), Gómez y Velásquez (1999), Muñoz y Ospina (1999), Quiñónez y Ramírez (1998), Roldán (1997,

1999, 2002) y Zamora y Roesler (1995, 1997). Dentro de los estudios limnológicos están los de Asprilla *et al.* (1998), Ramírez (1995, 2000), Ramírez y Viña (1998) publican un libro titulado “Limnología Colombiana”, Ramírez *et al.* (2000, 2001), Roldán *et al.* (2002). Roldán (2003) publica un libro sobre la bioindicación de la calidad del agua en Colombia, aplicando el método del BMWP/Col. Roldán y Ramírez (2008) publican la segunda edición del libro “Fundamentos de Limnología Neotropical”.

Por su parte, los chinches Gerromorpha asociados a los ecosistemas acuáticos, aunque hay poca investigación sobre todo en el Neotrópico, se pueden resaltar importantes investigaciones como la de García *et al.* (1996) quien los propone como posibles controladores biológicos pues varias especies se alimentan de larvas de otros insectos. También Aristizábal (2002) considera que las familias de Gerromorpha se pueden usar como indicadores de calidad de agua, sobre todo en las aguas que contienen sustancias que alteran la tensión superficial del agua como son jabones, detergentes, aceites y grasas.

Para la zona del pacífico hay aportes importantes como los de Padilla-Gil (2016) con una caracterización de Gerromorpha en una Reserva Natural del Río Ñambi en Nariño.

Se puede decir que una de las familias más estudiadas de Gerromorpha es Gerridae, con estudios de diversidad en varias regiones del país en especial en la zona del eje cafetero con investigaciones muy completas como Heteropteros acuáticos del Quindío (Colombia): infraordenes Nepomorpha y Gerromorpha de Molano y Morales (2008). También las revisiones entomológicas han aportado al conocimiento de Gerridae, entre esas tenemos las de Morales-Castaño (2009) y Molano-Rendón (2009).

De la misma manera se han hecho caracterización de hábitats (Molano *et al.*, 2008) y análisis de diversidad de chinches patinadoras marinas (Molano y Morales, 2017). Desde los trabajos pioneros

de Hadden (1931), Henry (1932) y Herring (1958, 1961), así como los de Polhemus (1975, 1991), Andersen y Weir (1999), Andersen (1999) y Cheng (1976, 2006) con chinches marinas, se han descrito más de 180 especies, distribuidas principalmente en cinco familias: Hebridae, Hermatobatidae, Mesoveliidae, Gerridae y Veliidae, donde Gerridae es la familia con más especies con hábitos marinos (80 especies) Cheng (2006).

6.1 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Los macroinvertebrados han sido reconocidos como potenciales indicadores de la calidad biológica de los sistemas acuáticos fluviales desde hace mucho tiempo, esencialmente por su amplia distribución y diversidad, lo que les permite adaptarse a características muy definidas de calidad de agua (Helawell, 1986; Resh et al., 1995). Así mismo, son capaces de integrar información temporal y su sensibilidad permite responder a varios tipos de perturbaciones y contaminantes, reflejando el efecto integrado de todas las variables ambientales (Bunn y Davies, 2000). Los macroinvertebrados acuáticos se definen como aquellos organismos que se pueden ver a simple vista; es decir, todos aquellos organismos que tengan tamaños superiores a 0.5 mm de longitud. El prefijo “macro” indica que esos organismos son retenidos por redes de tamaño entre 200–500 mm (Rosenberg y Resh, 1993) y, además, superan en fase adulto o último estado larvario los 2.5 mm (González y García, 1995). Este grupo incluye taxones como Moluscos, Crustáceos (Anfípodos, Isópodos y Decápodos), Turbelarios, Oligoquetos, Hirudíneos y fundamentalmente insectos, entre los cuales se encuentran coleópteros, hemípteros, efemerópteros, plecópteros, odonatos, dípteros, neurópteros y tricópteros. Estos organismos viven sobre el fondo de lagos y ríos, enterrados, sobre rocas, y troncos sumergidos, adheridos a vegetación flotante o enraizada, algunos nadan libremente dentro del agua o sobre la superficie (McCafferty, 1981; Roldán, 1988; 1992; González y García, 1995).

6.2 HEMIPTEROS

Los hemípteros son un grupo de insectos al cual pertenecen los conocidos chinches acuáticos. Su tamaño es variable, con formas muy diferentes pero siempre caracterizados por la presencia de piezas bucales perforantes, con mandíbulas y maxilas envainadas bajo el labium y el pico o rostro (rostrum), que se mantiene por lo general plegado bajo el cuerpo cuando no está en uso; las antenas pueden ser muy largas en relación con la longitud del insecto, pero están formadas por un número muy reducido de artejos, generalmente 4-5, raramente más de 10, además presentan dos pares de alas, estando las anteriores frecuentemente endurecidas hasta cierto punto (hemiélitros) (Henry, 2009). Los chinches acuáticos y semiacuáticos, habitan ecosistemas lóticos y lénticos, la mayoría prefiere ambientes dulceacuícolas, sin embargo, se encuentran en manglares, aguas salobres y otras son pelágicas. Dentro de los Heterópteros, aproximadamente el 92% de los chinches acuáticos, se incluyen en los infraordenes Nepomorpha (acuática) y Gerromorpha (semiacuáticas) (Polhemus y Polhemus, 2008).

6.3 GERROMORPHA

Los chinches acuáticos pertenecientes al infraorden Gerromorpha (Hemiptera: Heteroptera) están representadas por más de 2.000 especies que se distribuyen en casi todos los continentes excepto en la Antártida (Moreira, 2015). Estos chinches están adaptados para desarrollar su ciclo de vida, o parte de este, sobre la película superficial del agua, por lo que también se les conoce como semi-acuáticos. Sus adaptaciones les permiten vivir en varios ambientes tanto de corrientes fuertes, como aguas estancadas o de corriente suave y también se sabe que hay especies adaptadas a las condiciones marinas (Andersen, 1998), como algunas especies de los géneros *Halobates* y *Rheumatobates* (Andersen y Cheng, 2004; Polhemus y Manzano, 1992). Estas características formas de vida y ocupación de hábitats, los hacen ideales para estudios de ecología y dinámica de poblaciones (Andersen, 1990).

6.4 BIOINDICADORES

El creciente deterioro de los cuerpos de agua dulce ha conducido al desarrollo de normas de calidad de aguas superficiales para la protección de las comunidades acuáticas. Estas se basan en la determinación de concentraciones máximas permisibles de agentes químicos. Sin embargo, estas normas, no permiten determinar el efecto que estos contaminantes pueden tener sobre los organismos acuáticos (Figuroa et al., 2007). Por ello, se ha propuesto el uso de herramientas biológicas como bioindicadores y bioensayos de toxicidad para determinar la calidad de los cuerpos de agua superficiales (Oscóz *et. al.* 2006).

La denominación de una especie como indicadora requiere de conocimiento previo respecto a su composición comunitaria bajo condiciones óptimas, incluyendo el ciclo de vida de las especies, su estacionalidad y sus variaciones naturales, de manera que sea posible comparar las condiciones antes y después de una perturbación ambiental (Raz-Guzman, 2000).

El concepto de organismo indicador se refiere a especies seleccionadas por su sensibilidad o tolerancia (normalmente es la sensibilidad) a varios parámetros. Usualmente los biólogos emplean bioindicadores de contaminación debido a su especificidad y fácil monitoreo (Washington, 1984). Odum (1972), define a los organismos indicadores como la presencia de una especie en particular, que demuestra la existencia de ciertas condiciones en el medio, mientras que su ausencia es la consecuencia de la alteración de esas condiciones.

Los bioindicadores entonces son útiles a la hora de realizar comparaciones de calidad de aguas entre las corrientes continentales de buena calidad biológica y fisicoquímica que tienen una diversidad faunística particular, abundante y diferente frente a las corrientes hídricas que han sido sometidas a perturbaciones de origen humano (Fore *et al.*, 1996), es por esto que se han adelantado los estudios de biomonitoreo y bioevaluación de las cuencas hidrográficas, para establecer

parámetros que permitan análisis concretos de calidad de agua con bioindicadores (Reece *et al.*, 2001).

6.5 CHINCHES PATINADORES

La variedad de ecosistemas de Colombia y su diversidad de hábitats y microhábitas, permite el desarrollo y establecimiento de insectos acuáticos y semiacuáticos, como los chinches patinadores (Hemiptera: Heteroptera: Gerromorpha), habitantes de la película superficial del agua dulce, salobre y salada de los océanos, en ambientes lóticos y lénticos (Aristizabal, 2002). En Colombia el infraorden Gerromorpha es el más estudiado, se destacan dentro del ámbito sistemático y taxonómico estudios realizados por Polhemus y Manzano (1992), Padilla y Damgaard (2011), Padilla y Pacheco (2012). Estas investigaciones aportaron nuevas especies para la ciencia, ampliación del rango de distribución y caracterización de ecosistemas acuáticos en diversas regiones del país. Las principales contribuciones relacionadas con la ampliación de la distribución geográfica de los gérridos son Padilla y Nieser (2001), Aristizábal (2002), Molano *et al.* (2005), Posso y González (2008), Morales y Castro (2010).

La familia Gerridae, es rica en especies, aunque comparada con la familia Veliidae es un grupo estructuralmente más homogéneo, con un gran número de caracteres apomórficos. Esta familia es monofilética y comprende las subfamilias Rhagadotarsinae, Trepobatinae, Halobatinae, Charmatometrinae, Eotrechinae, Gerrinae, Cylindrostethinae y Ptilomerinae. El grupo incluye especies con un amplio rango de longitud corporal, entre 1,6 y 27,0 mm y presentan la superficie corporal típicamente cubierta por una capa densa de microvellosidades (Andersen, 1982).

Hay en Colombia varios estudios de taxonomía, entre los cuales destacan los de Roback y Nieser (1974), quienes documentan el único estudio realizado en los Llanos Orientales de Colombia sobre chinches acuáticos; también están los de Álvarez y Roldán (1983); Astudillo *et al.* (1992); Manzano

et al. (1995); Polhemus y Polhemus (1995). Se resalta el de Padilla (2002), quien registra una especie nueva para Colombia *Telmatometra whitei* de la familia Gerridae. El trabajo taxonómico más completo que se ha realizado en Colombia es el de Aristizábal (2002), quien recopiló información bibliográfica disponible, redescribió 37 especies colectadas y publicó cerca de 55 especies; y en el año 2017 publicó el libro Hemípteros acuáticos y semiacuáticos del Neotrópico actualizando información e incluyendo nuevos aportes a la ciencia sobre Gerromorpha. Molano *et al.* (2005), realizaron un listado de especies con distribución en Colombia, y por primera vez registraron *Halobates micans*, *H. splendens*, *Rheumatobates minutus* y *R. bergrothi*.

7 METODOLOGÍA

7.1 ÁREA DE ESTUDIO

7.1.1 Generalidades

El área de estudio se encuentra dentro del “Área de Manejo Especial de la Macarena-AMEN”, que se estableció mediante el Decreto Ley 1989 de 1989, para regular las actividades humanas y no afectar la estabilidad ecológica del territorio. El AMEN está constituida por cinco unidades de manejo: los Parques Nacionales Naturales Sierra de La Macarena, Tinigua, Picachos y Sumapaz y tres Distritos de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Renovables-DMIRN La Macarena Norte y Sur y Ariari-Guayabero. El DMIRN La Macarena Norte, se divide en dos zonas: norte (producción) y sur (protección) (Molano, 1989).

La Sierra de La Macarena, área prioritaria para la conservación de la diversidad biológica por los incalculables valores que posee, está compuesta de un sistema montañoso perteneciente al Escudo Guayanés, que hace parte de una formación geológica antigua. Esta región, es una formación montañosa aislada de los principales sistemas andinos, a pesar de su proximidad a esta cordillera. Dada su posición geográfica, constituye un área de encuentro entre la biota andina, amazónica,

guayanesa y llanera (Orinoquia). Por sus características tan particulares, fue declarada a nivel internacional como Reserva Natural y por su gran interés como Reserva Biológica de la Humanidad. Fue de las primeras reservas naturales declaradas en el país (Ley 52 de 1948) y posteriormente su protección se afianzó con el Decreto de Ley 1989 como Área de Manejo Especial La Macarena-AMEM (Cormacarena, 2002).

7.1.2 Aspectos biogeográficos

La Sierra de La Macarena es una meseta tabular levantada por efectos tectónicos, forma parte de la plataforma paleozoica que conforma el borde más occidental del Escudo Guayanés. Esta porción de arenisca, debido a su rigidez, no se plegó al estilo andino, sino que estuvo sometida a basculamientos relacionados con las fallas geológicas, conservando la estructura tabular (Flórez, 2003).

7.1.3 Clima

El área presenta un clima cálido muy húmedo tropical (Romero *et al.*, 2008). De acuerdo a los valores promedios mensuales de la base de datos climatológicos del Ideam (1981-2010), La Macarena tiene una precipitación anual de 2.914 mm, 25°C de temperatura promedio, humedad relativa del 86%, promedio de brillo solar de 4,8 horas/día y una evaporación de 1.251 mm anuales.

7.1.4 Distrito de Manejo Integrado La Macarena Norte

Partiendo de lo reglamentado por el decreto 2372 del 2010, el cual define al Distrito de Manejo Integrado (DMI) como un espacio geográfico en el que los paisajes y ecosistemas mantienen su composición y función, aunque su estructura haya sido modificada y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su uso sostenible, preservación, restauración, conocimiento y disfrute, surge el DMI La Macarena Norte, conformado administrativamente por áreas pertenecientes a cinco municipios del departamento

del Meta: San Juan de Arama, Vistahermosa, Puerto Rico, Puerto Concordia y Mesetas, para conformar las zonas específicas de recuperación para la producción norte y recuperación para la preservación norte.

Según la formulación participativa del plan de manejo integral del DMI Macarena Norte realizada por el Instituto Sinchi en el año 2015, en lo que corresponde a los cuerpos de agua de mayor tamaño, la dirección de flujo predominante está dada en sentido Norte-Sur (cuenca río Duda) y en sentido Norte-Sureste (cuencas del río Guejar y río Ariari). Hidrográficamente presenta dos vertientes bien diferenciadas entre sí, una es la vertiente que descarga sus aguas al río Guayabero, situada por el flanco occidental de la Serranía de la Macarena, donde incluye importantes cuerpos de agua como el río Duda que a su vez recoge corrientes como el río Santo Domingo, las quebradas Pailas, Pailitas, Caño Cuncita y Caño Lajas, entre otros. Por otro lado, está la vertiente de mayor extensión por el costado oriental de la Sierra, recoge las aguas que drenan al río Guaviare entre las que sobresalen por sus importantes servicios ambientales y económicos, el río Ariari que recoge las aguas de los ríos Guejar, Cafre, Sanza, Lucía, de los caños Sardinata, Curía y Danta, entre otros. En términos generales, son escasos los estudios realizados sobre el DMI la Macarena Norte. Actualmente solo cuenta con el Plan de Ordenamiento del río Guejar del año 2005. Es por esto que cobra gran importancia la participación de las comunidades y los trabajos de investigación para conocer los ecosistemas y los cuerpos de agua que corren en la región.

7.2 TRABAJO DE CAMPO

Los muestreos se realizaron en 13 localidades que corresponden a igual número de corrientes hídricas que hacen parte de la subcuenta del río Güejar en el DMI Macarena Norte, municipio de Vista Hermosa-Meta (Figura 1, Tabla 1).

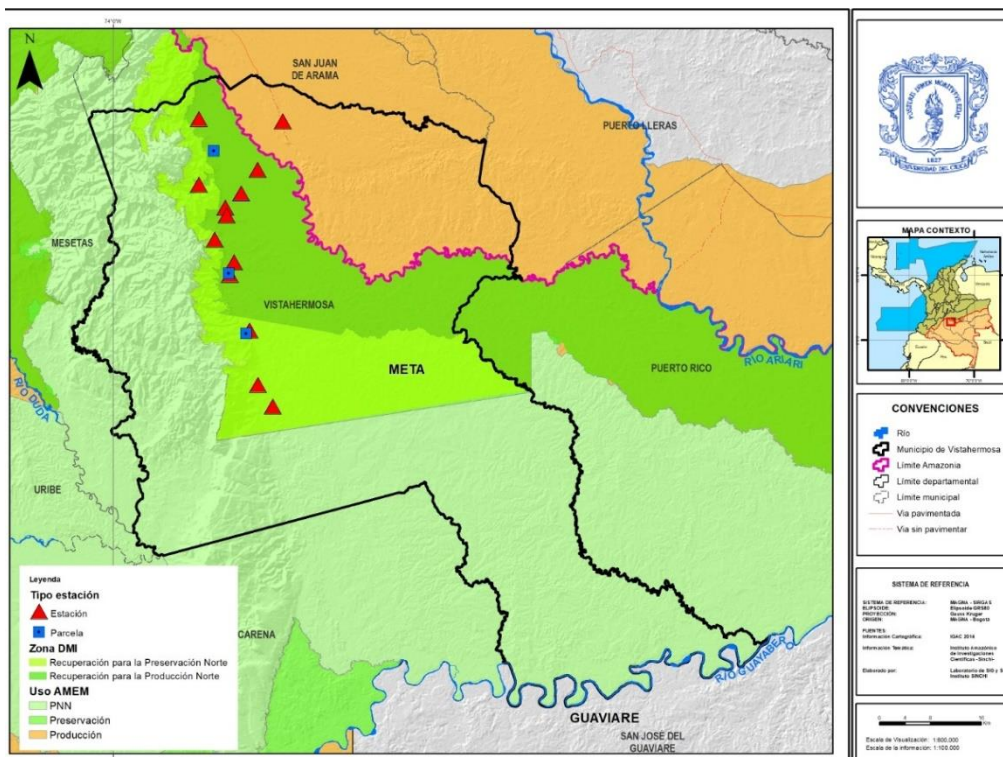


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio en la subcuenta del río Güejar en el DMI Macarena Norte, municipio de Vista Hermosa, Departamento del Meta: parcelas de muestreo de vegetación (triángulos) y estaciones de muestreo acuático (cuadros) (Fuente: Sinchi 2022). Indicar qué significan los triángulos rojos y los cuadros azules.

Para los muestreos se utilizó una red Surber de 30.5 x 30.5 con ojo de malla de 560 μ m, haciendo barrido en la película superficial del agua. El esfuerzo de captura fue de una hora/persona, en un área de 5 m² a partir del punto de muestreo. Se establecieron 13 estaciones de muestreo (1 por cada corriente hídrica). Según Molano *et al.* (2005), es importante tener en cuenta que estos organismos están adaptados a diferentes micro-hábitats, por lo que hay que hacer muestreos en zonas de corriente fuerte, áreas de remanso, lagos o charcas aisladas de la corriente principal, debajo de las plantas que crecen sobre las márgenes de caños, ríos, charcas, que son zonas donde no llega la luz. Las muestras fueron conservadas en etanol al 70%, con su respectiva etiqueta. Los individuos se determinaron a nivel taxonómico de especie con las siguientes referencias: Drake y Harris (1932, 1934), Hungerford y Matsuda (1960), Mychajliw (1961), Drake (1963), Roback y Nieser (1974),

Nieser (1975), Andersen (1982), López-Ruf (1991^a, 1991^b, 1993, 2004), Nieser *et al.* (1993), Polhemus (1997), Estévez y Polhemus (2001), Nieser y López-Ruf (2001), Pérez (2001), Aristizábal (2002), Padilla (2002), López-Ruf *et al.* (2003), Padilla y Nieser (2003), Williams (2003), Andersen y Weir (2004), Camacho y Molano (2005). Todo el material biológico fue procesado en el Laboratorio de Entomología y la colección fue depositada en la Colección de Referencia del Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca.

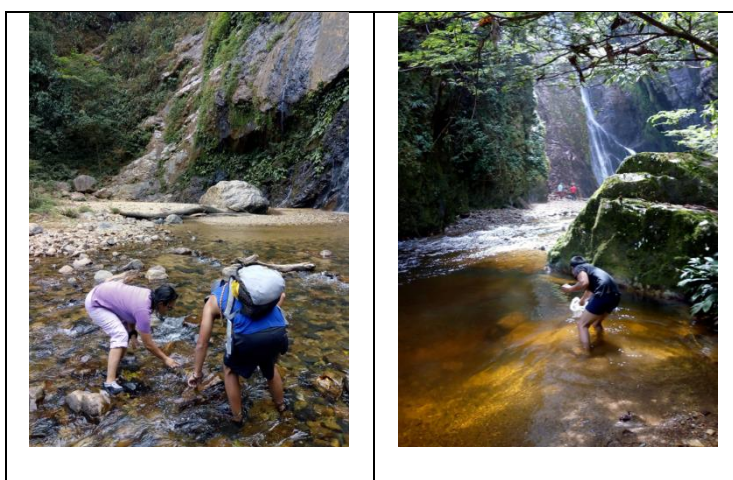


Figura 2. Muestreo de Chinchas con red Surber en tributarios de la subcuenta del río Güejar en el DMI Macarena Norte, municipio de Vista Hermosa, Meta.

Tabla 1. Estaciones de Muestreo en la subcuenta del río Güejar en el DMI Macarena Norte, municipio de Vista Hermosa, Meta

SITIOS DE MUESTREO			
CURSO HÍDRICO		COORDENADA	
#	Nombre	N	W
1	Caño Unión	02°59'07.10"	73°51'22.30"
2	Caño Blanco	02°56'06.73"	73°50'04.68"
3	La Argentina	02°57'12.03"	73°49'44.06"

4	Palmeras	02°46'47.90"	73°47'41.62"
5	Caño Acacias	03°09'09.21"	73°45'35.79"
6	Alto Guapaya	03°03'46.41"	73°52'42.72"
7	Caño Yarumales	03°05'02.31"	73°47'43.77"
8	El Encanto	03°01'49.71"	73°50'28.12"
9	Guapaya	03°03'02.27"	73°49'08.06"
10	Termales	03°09'20.09"	73°52'43.68"
11	San Juan T32	02°44'56.83"	73°46'26.06"
12	Santo Domingo	02°51'24.29"	73°48'24.48"
13	Sardinata	03°01'09.27"	73°50'22.13"

7.3. TOMA DE MUESTRAS DE AGUA PARA ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

En cada punto de muestreo se midieron propiedades fisicoquímicas del agua como pH, temperatura, Oxígeno disuelto con la sonda multiparamétrica Hach HQ30d y conductividad con la sonda multiparamétrica YSI profesional. Cada punto fue georreferenciado, tomando la altitud y se diferenció el tipo de sustrato (fango, arena, grava, piedra, vegetal o artificial) (Jáimez-Cuéllar *et al.*, 2000).



Figura 3. Toma de muestras de agua en tributarios de la subcuenta del río Güejar en el DMI Macarena Norte, municipio de Vista Hermosa, Meta.

7.4 INVENTARIO FORESTAL

Se establecieron tres parcelas para la identificación de especies vegetales en áreas aledañas a las corrientes hídricas. En cada parcela se tomaron muestras vegetales que fueron procesadas; se revisaron caracteres como disposición de las hojas sobre ejes, exudados, aromas, espinas, flores y frutos para separar por grupos e identificar las familias. Se utilizaron estudios florísticos como Guías de campo ilustradas Gentry (1996); Steyemark et al. (1995), bases de datos Trópicos del Missouri Botanical Garden (MO), Universidad Nacional y la base de J'STOR, entre otros; en algunos casos, fueron llevadas al Herbario Amazónico Colombiano (COAH) para confirmar su identificación. Se hicieron comparaciones con otros estudios vegetales realizados por entidades como Instituto Sinchi, Cormacarena e Instituto Humboldt para la región.

7.5 ANÁLISIS DE DATOS

Las variables físicas y químicas del agua se analizaron por medio unos componentes principales (ACP), con el fin de establecer patrones de ordenación de los sitios y las variables. Para el análisis de los datos de abundancia, se comparó la composición de los hemípteros de los tributarios, usando un análisis de agrupamiento Cluster usando el índice de Similitud de Bray-Curtis. Para relacionar las variables físicas y químicas del agua con las abundancias de los hemípteros se empleó un análisis de correspondencias canónicas (ACC). Lo análisis fueron realizados usando el software R Core tema (2023).

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. RIQUEZA, ABUNDANCIA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE HEMÍPTEROS GERROMORPHA

En total se reportaron 4778 individuos de 3 familias, 11 géneros y 21 morfoespecies (Figura 4).

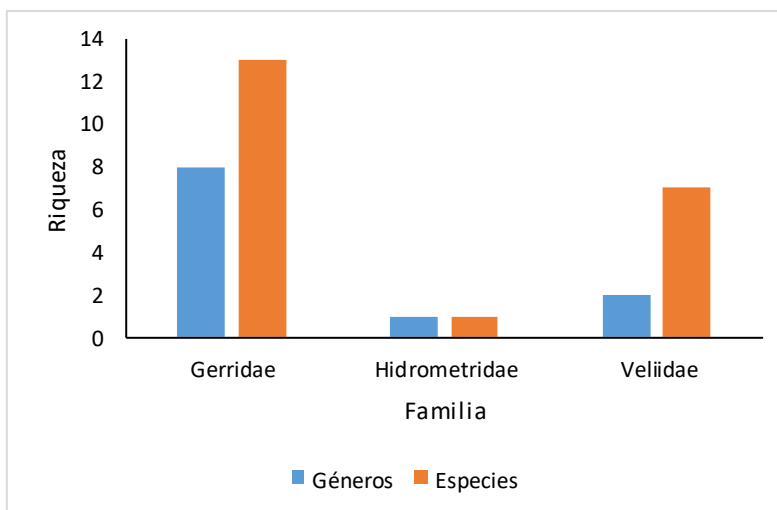


Figura 4. Riqueza de familias, géneros y especies del Infraorden Gerromorpha recolectados en el DMI Macarena Norte.

La mayor parte de los géneros recolectados son de amplia distribución, siendo reportados para Norte, Centro América (Polhemus 1984), y para Sur América en estudios de las Guyanas (Nieser 1970), noreste de Sur América tropical, incluyendo el Departamento del Meta-Colombia (Roback y Nieser 1981). El estudio incluye géneros cosmopolitas como *Hidrometra* (Jáimez-Cuéllar 2000, Alba-Trecedor 1996). La mayoría de las especies ya se habían reportado en estudios previos en Colombia (Alvares y Roldán 1983, Padilla y Nieser 1992, Padilla 2000, Aristizabal 2002, Padilla y Nieser 2003) (Tabla 2).

Tabla 2. Riqueza y abundancia de especies del Infraorden Gerromorpha recolectados en el DMI Macarena Norte.

Familia	Género	Especie	Abundancia
			a
		<i>Brachymetra albinervis</i>	114
	<i>Brachymetra</i>	<i>Brachymetra lata</i>	86
	<i>Cylindrostethus</i>	<i>Cylindrostethus palmaris</i>	1
	<i>s</i>		
	<i>Neogerris</i>	<i>Neogerris lubricus</i>	1
		<i>Potamobates</i> sp.1	594
	<i>Potamobates</i>	<i>Potamobates vitatus</i>	339
Gerridae	<i>Rheumatobates</i>	<i>Rheumatobates</i> sp. 1	9
	<i>s</i>	<i>Rheumatobates</i> sp.2	1
		<i>Tachygerris</i>	5
	<i>Tachygerris</i>	<i>pedemontanus</i>	
		<i>Tachygerris</i> sp.1	1
		<i>Tachygerris tucanensis</i>	17
	<i>Telmatometra</i>	<i>Telmatometra ujhelyii</i>	62
	<i>Trepobates</i>	<i>Trepobates taylori</i>	72
Hidrometrída			
<i>e</i>	<i>Hydrometra</i>	<i>Hydrometra guianana</i>	8
		<i>Microvelia longipes</i>	388
Veliidae	<i>Microvelia</i>	<i>Microvelia</i> sp.1	542

	<i>Rhagovelia perija</i>	2
	<i>Rhagovelia rubra</i>	143
<i>Rhagovelia</i>	<i>Rhagovelia</i> sp.1	283
	<i>Rhagovelia</i> sp.2	8
	<i>Rhagovelia williamsi</i>	2102

La familia Gerridae registró el mayor número de géneros (8), seguido de Veliidae (2) e Hidrometridae (1). El género con más especies identificadas fue *Rhagovelia* (5 spp.), seguido de *Tachygerris* (3 spp.). Esto es similar a lo encontrado en otras investigaciones en las que se resalta a la familia Gerridae por tener especies altamente especializadas ocupando toda clase de microhábitats acuáticos, tanto permanentes como temporales, desde las grandes altitudes hasta el mar, encontrándose en ambientes lóticos y lénticos (Andersen 1982; Spence y Andersen, 1994; Andersen y Weir 2004).

De acuerdo con las 13 localidades muestreadas, La Argentina registró el mayor número de especies, seguido de Palmeras, Guapaya y Caño Blanco. Las localidades con menor riqueza fueron San Juan, Santo Domingo y Caño Unión (Figura 5). La estación La Argentina presentó los niveles más bajos de conductividad por lo que según Roldán (1992) conlleva a que puedan habitar organismos acuáticos de diferentes especies que son sensibles a presencia de elementos u otras sustancias que pueden alterar dicha propiedad fisicoquímica.

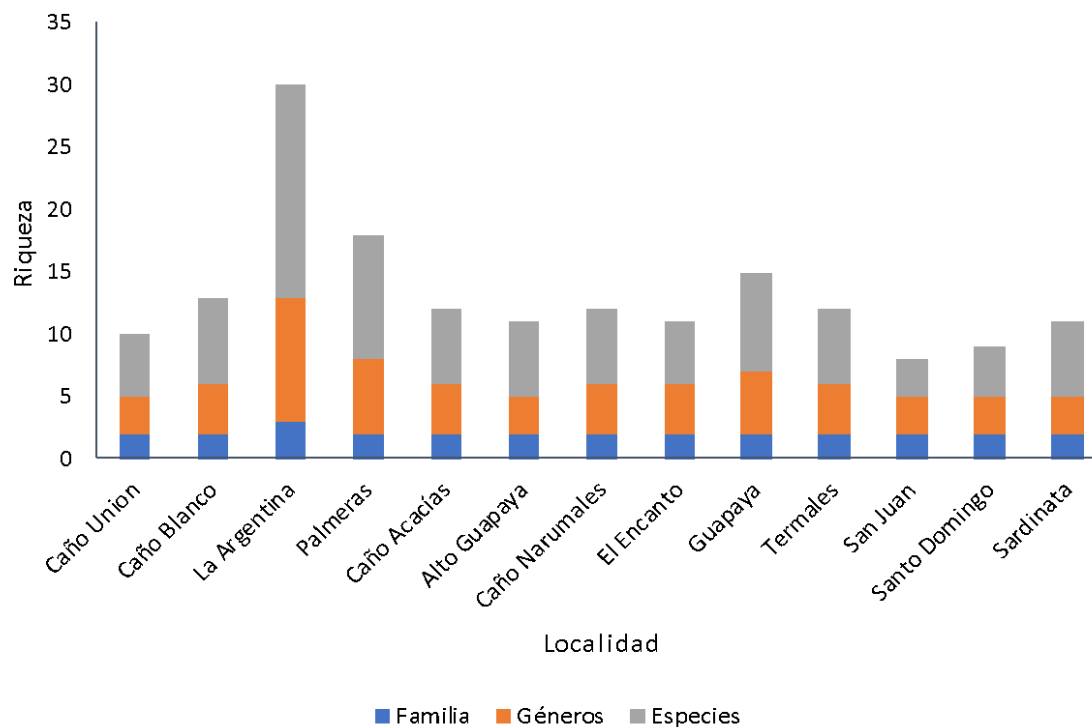


Figura 5. Riqueza de especies del Infraorden Gerromorpha muestreadas en las diferentes localidades en el DMI Macarena Norte.

En la figura 5 se observa la riqueza en cada una de las 13 localidades. En La Argentina se colectaron las 3 familias, 9 géneros y 17 especies. Es la estación de muestreo que presentó mayor riqueza seguido de Palmeras y Guapaya. Se logró establecer que La Argentina también presenta bajos niveles de conductividad por lo que puede tener relación con la riqueza y diversidad de especies.

8.2 ÍNDICES DE DIVERSIDAD

En cuanto a la riqueza de especies, el sitio de mayores registros fue la Argentina seguida Palmeras, mientras que en el cuerpo de agua San Juan se registró el menor valor con 3 especies. La abundancia de organismos los sitios con el mayor registro fueron Guapaya, Caño Unión y Caño Blanco; mientras que el Caño Yarumales presentó el valor más bajo (**Figura 6**).

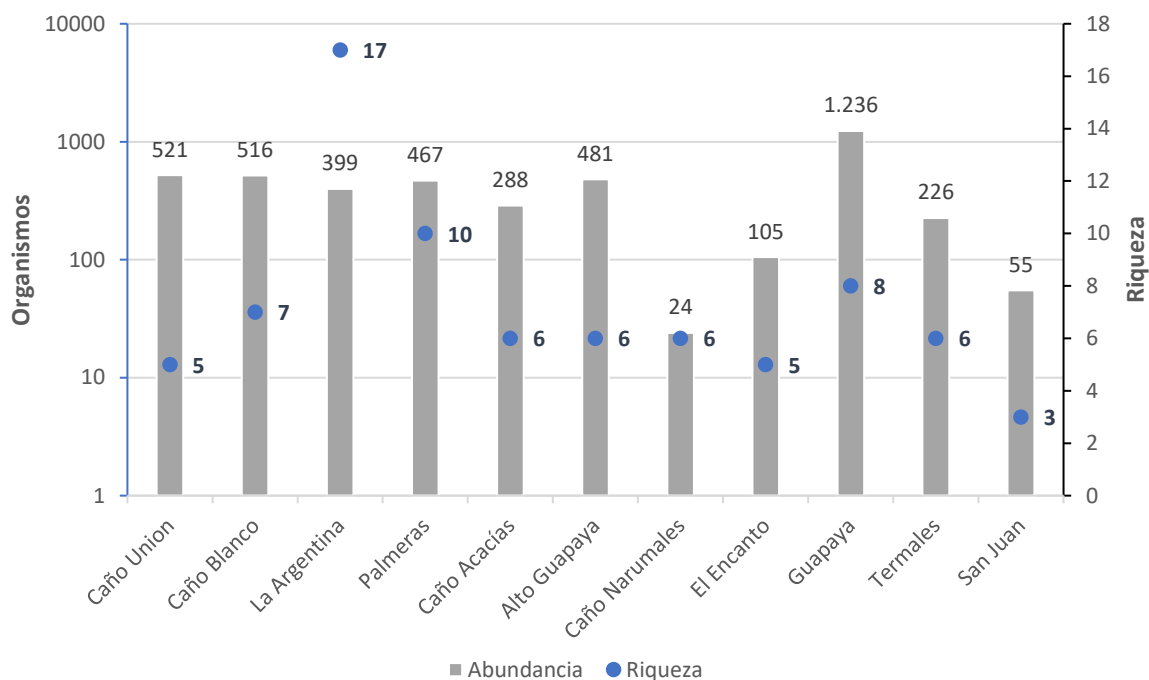


Figura 6. Abundancia y riqueza de los hemipteros registrados en los cuerpos de agua estudiados.

En forma general los índices de diversidad evaluados, se observó que el caño la Argentina y Palmeras presentaron los valores más altos en el índice de diversidad de Shannon y Margalef, al igual que el valor de la dominancia. En la Argentina se presentó el valor más bajo de conductividad. Mientras que los cuerpos de agua Caño Union, Santo Domingo y Sardinata presentaron los valores más bajos de diversidad de Shannon y Margalef.

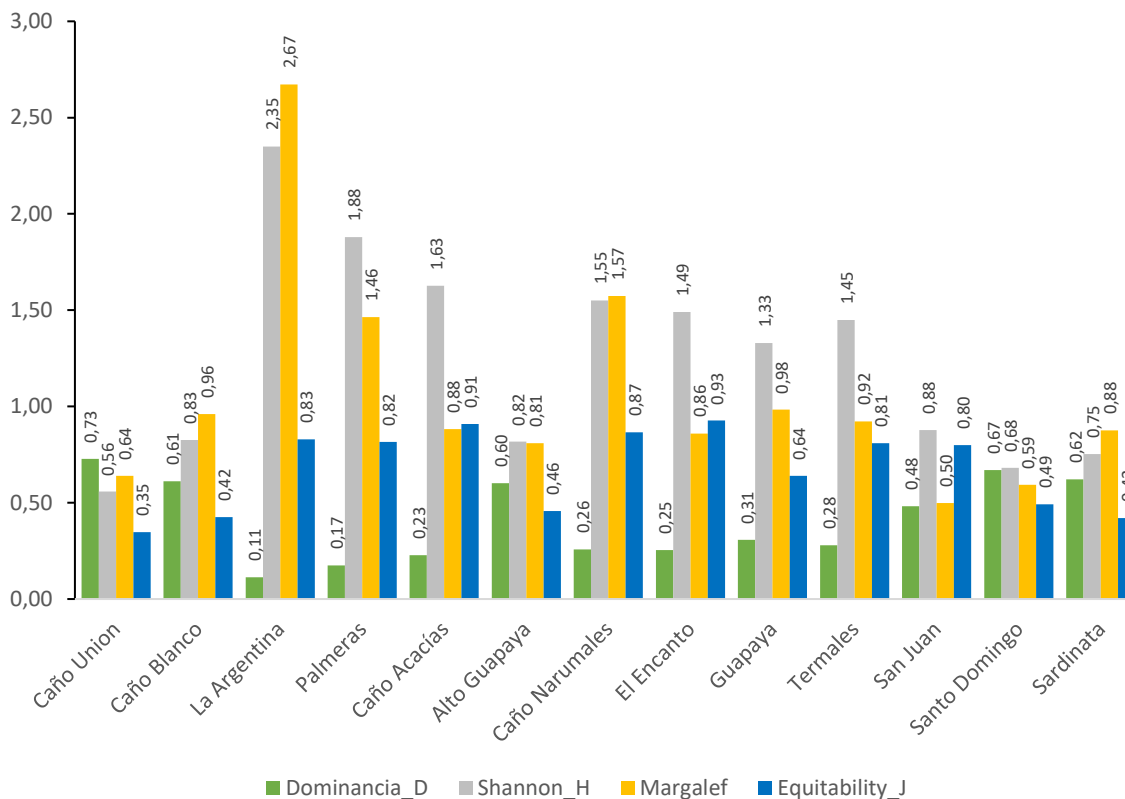


Figura 7. Índices de diversidad de los hemípteros evaluados en los cuerpos de agua.

8.3 ANÁLISIS DE AGRUPAMIENTO

Mediante un análisis de agrupamiento usando como distancia Bray-Curtis, se observó que las especies de hemípteros comparten una similaridad cercana al 20% entre los cuerpos de agua estudiados, se observó que el Caño San Juan y Caño Narumales son el grupo externo del cluster y tiene una similaridad del 43,4%. Los caños Alto Guapaya, Caño Unión y Caño Blanco comparten la mayor similaridad con un 82,4% donde las especies de mayor aporte son *Rhagovelia williamsi* y *Potamobates sp.1*. Por otra parte, los caños Termales, Acacias, Palmeras, la Argentina y El Encanto comparten una similaridad del 46,2% donde las especies de mayor aporte son *Potamobates sp.1* y *Potamobates vitatus*.

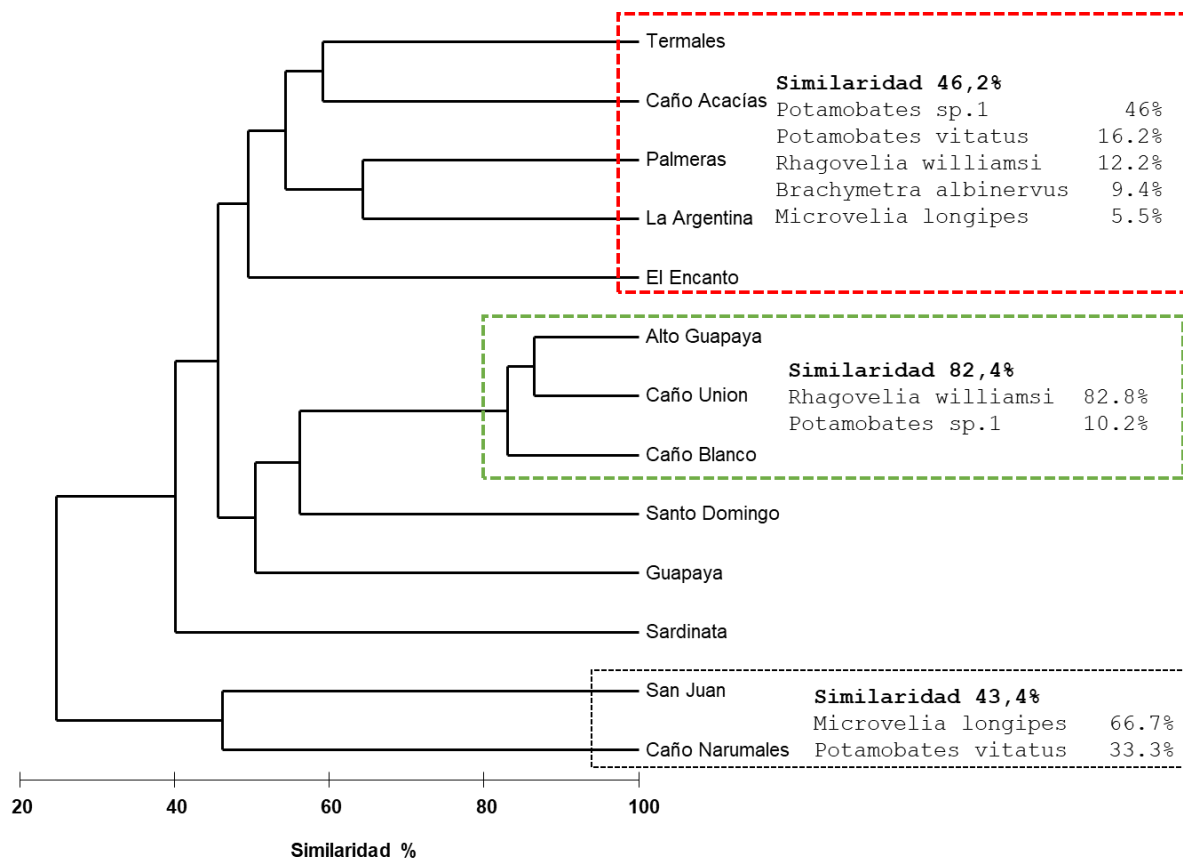


Figura 8. Análisis de agrupamiento (cluster) obtenido a partir de la distancia Bray-Curtis y método de agrupamiento promedio ponderado para las abundancias de hemípteros Gerromorpha. Análisis SIMPER, el cual calcula el promedio de similaridad de los grupos generados por el Cluster (similaridad va de 0 a 100 donde 0 indica similaridad nula). También indica en unidades porcentuales las familias que contribuyen a la similaridad dentro del mismo grupo.

8.3.1 Familia Gerridae

Es una familia monofilética, rica en especies; comprende ocho subfamilias: Rhagadotarsinae, Trepobatinae, Halobatinae, Charmatometrinae, Eotrechinae, Gerrinae, Cylostethinae y Ptilomerinae. El grupo incluye especies con un amplio rango de longitud corporal, entre 1,6 y 27 mm y presentan la superficie corporal típicamente cubierta por una capa densa de microvellosidades (Andersen, 1982).

Hay en Colombia varios estudios de taxonomía, entre los cuales destacan los de Roback y Nieser (1974), quienes documentan el único estudio realizado en los Llanos Orientales de Colombia sobre chiches acuáticos; también están Álvarez y Roldán (1983); Astudillo *et al.* (1992); Manzano *et al.* (1995); Polhemus y Polhemus (1995). Se resalta el de Padilla (2002), que registra una especie

nueva para Colombia *Telmatometra whitei*. El trabajo taxonómico más completo que se ha realizado en Colombia es el de Aristizábal (2002), quien recopiló información bibliográfica disponible y redescubrió 37 especies colectadas. Molano *et al.* (2005), realizaron un listado de especies con distribución en Colombia, y por primera vez registraron *Halobates micans*, *H. splendens*, *Rheumatobates minutus* y *R. bergrothi*.

***Brachymetra albinerva* (Amyot & Serville 1843)**

Esta especie se encuentra asociada a cuerpos de agua de poca corriente, como pozas y quebradas. Se camuflan en sustratos de color amarillo como la arcilla, es común verlos con las alas rasgadas y presentan amplia distribución geográfica en el país. En un estudio de San Luis de Gaceno en el departamento de Boyacá, registraron por primera vez la especie y fue la segunda más abundante en los muestreos en sistemas lóticos de poca corriente y vegetación emergente (Mondragón-Fonseca y Morales-Castaño 2013).

***Brachymetra lata* (Shaw, 1933)**

Aunque hay poca literatura sobre esta especie, se ha reportado que los individuos forman grupos muy reducidos que se asocian a quebradas y lugares con poca luz. Hay reportes para la biorregión de la Orinoquía para altitudes entre 200 a 400 msnm. Fue registrada en Puerto López, Meta. Esta especie se encuentra en zonas de ambientes acuáticos lenticos, de aguas quietas en las orillas de corrientes hídricas, lagunas y zonas cubiertas por la vegetación en las orillas o en aguas bajo los barrancos (Aristizábal 2002)

***Cylindrostethus palmaris* (Drake y Harris 1934)**

Esta especie presenta formas aladas que son únicas del género, aunque son demasiado raros los casos (Drake, 1952). Los individuos se han capturado en pozos y arroyos que presentan algún grado de sombra de corriente rápida y también en remansos quietos (Lane de Melo y Nieser, 2004).

Se tiene registro de individuos en aguas con contaminación por lixiviados. Se han reportado para las regiones Amazonas y Orinoquia en altitudes entre los 200-460 msnm.

***Neogerris lubricus* (White 1879)**

La especie presenta amplia distribución en Sur América (Costa Rica, Trinidad: y Tobago, Guyana, Brasil, Perú, Bolivia, Argentina, Paraguay y Ecuador). En Colombia ha sido registrada en los departamentos de Tolima, Santander, Bolívar, Cesar, Magdalena, Casanare y Meta entre 25 y 320 msnm. La especie ha sido colectada en ecosistemas lenticos como lagos y lagunas, y se ha registrado en asociación a plantas acuáticas (Aristizábal-García 2017).

***Potamobates vitatus* (Drake y Roze, 1956)**

En Colombia, esta especie se encuentra en los departamentos de Magdalena, Antioquia, Cundinamarca, Meta, Valle del Cauca, Casanare y Caquetá a altitudes entre 350 y 1.200 msnm, Aristizábal-García (2017). Por su parte registró por primera vez la especie para el departamento de Boyacá en sistemas lóticos de aguas limpias o contaminadas con mucho detrito. Los individuos adultos tienen preferencia por el centro de los cuerpos de agua mientras que las ninfas se acumulan en la orilla. Esta especie tiene preferencia por los ríos (Mondragón-Fonseca y Morales-Castaño 2013).

***Rheumatobates* sp.**

La mayoría de las especies de *Rheumatobates* se encuentran en zonas de poca corriente formando aglomeraciones de ambos sexos, son de tamaño pequeño (Mondragón-Fonseca y Morales-Castaño 2013). Las hembras están dotadas de un ovipositor que les permite poner sus huevos dentro de los tejidos de las plantas (Aristizábal-García 2017).

***Tachygerris* sp.1**

Las especies de este género se encuentran distribuidas entre los 0–1700 msnm, en cuerpos de agua limpia como nacimientos o pequeñas corrientes hídricas que tienen abundante detrito (hojarasca). Tienen preferencia por sitios sombreados u oscuros con vegetación con más de un metro de altura; desarrollan su ciclo de vida en zonas de remanso o en pozos que se forman en las corrientes de agua. Como mecanismo de adaptación contra depredadores, algunas especies del género vuelan, otras saltan hacia las orillas donde pueden permanecer escondidos y aumentar su porcentaje de supervivencia (Morales-Castaño 2009).

***Tachygerris piedemontanus* (Mondragón, Molano y Morales, 2017)**

Esta especie fue recientemente registrada en el municipio de San Luis de Gaceno, Departamento de Boyacá, el término *piedemontanus* se refiere al tipo de área geográfica donde fue colectada la especie (Mondragón-Fonseca y Morales-Castaño 2013).

***Tachygerris tucanensis* Morales-C. & Castro-Vargas, 2013**

Especie restringida a la región de Amazonas, Departamento de Vaupés. El término *tucanensis* se refiere a la comunidad indígena Tucanos que vive en la región donde se recopiló la serie tipo (Morales-Castaño y Castro-Vargas, 2013).

***Telmatometra ujhelyii* Esaki, 1937**

Es común encontrar la especie en quebradas y ríos de poca corriente, en temperaturas más cálidas y asociados a la sombra, por sus colores se camuflan con el sustrato. La especie está presente en Belice y Centro América, Costa Rica, Puerto Rico; Colombia: Córdoba, Cesar, Magdalena, Guajira, Antioquia, Risaralda, Chocó, Santander, Norte de Santander, Tolima, Cundinamarca, Valle del Cauca, Meta, Casanare. La distribución altitudinal está entre 5 y 940 msnm. Es

considerada una de las especies más abundantemente colectadas en el país (Aristizábal-García 2017).

***Trepobates taylori* (Kirkaldy, 1899)**

En Colombia se encuentra distribuida en los departamentos de Chocó, Antioquia, Caldas, Tolima, Cundinamarca, Santander, Bolívar, Cesar, Magdalena, Casanare, Putumayo, Meta (Aristizábal-García 2017). Por su parte Molano-Rendón *et al.* (2008), lograron el primer registro para el departamento de Boyacá. Los mismos autores señalan que esta especie se encuentra asociada a sistemas lóticos, lénticos, aguas limpias y con dilución de detritos formando extensas agrupaciones, presentando tanto formas ápteras como macrópteras.

8.3.2. Familia Veliidae

La familia Veliidae son conocidos como insectos rápidos de hombros anchos debido a que tienen una parte dorsal del pronoto ancha, respecto a la dimensión del abdomen. Son insectos de tamaño pequeño entre 1,5 y 6 mm. Se encuentran en diversos cursos de agua o estanques. Hay especies que se han especializado a vivir en condiciones adversas como en plantas cerca del agua, en agua salada o en marismas. Se pueden encontrar en poblaciones donde las ninfas y adultos están juntos en grandes grupos (Cheng 1971). La mayoría de las especies viven en zonas de aguas tranquilas, aunque algunas se han adaptado a aguas corrientosas (Henry 2009).

***Microvelia* sp.1**

Las especies de este género tienen comportamiento de “agregación”, por lo que generalmente presentan alta abundancia. Según Andersen (1982), se forman estos grupos con el fin de tener un mayor éxito al momento de cazar presas, y prevenir el ataque de depredadores porque facilita la huida (Spence y Andersen 1994). Hay aproximadamente 170 especies descritas, de distribución cosmopolita (China y Usinger 1949). Muchas de las especies presentan fuerte fototropismo

negativo, es decir, que en el día prefieren ocultarse y sus actividades las realizan en la noche. El género incluye especies que habitan el agua de las bromeliáceas y esto hace que no sean muy reconocidos o se tengan importantes colecciones y no aparezcan en muchos estudios (Polhemus 1974). En América se han descrito cerca de un centenar de especies, con numerosas subespecies; algunos autores recomiendan realizar esfuerzos para revisar de manera minuciosa este género, ya que la literatura es muy dispersa y hay pocas claves regionales para la identificación (Aristizábal-García 2017).

***Microvelia longipes*, Uhler, 1894**

Esta especie está registrada para Las Antillas, específicamente en Cuba: Santiago de Cuba, Guantánamo. República Dominicana: La Vega, Trujillo. Puerto Rico; Grenada: Mount Gay State. St. Martin; St. Eustatius; Barbados; Trinidad y Tobago: Trinidad, Tobago; Bonaire; Curaçao; Aruba. En el continente, en Venezuela; Guyana; Brasil: Minas Gerais; Rio de Janeiro. Ecuador, Perú; Paraguay; Bolivia; Argentina: Jujuy, Misiones. En Colombia se ha encontrado en Antioquia, Valle del Cauca, Cesar, Casanare y Cundinamarca. Son animales muy veloces, lo que dificulta capturarlos. Se han colectado en charcas de carreteras destapadas a 42°C. Los registros incluyen alturas entre 11 y 2.200 msnm (Aristizábal, 2002). Sobre esta especie, Padilla-Gil (2017) encontró que presenta alta abundancia en corriente hídrica con alta conductividad, es decir aguas turbias, lodosas y de color amarillo.

***Rhagovelia* sp.**

Colombia es uno de los países con mayor riqueza de especies del género *Rhagovelia*, pero hay pocos estudios respecto a comunidades, composición de especies y diversidad (Padilla-Gil, 2016a). Las especies habitan en la película superficial de ecosistemas dulceacuícolas, son predatoras, abundan en ecosistemas tropicales lóticos y alcanzan mayor diversidad en los países

neotropicales, principalmente Brasil, Colombia y México (Padilla-Gil 2013; Padilla-Gil y Moreira 2013). Se han descrito cerca de 200 especies para esta región, ocupando toda clase de hábitats lóticos (Polhemus, 1997). Es de resaltar que comúnmente, este género, aparece como uno de los más ricos y abundantes en los muestreos (Manzano *et al.* 1995). Presenta una marcada segregación ninfal, lo que facilitaría su arrastre a lo largo del río. Por otra parte, los individuos adultos presentan comportamiento de “agregación”, lo que permite que aumente su probabilidad de captura de las presas; lo que es un método eficaz al huir de los depredadores (Andersen 1982; Spence y Andersen 1994).

***Rhagoelia perija*, Polhemus, 1997**

La especie fue descrita por Molano-Rendón y Morales-Castaño (2006) y se ha registrado para el Departamento del Cesar (Colombia) a una altura promedio de 1.350 msnm. En el presente estudio se capturaron 2 individuos.

***Rhagoelia rubra*, Polhemus, 1997**

Esta especie fue registrada por primera vez para Colombia, específicamente en el Departamento de Antioquia a una altura de 1000 msnm. El autor señala que la especie prefiere aguas tranquilas en ríos secundarios de montaña donde hay sombra (Polhemus 1997). En 2016 se hace el primer registro para el Departamento del Putumayo a una altitud de 310 msnm, por lo que amplió su rango de distribución (Padilla-Gil 2016).

***Rhagoelia williamsi* (Gould, 1931)**

Se tiene un registro de que la especie podría ser endémica de la cuenca del Río Napo (Ecuador) a alturas cercanas a 700 msnm (Polhemus 1997), pero en Colombia en el municipio de Mitú, en el Departamento de Vaupés, se hizo el primer registro para el país a alturas entre 200 y 500 msnm (Aristizábal-García 2017).

8.3.3 Familia Hydrometridae

Es una familia de insectos que miden poco más de 2 cm. Las especies son de cuerpos largos y delgados; tiene antenas de cuatro segmentos, con ojos salientes ubicados en la parte lateral de la cabeza (Mazzucconi et al., 2009).

Hydrometra guianana Hungerford & Evans, 1934

Se encuentran ampliamente distribuidos. La longitud del cuerpo del macho puede oscilar entre 14,3 y 16,0 mm, mientras que en las hembras oscila entre 15,0 y 18,4 mm (Hungerford & Evans 1934; Nieser 1970). Actualmente el género cuenta con alrededor de 80 especies identificadas de las cuales cinco se encuentran plenamente distribuidas en Colombia (Aristizábal 2017). La especie ha sido colectada en Trinidad y Tobago, Venezuela; para la región del Amazonas en Guyana, Surinam, Brasil, Perú y para Colombia se han tenido registros para el Departamento del Meta (Roback y Nieser, 1974). Se ha registrado en la vereda Altamira, municipio de Puerto López, Meta (Morales 2009), en la región del piedemonte amazónico en el municipio de Orito (Putumayo) donde lo relacionó a variables fisicoquímicas de agua, a 360 msnm (Padilla-Gil 2017).

8.4 RIQUEZA Y COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

Se identificaron nueve familias botánicas, 12 géneros y 13 especies, siendo la familia Arecaceae con cuatro especies la más rica seguida de Fabaceae con dos especies (Tabla 3).

Tabla 3. Riqueza de especies y géneros por familia registradas en las parcelas de bosque de galería

Familia	No.	%	No.	%
	especies	representatividad	géneros	representatividad
Melastomataceae	1	7,69	1	8,33
Euphorbiaceae	1	7,69	1	8,33

Arecaeae	4	30,77	4	33,33
Fabaceae	2	15,38	1	8,33
Bignoniaceae	1	7,69	1	8,33
Lauraceae	1	7,69	1	8,33
Araliaceae	1	7,69	1	8,33
Meliaceae	1	7,69	1	8,33
Malvaceae	1	7,69	1	8,33
Total	13	100	12	100

8.4.1 Estructura general de la Vegetación de galería

Para el análisis estructural de las tres parcelas de vegetación secundaria, se tomaron 80 registros y se identificaron nueve familias. La familia con mayor número de registros fue Araliaceae con 14 registros correspondientes a 1 género y 1 especie; en segundo lugar, la familia Malvaceae con 11 individuos en 1 género y 1 especie. Por su parte Arecaeae, tuvo nueve registros de cuatro géneros y cuatro especies; Euphorbiaceae tuvo nueve individuos en un género y una especie; al igual que Fabaceae que tuvo nueve individuos en un género y dos especies. Melastomataceae tuvo ocho registros en un género y una especie. La familia Meliaceae y Bignoniaceae tuvieron siete individuos cada una, distribuidos en un género y una especie en ambas familias. Lauraceae tuvo seis individuos en un género y una especie.

8.4.2 Clases diamétricas Vegetación Secundaria

La distribución de los individuos de la cobertura de vegetación secundaria de acuerdo con el DAP, agrupa al 75% de los individuos en las clases diamétricas I y II, correspondiente a los rangos de

DAP 10-20 cm, las clases diamétricas IV y V reúnen el 25% de los individuos de DAP mayor a 20 cm (Tabla 4).

Tabla 4. Distribución de los individuos de la cobertura de Vegetación secundaria, en las diferentes clases diamétricas, de acuerdo con los rangos establecidos.

Clase diamétrica	Rango (cm)	Número de individuos
I	>10-15	26
II	15-20	23
III	20-25	14
IV	25-30	11
V	>30	6

En la figura 9 se observan los rangos de distribución de los individuos identificados en las tres parcelas de vegetación secundaria. El 61,25% se concentra en las clases diamétricas I y II, corroborando que se trata de una vegetación temprana, en sus primeros estadios de la sucesión, el 31,25% de los individuos están en las clases diamétricas III y IV, y solo el 7,50% para diámetros mayores a 30cm.

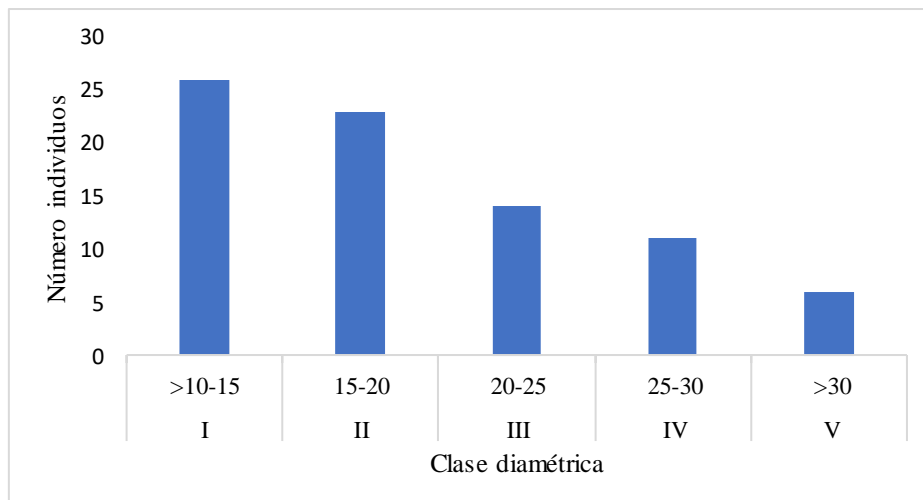


Figura 9. Distribución de los individuos de la cobertura Vegetación secundaria, en las diferentes clases diamétricas de acuerdo con los rangos establecidos.

Las especies identificadas en las 3 parcelas establecidas son claramente especies de sucesión secundaria (Tabla 5), la cual varía en las regiones tropicales dependiendo de diversos factores como tipo e intensidad de la perturbación, la distancia al bosque original, la fauna existente, la topografía y el clima local; esto a su vez condiciona la composición vegetal y el tiempo que se tarda en darse la sucesión (Aide et al., 1995; Brown y Lugo, 1990; Finegan, 1996, 1997; Guariguata y Ostertag, 2001; Kennard, 2001; Saldarriaga, 1991). Se presentan especies pioneras como *Schefflera morototoni* que son típicas de áreas en proceso de recuperación, así mismo la familia *Arecaceae* con especies que probablemente se han producido a partir de la dispersión de semillas provenientes de bosques más conservados de la parte alta. Especies de aves de la familia *Psittacidae* conocidos como loros son importantes dispersores de semillas. De igual manera las intervenciones antrópicas condicionan los procesos de restauración debido a que eliminan de forma selectiva especies vegetales, dejando otras como las especies de la familia *Arecaceae*.

Tabla 5. Especies arbóreas identificadas en las tres parcelas

Familia	Nombre científico	#Indiv. Agua		
		Linda	#Indiv. El Triunfo	#Indiv. Maracaibo
ARALIACEAE	<i>Schefflera morototoni</i>		12	2
ARECAEAE	<i>Attalea maripa</i>	3		
ARECAEAE	<i>Astrocaryum chambira</i>		3	
ARECAEAE	<i>Oenocarpus bataua</i>	2		
ARECAEAE	<i>Socratea exorrhiza</i>		1	
BIGNONIACEAE	<i>Jacaranda copaia</i>		1	6
EUPHORBIACEAE	<i>Alchornea glandulosa</i>	1		8
FABACEAE	<i>Inga tiboudiana</i>			5
FABACEAE	<i>Inga edulis</i>		4	
LAURACEAE	<i>Nectandra sp</i>	1		5
MALVACEAE	<i>Theobroma subincanum</i>	9	2	
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia sp</i>	7	1	
MELIACEAE	<i>Cedrela odorata</i>	1	6	
TOTAL		24	30	26

La familia Araliaceae abarca alrededor de 50 géneros y más de 1400 especies identificadas. En esta familia se encuentran arbustos, árboles, lianas, hemiepífitas y ocasionalmente hierbas; las inflorescencias son generalmente compuestas, terminales, con flores dispuestas en umbelas o cabezuelas, actinomorfas, pequeñas, bisexuales o unisexuales, ovario ínfero con estilos o columna estilar rodeada por un disco. Frutos drupáceos o menos frecuentes bayas (Frodin 2004).

Schefflera morototoni (Araliaceae) es una especie pionera que crece muy bien en áreas que han sido intervenidas antrópicamente y que se han dejado para que se inicien procesos de restauración pasiva. Es la especie de más amplia distribución dentro del género *Schefflera*; es de rápido

crecimiento y puede alcanzar los 36 metros de altura. Sus frutos son aprovechados por diferentes especies de aves en el bosque.

Las especies de la familia *Arecaceae* son fuente principal de alimentos para diversos tipos de fauna en el bosque, comúnmente llamadas palmas, está compuesta por alrededor de 1500 especies y 200 géneros en el mundo (Henderson *et al.* 1995). Esta diversidad se asocia principalmente a los climas cálidos y húmedos que caracterizan los bosques tropicales húmedos (Ávalos *et al.* 2005, Bjorholm *et al.* 2005). Presentan ciclos de vida largos (Scariot 1999), aunque tienen una etapa crítica que es la del desarrollo inicial, mientras el tallo alcanza un desarrollo que le permite fijarse bien al suelo por medio de sus raíces; posteriormente las especies alargan el tallo y alcanza potencial reproductivo. Respecto a su función ecológica, son fundamentales porque colonizan todos los estratos del bosque y mantienen la estructura y la composición (Scariot 1999). Pueden ser indicadores de los grados de intervención de los bosques porque sus semillas pueden permanecer mucho tiempo en latencia hasta que se da la apertura de claros para iniciar procesos de germinación y desarrollo de plántulas (Svenning 1999a), cumpliendo un papel crucial en la regeneración y la dinámica general de los bosques (Fleischmann *et al.* 2005).

Las palmas son plantas monocotiledóneas, que, en estado de madurez, pueden llegar a medir menos de 50cm de altura en algunas especies, hasta portes de 50m en otras. Estas plantas presentan tallos gruesos o delgados, con superficie lisa, anillada o con 2013 espinas bien pronunciadas; sus hojas son simples o compuestas y sus inflorescencias ramificadas con flores hermafroditas o unisexuales. Los frutos son bayas o drupas con pericarpio carnoso o fibroso (Galeano & Bernal, 2010), siendo aprovechados y considerados como recursos promisorios en muchas localidades del mundo (Balick, 1992; Balick & Beck, 1990; Galeano, 2000).

Astrocaryum chambira es una especie que se encuentra tanto en bosques primarios como en bosques secundarios en suelos no inundables, en departamentos como Meta, Caqueta y Guaviare en Colombia. Se pueden encontrar poblaciones densas de las especies sobre todo en áreas como pastizales, zonas deforestadas o zonas de rastrojos. Es muy importante para las poblaciones indígenas y campesinas debido a que es la fuente principal de fibra porque es resistente, flexible y durable. Se hacen artesanías como hamacas, bolsos, collares, manillas, vestidos, por lo que en varias regiones es importante fuente de generación de ingresos económicos. De los frutos se elaboran bebidas para consumo humano y también son fuente importante de alimento de los animales en el bosque, especialmente de mamíferos y aves (Sinchi, 2013).

Oenocarpus bataua, es una especie de gran importancia alimenticia tanto para el hombre como para muchas especies de animales que habitan los bosques. Se considera una especie promisoría, tanto por sus frutos ricos en aceite de excelente condición, similar al aceite de oliva y con proteínas de alta calidad, como por su especial adaptación a suelos pobres (Galeano & Bernal 1987, Balick 1992, Morcote-Ríos et al. 1998). Es ampliamente usada en la cuenca amazónica y sus frutos son especialmente importantes en la dieta de poblaciones indígenas (Miller 2002).

Socratea exorrhiza, esta especie también tiene un uso importante por las comunidades locales para la construcción de viviendas y puentes. Sus frutos son aprovechados también por la fauna.

Jacaranda copaia, es una especie pionera que crece muy bien en suelos pobres no inundables con abundante regeneración natural. Esta especie por su rápido crecimiento es empleadas en procesos de restauración ecológica, aunque también es aprovechada por los campesinos en la zona para uso doméstico de la madera. Sus flores son llamativas y tiene usos medicinales, especialmente la corteza y las hojas para hacer cocciones y curar alergias e infecciones.

Alchornea glandulosa, es una especie que crece en bosques húmedos, empleada para la restauración ecológica debido a que sus frutos son alimento para diversas especies de aves en los ecosistemas en recuperación.

La familia Fabaceae incluye muchos géneros y especies que son importantes para procesos de conservación y recuperación de suelos. Usualmente se emplean o asocian a cultivos con el fin de aumentar la disponibilidad de nitrógeno y en el suelo y aumentar la materia orgánica por la acumulación de biomasa. *Inga tiboudiana* e *Inga edulis* son especies fijadoras de nitrógeno y muy importantes fuentes de alimento para aves y mamíferos. Actualmente en el territorio se están empleando como sombrío en los sistemas cafeteros que se están implementando como alternativa a la ganadería extensiva en el municipio de Vista Hermosa.

La familia Lauraceae incluye especies que son fuente importante de alimento para diversos tipos de aves en el bosque y tienen una alta importancia a nivel económico, ya que a esta pertenecen especies como la *Persea americana* (Aguacate), *Laurus nobilis* (Laurel) importantes en la industria alimenticia y maderable.

La familia Malvaceae incluye el género *Theobroma*, que es muy conocido porque sus especies son las que originan uno de los alimentos más conocidos en el mundo: el chocolate. *Theobroma subincanum*, es una especie que produce frutos silvestres que contienen importantes nutrientes que son aprovechados por la fauna del bosque. También cumple un papel importante en los procesos naturales de restauración o recuperación de suelos, al dinamizar el desplazamiento de los animales en el bosque buscando alimento.

La familia Melastomataceae incluye una diversidad de especies muy vistosas importantes en la regeneración y recuperación de zonas degradadas por el hombre. Se encuentra ampliamente distribuida en Colombia desde el nivel del mar hasta alturas superiores a los 3000 msnm. La familia

comprende alrededor de 4570 especies distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Clausing & Renner, 2001).

La familia Meliaceae a la cual pertenece el género *Cedrela*, que incluye cerca de 50 géneros y 800 especies distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales de América, Asia, África, Australia y Nueva Zelandia. Según Holdridge (1976) el género *Cedrela* en América agrupa de 10-15 especies, sin embargo, en la última revisión realizada por Smith (1960), solo reconoce siete especies de las cuales cuatro se localizan en Colombia: *C. odorata*, *C. angustifolia*, *C. montana* y *C. fissilis* (Verduzco, 1961). El cedro es una especie que ha sido ampliamente utilizada para construcción de viviendas, puentes y cercas. Aunque actualmente está prohibido el aprovechamiento en la zona de estudio, es una especie que se asocia a cultivos como el café y plátano. También se usa para procesos de restauración ecológica y es común observarlo en bosques secundarios debido a que es una especie que produce gran cantidad de semillas aladas lo que facilita su dispersión y colonización de áreas degradadas, potreros, huertas y zonas en regeneración. En ese sentido las parcelas establecidas son la línea base para relacionar la importancia de la conservación de las rondas hídricas para mantener las propiedades fisicoquímicas del agua en los rangos normales que facilitan el desarrollo de la vida.

9 CALIDAD DEL AGUA DE TRIBUTARIOS DEL RIO GUEJAR

En la evaluación de la calidad del agua en las fuentes hídricas del DMI Macarena Norte se tuvieron en cuenta variables físicas y químicas como la conductividad, pH, temperatura y oxígeno disuelto (Tabla 6).

Tabla 6. Variables físico químicas evaluadas en las fuentes hídricas del DMI Macarena Norte

CURSO HÍDRICO		Variables Físico-Químicas					DIVERSIDAD	
#	Nombre	pH	Conducti vidad (S/m)	OD (mg/L)	%OD	Tempera tura (°C)	Riquez a	Abundanci a
1	Caño Unión	7.53	30.3	8.18	104.5	25.8	5	521
2	Caño Blanco	7.54	76.0	6,65	88.4	27.2	7	516
3	La Argentina	6,62	14	7,7	95	24,47	17	399
4	Palmeras	7.25	24.6	6.69	85.5	25.7	10	467
5	Caño Acacias	6.88	25.1	6.1	80	26.8	6	288
6	Alto Guapaya	5.61	16.5	6.01	76.3	25.6	6	481
7	Caño Yarumales	7.20	35.5	6.57	85.1	26.1	6	24
8	El Encanto	6,39	53	6,32	89,2	26,54	5	105
9	Guapaya	7.76	34.8	8.01	104.8	27.6	8	1236
1 0	Termales	6,35	53	6,26	79,4	26,54	6	226
1 1	San Juan T32	6,97	21	8,38	102,4	24,19	3	55
1 2	Santo Domingo	6,86	21	8,52	103,9	29,19	4	158

1	Sardinata	7.86	30.2	8,26	105,7	26.2	6	302
3								

De acuerdo con Roldán (1992), en el caso de la conductividad se debe tener en cuenta que aumenta progresivamente cuando hay erosión o arrastre de sedimentos que enturbian el agua, posiblemente fue lo que sucedió en las estaciones donde se presentaron los valores más altos de conductividad lo que está relacionado a Caño blanco. Para el mismo autor, las altas riquezas presentadas en los ecosistemas acuáticos corresponden a menudo a bajas conductividades, lo que se evidencia en La Argentina (Tabla 6).

En relación al pH, este presentó un rango entre 5.61 y 7.86. Según Rojas *et al.* (2006) Los ambientes acuáticos naturales tienen un pH que oscila entre 5,0 y 9,0; porque en este rango de valores se facilita la vida acuática. Por su parte Correa *et al.* (1981) plantea que el pH no debe ser menor a 4,5 ni mayor a 8,5 puesto que son valores límites para la supervivencia de organismos acuáticos, y en ningún caso se presentaron estos valores extremos en el presente estudio.

La temperatura del agua por su parte registró valores desde los 24,47°C a 29.19°C con un promedio de 26,18°C. Los máximos valores se registraron en estación Santo Domingo y el mínimo valor en la estación La Argentina. Para Roldán *et al.* (2001) en los ecosistemas tropicales las temperaturas no sufren grandes variaciones como las que ocurren en las zonas templadas.

El oxígeno disuelto presentó concentraciones mínimas de 6.01 mg/L a 8.52 mg/L con un valor promedio de 7,44 mg/L. (Rivera y Camacho 2006). Estos parámetros se encuentran dentro del rango normal para el desarrollo normal de la vida. Para los valores más altos están relacionados a estaciones con corrientes moderadas y pequeñas caídas que aumentan la disponibilidad de oxígeno en el agua.

Para la presente investigación, los parámetros fisicoquímicos están dentro de los rangos de normalidad de las aguas superficiales para la zona, aunque para los casos de San Juan, Caño Yarumales y El Encanto, están muy cercanos a asentamientos humanos que vierten sus aguas residuales domésticas directamente a la fuente hídrica. En este caso las abundancias son bajas en relación a las otras estaciones que se encuentran alejadas de asentamientos humanos y de fuentes de descarga de aguas contaminadas.

Los parámetros físico-químicos del agua dan una información extensa de las características de un momento determinado, aunque sin considerar la vida acuática. Por su parte los muestreos biológicos aportan esta información, pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico (Orozco, *et al.*, 2005). En este sentido las fuentes de agua evaluadas en el presente estudio presentaron parámetros fisicoquímicos dentro del rango normal, es decir de aguas no contaminadas o con presencia de alguna sustancia en exceso que puede alterar las condiciones naturales del recurso hídrico.

Es importante resaltar que, para esta investigación, hubo un condicionante en cuanto a la riqueza de especies y fue la conductividad del agua. En la estación que presentó el valor más bajo (La Argentina) la riqueza de especies fue considerablemente alta; es decir que esta propiedad fisicoquímica si logra afectar la presencia o ausencia de ciertas especies que son sensibles, pues no hay diferencias significativas respecto a los efectos de las otras 3 propiedades fisicoquímica evaluadas sobre las especies colectadas.

9.1 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Para interpretar y comparar el comportamiento físico y químico del agua para todos los cuerpos de agua, se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA por sus siglas en inglés) el cual

explica con los dos primeros ejes el 79,18% de la variación inicial de los datos (Figura 4). En el plano de ordenación se observó una correlación entre la conductividad y el Caño blanco, donde se registró el valor más alto. Por otra parte, se observó una correlación entre el Caño la Unión y Sardinata con el oxígeno disuelto y el % de la saturación.

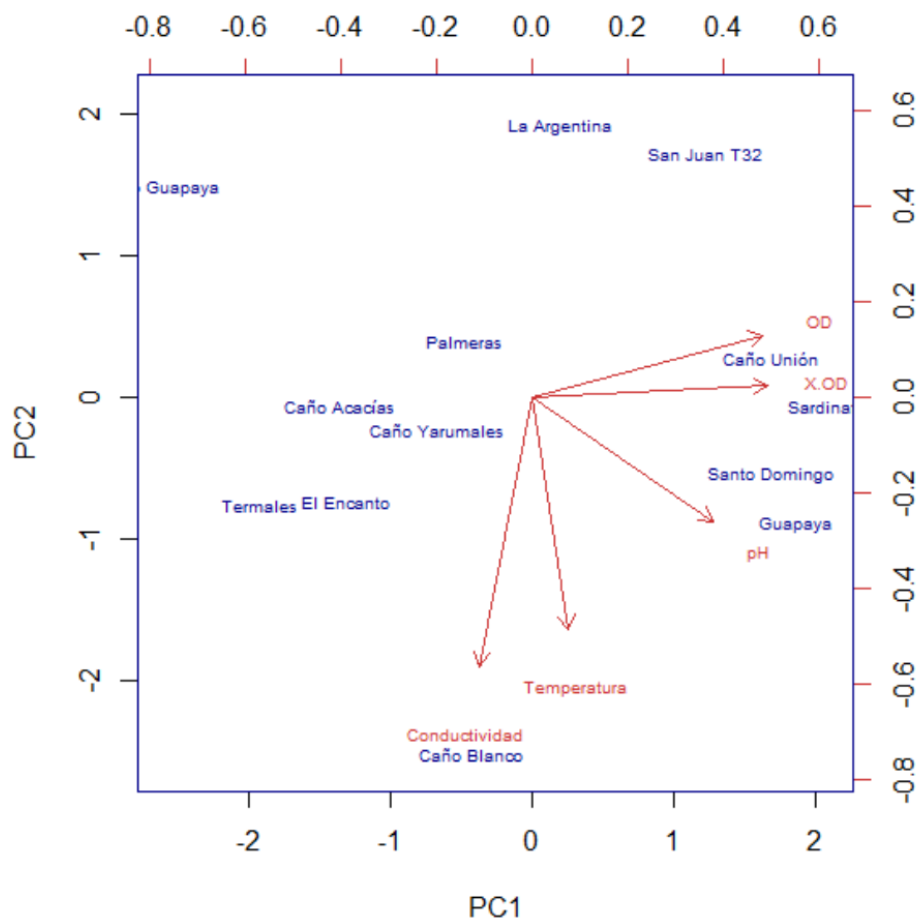


Figura 10. Análisis de componentes principales de las variables físicas y químicas medidas en los cuerpos de agua.

Varianza explicada PC1=49,87% y PC2=29,31%

9.2 CORRELACIONES VARIABLES FÍSICA - QUÍMICA Y LOS HEMÍPTEROS

Del análisis de correspondencias canónicas los dos primeros ejes explican el 63,6%. En la Figura 7 se presenta el plano de ordenación de los sitios, especies y variables físicas y químicas (triplot).

Donde se observaron algunas asociaciones como conductividad con los sitios Caño Blanco, Caño Unión, Santo Domingo, Alto Guapaya y las especies *Tachygerris tucanensis*, *Tachygerris piedemontanus* y *Rheumatobates* sp.1. Otra asociación observada entre los sitios Caño Acacias y Palmeras con las especies *Telmatogeta ujhelyii* y *Trepobates taylori*. Finalmente, el pH se observó asociado con los sitios Sardinata, Guapaya y las especies *Microvelia* sp.1 y *Rheumatobates* sp.2.

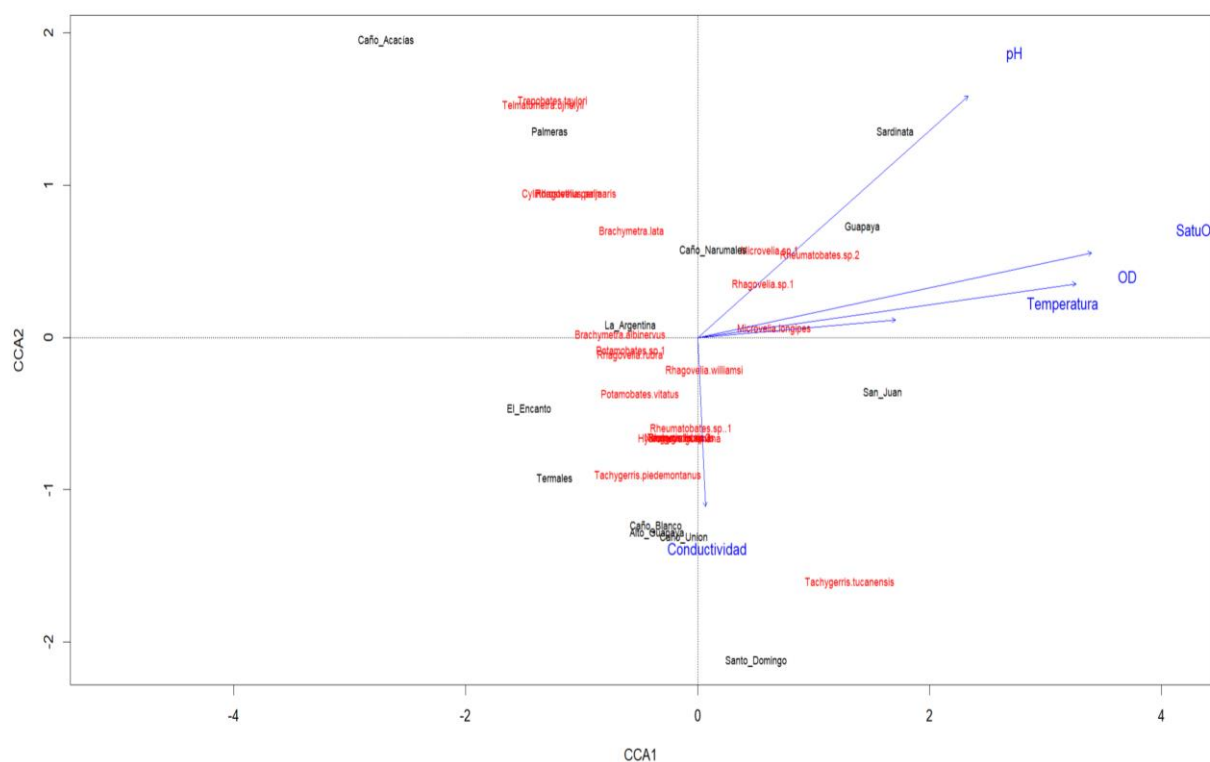


Figura 11. Análisis de correspondencias canónicas donde se evalúa la comunidad de hemípteros y las variables físicas y químicas.

9.3 INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA

Los macroinvertebrados han sido reconocidos como potenciales indicadores de la calidad biológica de los sistemas acuáticos fluviales desde hace mucho tiempo, esencialmente por su amplia distribución y diversidad, lo que les permite adaptarse a características muy definidas de

calidad de agua (Helawell, 1986; Resh et al., 1995). Así mismo, son capaces de integrar información temporal y su sensibilidad permite responder a varios tipos de perturbaciones y contaminantes, reflejando el efecto integrado de todas las variables ambientales (Bunn y Davies, 2000). En este sentido, los insectos del infraorden Gerromorpha, desarrollan su ciclo de vida en la película superficial del agua aprovechando la tensión superficial (Andersen, 1982; Moreira, 2015). De igual manera usan la vegetación que crece sobre las orillas de las corrientes hídricas como refugio ante depredadores y forman grupos como método de defensa ante amenazas.

Entre los factores más importantes que afectan la composición de insectos que habitan en un determinado ecosistema acuático están la dimensión de la corriente hídrica, la velocidad de la corriente de agua, el tipo de vegetación acuática y terrestre, y también las características fisicoquímicas del agua (Giehl et al., 2020). En este sentido, las propiedades fisicoquímicas del agua se alteran por la presencia de ciertas sustancias de origen antrópico, especialmente afectando la presencia y abundancia de los insectos del infraorden Gerromorpha dependiendo de la sensibilidad de cada especie (Dias-Silva, *et.al.* 2010).

Algunas de las especies identificadas pueden ser consideradas como indicadores de la calidad del agua, especialmente si evaluamos la conductividad del agua, por ejemplo, de la familia Gerridade la especie *Neogerris lubricus*, *Rheumatobates sp. 1*, *Tachygerris piedemontanus*, *Tachygerris sp. 1*, *Tachygerris tucanensis*, *Telmatometra ujhelyii*; de la familia Hydrometridae la única especie *Hydrometra guianana*, y de la familia Veliidae una especie del género *Rhagovelia sp.2*.

También se ha logrado establecer que las especies del infraorden Gerromorpha se afectan negativamente por contenido de grasas, aceites y de sustancias tensoactivas como detergentes, jabones, dispersantes de petróleo y en general, las genéricamente conocidas como sustancias

activas al azul de metileno, las cuales rompen la tensión superficial del agua, haciendo imposible el sostén físico de estos organismos (Álvarez y Roldán 1983; Aristizábal 2002).

Arias et. al. (2021), realizaron una investigación en la cual evaluaron los efectos de aguas con jabón sobre el comportamiento de diferentes especies del infraorden Gerromorpha, teniendo en cuenta que las variables fisicoquímicas como pH, conductividad, temperatura, Oxígeno disuelto, Fosfatos, entre otras, estaban dentro de los rangos de normalidad concluyendo que que al romperse la tensión superficial del agua con las sustancias tensoactivas como el jabón, los insectos presentan comportamientos anormales como zancas, hundimiento y posterior muerte; algunas especies logran sobrevivir saliendo del agua. Lo anterior se relaciona con tres localidades Caño Yarumales, El Encanto y San Juan T32 en las que los asentamientos humanos depositan aguas servidas en las corrientes hídricas regularmente afectando negativamente la abundancia y diversidad del infraorden Gerromorpha. Los mismos autores, concluyeron que hay especies del infraorden Gerromorpha como *Rhagovelia solida* de la familia Veliidae que son más tolerantes a los efectos de la pérdida de la tensión superficial, lo que les permite aumentar su supervivencia a estos eventos negativos, esto debido a que tienen la posibilidad de dar saltos y evitar de manera más efectiva los efectos de la pérdida de la tensión superficial del agua.

Los bioindicadores son útiles a la hora de realizar comparaciones de calidad de aguas entre las corrientes continentales de buena calidad biológica y fisicoquímica que tienen una diversidad faunística particular, abundante y diferente frente a las corrientes hídricas que han sido sometidas a perturbaciones de origen humano (Fore et al., 1996), es por esto que es importante realizar estudios de biomonitorio en las cuencas hidrográficas y establecer parámetros que permitan análisis concretos de calidad de agua con bioindicadores (Reece et al., 2001).

10 CONCLUSIONES

El DMI Macarena Norte alberga gran diversidad de especies del infraorden Gerromorpha que representan un gran potencial para futuras investigaciones. La diversidad está relacionada a lugares donde hay bajos impactos de actividades antrópicas especialmente ganadería y asentamientos humanos. Las propiedades físico químicas indican que la calidad del agua no ha sido alterada drásticamente respecto a parámetros como pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura.

Se encontró una correlación entre la abundancia y el oxígeno disuelto especialmente en las corrientes hídricas de Guapaya y Caño unión. Estas zonas están bien conservadas y la estación de muestreo se ubicó en una zona próxima a una caída de agua de más de 10 y 12 metros aproximadamente, lo que puede explicar el alto contenido de oxígeno disuelto en el agua.

El infraorden Gerromorpha agrupa especies que son muy sensibles a sustancias que rompen la tensión superficial del agua como jabones usados en los asentamientos humanos que vierten aguas contaminadas a fuentes hídricas; y aunque hay especies del infraorden que son más tolerantes que otras a este tipo de contaminación, el grupo de insectos si se afecta al romperse la tensión superficial conllevando a la desaparición de las especies y a la disminución de la abundancia y diversidad como en el caso de las 3 estaciones de muestreo (San Juan T32, caño Yarumales y El encanto) que presentaron bajos porcentajes de abundancia y diversidad debido a que se encuentran cerca a caseríos que impactan negativamente la vida acuática por vertimientos.

11 RECOMENDACIONES

Se requiere profundizar en investigaciones que permitan conocer más sobre cómo los cambios en la tensión superficial del agua por adición de jabones o detergentes afectan a los gerromorfos con el fin de consolidar información que permita mejorar los índices de calidad de agua haciendo adición de información sobre determinados contaminantes y sus efectos sobre la calidad del agua y la biodiversidad que habitan en los cursos de agua.

Para futuras investigaciones se podría evaluar los efectos de la pérdida de la tensión superficial sobre las diferentes especies con el fin de conocer la sensibilidad a estas afectaciones antrópicas negativas sobre las fuentes hídricas.

12 BIBLIOGRAFIA

- AIDE TM, ZIMMERMAN JK, HERRERA L, ROSARIO M. 1995. Forest recovery in abandoned tropical pastures in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management*, 77:77–86.
- ALLAN, J. 2004. Landscape and Riverscape: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Reviews Ecological Systems* 35: 257-284.
- ÁLVAREZ, L y ROLDÁN, G. 1983. Estudio del orden Hemiptera (Heteroptera) en el Departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales. *Actualidades Biológicas* 12 (14): 31-46.
- ANDERSEN, N. 1982. The semiaquatic bugs (Hemiptera: Gerromorpha) phylogeny, adaptations, biogeography and classification. *Entomonograph* 3:1-455.
- ANDERSEN, N. y WEIR, T. 2004. Australian water bugs. Their biology and identification (Hemiptera- Heteroptera, Gerromorpha y Nepomorpha). *Entomograph* 14 Apollo Books Stenstrup and CSIRO Publishing Collingwood. 344 p.
- ARIAS-PACO, A., MATA-NUÑEZ, M., & ALVARADO-BARRANTES, R. (2021). Efecto de las aguas jabonosas sobre el comportamiento de hemípteros semiacuáticos (Gerromorpha) de dos ecosistemas acuáticos neotropicales. *Revista de Biología Tropical*,
- ARISTIZÁBAL, H. 2002. Los hemípteros de la película superficial del agua en Colombia. Parte 1. Familia Gerridae. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Editora Guadalupe Ltda. Bogotá, Colombia. 239 p.
- ASPRILLA, S., RAMÍREZ, J. Y ROLDÁN, G. 1998. Estudio limnológico de la Ciénaga de Jotaudó, Chocó. *Actualidades Biológicas*, 20 (69): 87-107.

ASTUDILLO, A., GUTIÉRREZ, Y., MEDINA, C., MANZANO, M. (1992). Aspectos ecológicos del patinador de agua *Charmatometra bakeri* Kirkaldi (Heteroptera: Gerridae) en el Valle del Cauca. *Revista Colombiana de Entomología*. 18 (2): 59-62.

ÁVALOS, G., D. SALAZAR & A.L. ARAYA. 2005. Stilt Root Structure in the Neotropical Palms *Iriartea deltoidea* and *Socratea exorrhiza*. *Biotropica* 37: 44-53.

BLAUSTEIN, M., KIFLAWI, EITAM, A., MANGEL, M. Y COHEN, J. 2004. Oviposition habitat selection in response to risk of predation in temporary pools: mode of detection and consistency across experimental venue. *Oecologia* 138: 300-305.

BROWN S, LUGO AE. 1990. Tropical secondary forest. *Journal of Tropical Ecology*, 6(1):1–32.

BUNN, J. y DAVIES, P. 2000. Biological processes in running waters and their implications for the assessment of ecological integrity. *Hydrobiologia* 423: 461-470pp.

CAICEDO, O. y PALACIO, J. 1998. Los macroinvertebrados bénticos y la contaminación orgánica en la quebrada la Mosca (Guarne, Antioquia), Colombia. *Actualidades Biológicas* 20 (69): 61-73.

CAMACHO, D. y MOLANO, F. 2005. Clave ilustrada de especies de Gerridae (Heteroptera: Gerromorpha) para el departamento del Quindío-Colombia. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío* 15: 75-82.

CAMPOS, R. 2005. Freshwater crabs from Colombia. Bogotá (Colombia): Academia Colombiana de Ciencias Exactas y Naturales (Colección Jorge Alvarez Lleras, N.º 24): 1-363.

CHAPMAN, D. 1996. *Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. Chapman Hill. Londres. 626 p.

- CHENG, LANA; FERNANDO, CH (1971). "Publicación de ciencia canadiense". Revista canadiense de zoología. 49 (4): 435–442
- COHN, F. 1853. Ober lebende Organismen im Trinkwasser. Z. klein. Medizin 4. 229-237pp.
- CORMACARENA 2002. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Plan de Ordenamiento y manejo ambiental de un sector estratégico del DMI Ariari-Guayabero y del PNN sierra de la Macarena en el AMEM. 46pp
- COURTEMACH, L., DAVIES, S. y LAVERTY, B. 1989. Incorporation of biological information in water quality planning. Environmental Management. 13, 35-41.
- DRAKE, C. y HARRIS, H. 1934. The Gerrinae of the western hemisphere (Hemiptera). Annals of the Carnegie Museum 23: 179–241.
- FIGUEROA, R., PALMA, A., RUIZ, V y NIELL, X. 2007. Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillan, VIII Región. Rev. Chil. Hist. Nat., 80: 225-242.
- FIGUEROA, R., VALDOVINOS, C., ARAYA, E. y PARRA, O. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del Sur de Chile. Rev. Chil. Hist. Nat, 76: 275-285.
- FINEGAN B. 1996. Pattern and process in neotropical secondary rain forest: the first 100 years of succession. *Trend in Ecology and Evolution*, 11:119–124.
- FLEISCHMANN, K., P. EDWARDS, D. RAMSEIE & J. KOLLAMANN. 2005. Stand structure, species diversity and regeneration of endemic palm forest on the Seychelles. Afr. J. Ecol. 43: 291-301.

FORE, L., KARR, J. y WISSEMAN, R. 1996. Assessing invertebrate responses to human activities: evaluating alternative approaches. *Journal of North America Benthological Society*. 15:212-231.

FLÓREZ, A. 2003. Colombia: evolución de sus relieves y modelados. Universidad Nacional de Colombia, Red de Estudios de Espacio y Territorio-RET. Facultad de Ciencias Humanas. 240 pp.

GONZALEZ, A., RACCA-FILHO, F., SANTOS, N. y ARAÚJO, F. 2009. El pez *Trachelyopterus striatus* (Siluriformes: Auchenipteridae) como herramienta de muestreo de la entomofauna en un embalse tropical. *Revista de Biología Tropical* 57 (4): 1081-1091.

GONZALEZ, M y GARCÍA, D.1995. Restauración de ríos y riberas. Fundación Conde del Valle de Salazar. Escuela técnica superior de ingenieros de montes. Universidad politecnica de Madrid. Madrid España. 319pp

GÓMEZ, M. y VELÁSQUEZ, L. 1999. Estudio de los moluscos de agua dulce de la reserva ecológica Cerro de San Miguel (Caldas, Antioquia, Colombia). *Actualidades Biológicas*, 21 (71): 151-161.

GUARIGUATA MR, OSTERTAG GR. 2001. Neotropical secondary forest successions: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management*, 148:185–206.

HENDERSON, A., G. GALEANO Y R. BERNAL. 1995. Field guide to the palms of the Americas. Princeton Univ., Princeton, EEUU.

HENRY, T. 2009. Biodiversity of Heteroptera. *Insect biodiversity - Science and society* (eds. R.G. Footitt & P.H. Adler), pp. 223-263. Wiley-Blackwell, Chichester.

HENRY, THOMAS J. (2009), "Biodiversidad de Heteroptera", *Biodiversidad de insectos* Wiley-Blackwell, págs. 223–263

- HELLAWELL, J. 1986. Biological indicators of fresh water pollution and environmental management, Elsevier, England. 546pp
- HUNGERFORD, H. Y MATSUDA, R. 1960. Gerridae of the world: morphology, evolution and classification of the Gerridae. Univ. Kansas Sci. Bull. 41: 25-631.
- JÁIMEZ-CUÉLLAR, P., LUZÓN-ORTEGA, J. y TIerno DE FIGUEROA, M. 2000. Contribución al conocimiento de los Hemípteros acuáticos (Insecta: Heteroptera) del Parque Natural de la Sierra de Huétor (Granada, España). Zoologica Baetica 11:115-126.
- KENNARD KK. 2001. Secondary Forest succession in a tropical dry forest: patterns of development across a 50-year chronosequence in lowland Bolivia. *Journal of Tropical Ecology*, 18(1):53–66.
- LANGERGRABER, G. y MUELLEGGER, E. 2005. Eco-logical sanitation: A way to solve global sanitation problems? *Environ Int* 31(3):433-444.
- McCAFFERTY, W., 1981. Aquatic Entomology. Science Books International.
- MANZANO, M., NIESER, N. y CAICEDO, G. 1995. Lista preliminar de heterópteros acuáticos en la isla de Gorgona y Llanura del Pacífico, pp. 47-72. En: Pinto, P. (ed.). La isla de Gorgona nuevos estudios biológicos. Instituto de Ciencias Naturales Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- MATTHIAS, U. y MORENO, H. 1983. Estudio de algunos parámetros fisicoquímicos y biológicos en el río Medellín y sus principales afluentes. *Actualidad biológica*. 12(46):106-117pp.
- MEZA, A., RUBIO, J., DÍAS, L Y WALTEROS, Y. (2012). Calidad de agua y composición de Macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná. *Caldasia*, 34, (2), 443-456.

- MOLANO, ALFREDO. (1989). "Aproximación al proceso de colonización de la región del Ariari-Güejar-Guayabero." La Macarena Reserva Biológica de la Humanidad -Territorio de Conflictos. Casa Editorial. Universidad Nacional de Colombia. Primera edición. 285 p.
- MOLANO, F., CAMACHO, D. y SERRATO, C. 2005. Gerridae (Heteroptera: Gerromorpha) de Colombia. *Biota Colombiana* 6 (2): 163-172.
- MORALES, I. y CASTRO, M. 2010. Nuevos Registros y ampliación de distribución geográfica para especies de Gerridae (Insecta: Hemiptera) en Colombia. *Acta biol Colomb*; 15(1):271-280.
- MORALES-C, IRINA T., CASTRO-VARGAS, MARIA I. (2013): A new species and new records of *Tachygerris* Drake, 1957 (Hemiptera: Heteroptera: Gerridae) from Colombia. *Zootaxa* 3616 (3): 277-283
- MONDRAGÓN FONSECA, S, MOLANO RENDÓN, F Y MORALES CASTAÑO, I. (2017). *Cinco nuevas especies de Tachygerris (Hemiptera: Gerridae: Gerrinae) y nuevos registros para Colombia*. Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - Facultad de Ciencias - Instituto de Ciencias Naturales.
- MUÑOZ, D. y OSPINA, R. 1999. Guía para la identificación genérica de los Ephemeroptera de la Sabana de Bogotá, Colombia. Ninfas y algunos géneros de adultos. *Actualidades Biológicas*, 21 (70): 47-60.
- MYCHAJLIW, S. 1961. Four new species of *Hydrometra* from the new world (Hemiptera: Hydrometridae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 34 (1): 27-33.
- ODUM, E. y De la Cruz, A. 1963. Detritus, as a major component of ecosystems. *AIBS Bulletin* (now *Bioscience*), 13:39-40.

OSCOZ, J., CAMPOS, F. y ESCALA, M. 2006.- Variación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en relación con la calidad de las aguas. *Limnetica*, 25 (3): 683-692.

O'FARREL, L., LOMBARDO, R., DE TEZANOS, P. y LOEZ, C. 2002. The assessment of water quality in the Lower Lujan river (Buenos Aires, Argentina): phytoplankton and algal bioassays. *Environ. Pollut.*, 120: 207-218.

PADILLA, D. 2015. Gerromorpha y Nepomorpha (Heteroptera) del pacífico de Colombia; lista de especies, distribución geográfica y altitudinal. *Biota colombiana*. 16 (1):20-35

PADILLA GIL D. (2012). Los Hemípteros acuáticos del municipio de Tumaco (Nariño, Colombia). Guía Ilustrada. Editorial Universitaria-Universidad de Nariño.

PADILLA, D. 2002. Revisión del género *Buenoa* (Hemiptera, Notonectidae) en Colombia. *Caldasia* 24 (2): 481-491.

PADILLA, D. y DAMGAARD, J. 2011. A new species of *Potamobates* Champion from Colombia with a re-analysis of phylogenetic relationships (Hemiptera: Gerridae). *Zootaxa*. 2879:41-49.

PADILLA, D. y NIESER, N. 2001. Nueva especie de *Tachygerris* y nuevos registros de colecta de las Gerridae (Hemiptera: Heteroptera) de Colombia. *Agrom Colom*. 21(1-2):55-67.

PADILLA, N. y PACHECO, B. 2012. New records of *Rheumatobates* Bergroth (Hemiptera: Heteroptera: Gerridae) from the Pacific coast of Colombia and Costa Rica, with a key to males of *Rheumatobates* of Eastern Tropical Pacific. *Zootaxa*. 3427:33-46

PÉREZ, P. 2001. A new *Hydrometra* species from Argentina (Heteroptera: Hydrometridae). *Florida Entomologist* 84 (1): 127-130.

Presidencia de la República (1989). Decreto 1989 de 1989.

- POLHEMUS, J. y Polhemus, A. 2008. Global diversity of true bugs (Heteroptera: Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 379–391.
- POLHEMUS, J. y POLHEMUS, D. 1995. A Phylogenetic review of the *Potamobates* fauna of Colombia (Heteroptera: Gerridae), with descriptions of the three new species. *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 97: 350–372.
- POLHEMUS, T. y MANZANO, M. 1992. Marine Heteroptera of the Eastern Tropical Pacific (Gelastocoridae, Gerridae, Mesoveliidae, Saldidae, Veliidae), pp. 302-320. En: Quintero, D; Aiello, A. (eds.). *Insects of Panama and Mesoamerica*. Oxford University Press. 692 p.
- POSSO, C. y GONZALEZ, R. 2008. Gerridae (Hemiptera: Heteroptera) del Museo Entomológico de la Universidad del Valle. *Rev Col Entomol.* 34(2):230-238.
- QUIÑONEZ, M. y RAMÍREZ, J. 1998. Estructura numérica de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos derivadores en la zona ritral del río Medellín. *Actualidades Biológicas*, 20: 61-73.
- RAMÍREZ, D., VALLADARES, F., BLASCO, A. y BELLOT, J., 2008.-Effects of tussock size and soil wátercontenton whole plant gas Exchange *Stipatenacissima* L. Extrapolating from the leaf versus modelling crown architecture. *Environmental and Experimental Botany*, 62, 376–388.
- RAMÍREZ, J. 1995. Cambios de temperatura y variables químicas en un ciclo de 24 horas en la columna de agua del embalse Punchiná, Antioquia, Colombia. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 7: 23-34.
- RAMÍREZ, J. 2000. *Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios*. Medellín (Colombia): Editorial Universidad de Antioquia. p. 207.
- RAMÍREZ, A. y VIÑA, G. 1998. *Limnología Colombiana*. Bogotá (Colombia): Editorial Panamericana. p. 292.

RAMÍREZ, J., BICUDO, C., ROLDÁN, G. y GARCÍA, C. 2000. Temporal and vertical variations in Phytoplankton community structure and its relation to some morphometric parameters of four Colombian reservoirs. *Caldasia*, 22 (1): 108-126.

RAMÍREZ, J., BICUDO, C., ROLDÁN, G. y GARCÍA, C. 2001. Variación vertical de parámetros físicos y químicos en cuatro embalses tropicales y su relación con el área, la altitud y el tiempo de retención hidráulica. *Acta Limnol Bras.*, 13 (2): 19-34.

RAZ-GUZMÁN, A. 2000. "Crustáceos y Poliquetos" En: Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación: (Bioindicadores), editado por Lanza Espino, G., Hernández-Pulido, S. y Carbajal-Pérez, L., 265-308. México: Editorial Plaza y Valdés.

REECE, J. 2010. Phylogenetics and Phylogeography of Moray Eels (Muraenidae), Ph.D. Dissertation. Biology. Washington University, Saint Louis, p. 112.

REINOSO-FLÓREZ, G., GUEVARA, G., ARIAS, D Y VILLA, F. (2007). Aspectos biológicos de la fauna entomológica de la cuenca mayor del río Coello-departamento del Tolima. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, (19), 65-71.

RESH, H., NORRIS, R. y BARBOUR, M. 1995. Design and implementation of rapid assessment approaches for water resource monitoring using benthic macroinvertebrates. *Austral. J. Ecol.* 20, 108-121.

ROMERO, M., CABRERA, E. y ORTIZ, N. 2008. Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia 2006-2007. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 181 pp.

ROBACK, S. y NIESER, N. 1974. Aquatic Hemiptera (Heteroptera) from the Llanos of Colombia. *Proceedings of Academy of Natural Science of Philadelphia* 126 (4): 29-49.

ROLDÁN, G. 1997. Development of limnology in the Neotropics. In: Wissenschaftler Austausch and Entwicklungszusammenarbeit vor der Jahrtausendwende. Nomos Verlagsgesellschaft, Baden, p. 367-370.

ROLDÁN, G. 1999. Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 88: 375-387.

ROLDÁN, G. 2002. Treating industrial wastes in Colombia using water hyacinth. Waterlines, 21 (1): 6-8.

ROLDÁN, G. 2002. Limnología y eutrofización de embalses en Colombia. En: Fernández A, Chalar G, editores. El agua en Iberoamérica: de la limnología a la gestión en Sudamérica. Ciudad (País): CYTED XVII. p. 107-122.

ROLDÁN, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia-Uso del método BMWP/Col. Medellín (Colombia): Editorial Universidad de Antioquia. p. 170.

ROLDÁN, G. y RAMÍREZ, J. 2008. Fundamentos de limnología Neotropical. 2da. Ed. Medellín (Colombia): Editorial Universidad de Antioquia, Universidad Católica de Oriente y Academia Colombiana de Ciencias-ACCEFYN. p. 440.

ROLDAN, G., 1992. Fundamentos de Limnología Neotropical. Colección Ciencia y Tecnología Universidad de Antioquia. Medellín. Vol. 1. p. 128.

ROLDÁN, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Bogotá (Colombia): Fondo FEN-Colombia, Editorial Presencia Ltda. . 217pp.

ROLDAN, G., BUILES, J., TRUJILLO, C y SUAREZ, A. 1973. Efectos de la contaminación industrial y doméstica sobre la fauna béntica del río Medellín. Actualidades biológicas, 2:54-64pp.

ROMERO, M., GALINDO, G., OTERO, J. y ARMENTERAS, D. 2008. Ecosistemas de la cuenca del Orinoco colombiano. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 189 pp.

ROSENBERG, D y RESH, V. 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. 488pp

SALDARRIAGA JG. 1991. Estudios en la Amazonía colombiana V: Recuperación de la Selva de 'Tierra Firme' en el alto río Negro Amazonía colombiana–venezolana. TROPENBOS Colombia. Bogotá, Colombia.

SCARIOT, A. 1999. Forest fragmentation effects on palm diversity in central Amazonia. J. Ecol. 87: 66-76.

TOUBIANA W, ARMISÉN D, VIALA S, DECARAS A, KHILA A (2021) The growth factor *BMP11* is required for the development and evolution of a male exaggerated weapon and its associated fighting behavior in a water strider. PLoS Biol 19(5): e3001157. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001157>

VELÁZQUEZ-VELÁZQUEZ, M. Y VEGA-CENDEJAS, E. 2004. Los peces como indicadores del estado de salud de los sistemas acuáticos. CONABIO. Biodiversitas, 57, pp. 12-15

VIDOTTO-MAGNONI, A. y CARVALHO, E. 2009. Aquatic insects as the main food resource of fish the community in a Neotropical reservoir. Neotropical Ichthyology 7 (4): 701-708.

WARBURG, A., AIMAN, R., SHTERN, A., SILBERBUSH, A., MARKMAN, S., COHEN, J. y BLAUSTEIN, L. 2011. Oviposition habitat selection by *Anopheles gambiae* in response to chemical cues by *Notonecta maculata*. Journal of Vector Ecology 36 (2): 421-425.

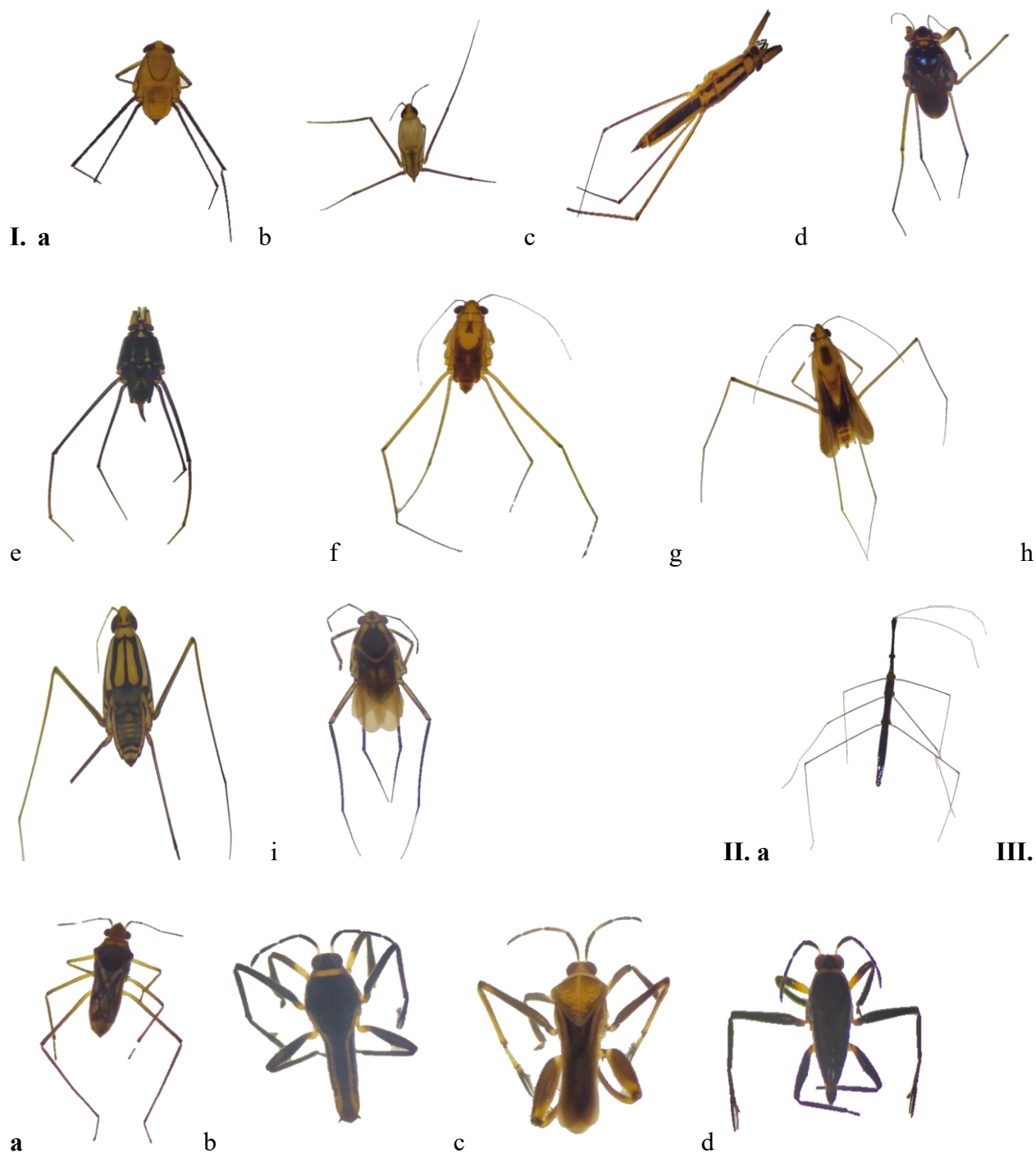
WHASINGTON, H. 1984. Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water research*. 18:653-694

WILLIAMS, J. 2003. Florida Gelastocoridae (Heteroptera) Species key. <http://entnemdept.ifaus.ufl.edu/choate/Gelastocoridae.pdf> Fecha última revisión: 8 septiembre 2005.

ZAMORA, H. y ROESLER, E. 1995. Descripción morfológica y taxonómica de una nueva especie de *Anacroneuria* (Insecta – Plecoptera). *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 9 (4-2): 85-98.

ZAMORA, H. y ROESLER, E. 1997. Número de estadios nayadales, ciclo biológico y patrón de *Anacroneuria caucana* (Insecta, Plecoptera). *Unicauca Ciencia*, 2: 15- 24.

ZANUZZI, A., PIEROTTO y PROSPERI, C. 2001. Ensayos de toxicidad en agua con especies de microalgas nativas de Córdoba, Argentina.



Anexo 1. Algunas especies del infraorden Gerromorpha halladas en corrientes hídricas del DMI Macarena Norte, Municipio de Vista Hermosa, Departamento del Meta. I. GERRIDAE. a: *Brachymetra albinerva* (Amyot y Serville 1843), b: *Brachymetra lata* (Shaw, 1933), c: *Cylindrostethus palmaris* (Drake y Harris 1934), d: *Neogerris lubricus* (White, 1879), e: *Potamobates vitatus* (Drake y Roze, 1956), f: *Tachygerris piedemontanus* (Mondragón, Molano y Morales, 2017), g: *Tachygerris tucanensis* (Morales-C. y Castro-Vargas, 2013), h: *Telmatometra ujhelyii* (Esaki, 1937), i: *Trepobates taylori* (Kirkaldy, 1899). II. HYDROMETRIDAE. a: *Hydrometra guianana* (Hungerford y Evans, 1934). III. VELIIDAE. a: *Microvelia longipes*, (Uhler, 1894), b: *Rhagovelia perija*, (Polhemus, 1997), c: *Rhagovelia rubra*, (Polhemus, 1997), d: *Rhagovelia williamsi* (Gould, 1931)