

**CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA DE MACROINVERTEBRADOS ASOCIADOS A
RAÍCES DE *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms-Laubach 1883 DE DOS PROVINCIAS
LIMNOLÓGICAS DE COLOMBIA**

MÓNICA ROCÍO BAYONA ARENAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2009

**CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA DE MACROINVERTEBRADOS ASOCIADOS A
RAÍCES DE *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms-Laubach 1883 DE DOS PROVINCIAS
LIMNOLÓGICAS DE COLOMBIA**

MÓNICA ROCÍO BAYONA ARENAS

Trabajo de grado para
optar al título de Biólogo

Director

GUILLERMO RUEDA DELGADO

Cand. Ph.D.

LABORATORIO DE LIMNOLOGÍA

UNIVERSIDAD DE BOGOTA JORGE TADEO LOZANO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOLOGÍA

BUCARAMANGA

2009

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN JUSTIFICADA	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 OBJETIVO GENERAL	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3. HIPÓTESIS	3
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
5. METODOLOGÍA.....	8
5.1 ÁREA DE ESTUDIO	8
5.1.1 Provincia Costera.....	8
5.1.1.1 Ciénaga de Poza Verde.....	8
5.1.1.2 Complejo Ciénaga de Pajarales	8
5.1.1.3 Ciénaga del Cerro de San Antonio	9
5.1.1.4 Ciénaga de Momil	9
5.1.2 Provincia Andina	9
5.1.2.1 Embalse de Tominé	10
5.1.2.2 Ciénaga La Hermosa	10
5.2 FASE DE CAMPO.....	11
5.3 FASE DE LABORATORIO	11
5.3.1 Tratamiento de Raíces.....	11
5.3.2 Medición de biomasa de Raíces	11
5.3.3 Determinación de Macroinvertebrados	12
5.3.4 Medición de Biomasa de Chironomidae	13
5.4 FASE DE GABINETE.....	13
6. RESULTADOS	15
6.1 VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS	15
6.2 MACROINVERTEBRADOS ASOCIADOS A <i>E. crassipes</i>	16
6.2.1 Composición General	16
6.2.1.1 Taxonomía de la Fauna Colectada	16
6.2.2 Grupos Funcionales Tróficos	19
6.2.3 Densidad de Macroinvertebrados en las diferentes provincias limnológicas	21
6.2.4 Estructura del Ensamble de Macroinvertebrados	23
6.2.4.1 Riqueza de Margalef	23
6.2.4.2 Índice de Dominancia de Kownacki.....	25
6.2.4.3 Índice de Sorensen	27
6.2.5 Análisis de Correspondencia sin Tendencia	28
6.2.6 Orden: Diptera, Familia: Chironomidae.....	29
6.2.6.1 Biomasa	31

6.3 INTERACCIÓN VARIABLES BIOLÓGICAS Y LIMNOLÓGICAS	32
6.4 IMPORTANCIA ECOLÓGICA Y MÉDICA DE LOS MACROINVERTEBRADOS ASOCIADOS A <i>E. crassipes</i>	33
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	37
7.1 VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS PROVINCIAS LIMNOLÓGICAS	37
7.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS ENSAMBLES DE MACROINVERTEBRADOS EN LAS DIFERENTES PROVINCIAS LIMNOLÓGICAS	38
7.3 ORDEN: DIPTERA, FAMILIA: CHIRONOMIDAE	40
7.4 COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FAUNÍSTICA CON OTROS AUTORES.....	40
7.5 RELACIÓN ENTRE MACROINVERTEBRADOS Y LAS VARIABLES LIMNOLÓGICAS.....	42
8. CONCLUSIONES.....	42
9. RECOMENDACIONES	43
BIBLIOGRAFÍA	44
ANEXOS	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagen de ubicación de los cuerpos de agua pertenecientes a la Provincia Costera. C.A.N.C.P: Caño Aguas Negras Complejo Pajaral, C.C.S.A: Ciénaga Cerro de San Antonio. Modificado de Google Earth 2008	9
Figura 2. Imagen de Ubicación de los Sistemas Andinos estudiados. Modificado de Google Earth 2008.	10
Figura 3. Variables Físicas y Químicas de los cuerpos de agua en estudio en las dos épocas pluviométricas. a.) Conductividad; b.) pH; c.) Oxígeno Disuelto; d.) Profundidad y e.) Temperatura del Agua. P.V: Poza Verde, C.A.N.C.P: Ciénaga Pajarales, CCSA: Ciénaga Cerro San Antonio, MM: Momil, ET: Embalse de Tominé y CH: Ciénaga la Hermosa. 1: Aguas Altas y 2: Aguas Bajas y/o en transición a aguas altas.....	17ii
Figura 4. Composición porcentual de los grupos funcionales tróficos encontrados en las raíces de Eichhornia crassipes. CF: Colectores Filtradores, He: Herbívoros, Om: Omnívoros, Pa: Parásitos, Pr: Predadores, Ra: Raspadores, Re: Colectores de Depósito.	20
Figura 5. Comparación porcentual grupos funcionales asociados a las raíces de E. crassipes de las provincias estudiadas. a.) Provincia Costera. Provincia Andina: b.) Embalse de Tominé. c.) Ciénaga La Hermosa. CF: Colectores filtradores, Pa: Parásitos, Re: Colectores de depósito, Ra: Raspadores, Om: Omnívoros, He: Herbívoros, Pr: Predadores.	20
Figura 6. Densidad total de macroinvertebrados asociados a E. crassipes. P. C: Provincia Costera, P.A: C.H: Ciénaga La Hermosa, E.T: Embalse de Tominé.	21
Figura 7. Distribución de grandes grupos en las dos provincias limnológicas. P.C: Provincia Costera, P.A: C.H: Ciénaga la Hermosa, E.T: Embalse de Tominé	23
Figura 8. Riqueza de Margalef. P.C: Provincia Costera, P.A: C.H: Ciénaga la Hermosa, E.T: Embalse de Tominé.	24
Figura 9. Gráfica de Análisis de Medias de Riquezas. PC: Provincia Costera, ET: Embalse de Tominé, CH: Ciénaga la Hermosa. UDL: Límite Superior. CL: Límite Central. LDL: Limite Inferior.	24
Figura 10. Análisis de Agrupamiento UPGMA, basado en el Coeficiente de Sorensen para los Macroinvertebrados colectados en las dos provincias Limnológicas. E.T: Embalse de Tominé, C.H: Ciénaga la Hermosa, P.V: Poza Verde, C.A.N.C.P: Caño Aguas Negras Complejo Pajarales, M.M: Ciénaga de	

Momil, C.C.S.A: Ciénaga Cerro de San Antonio, 1: Aguas Altas, 2: Aguas Bajas y/o en Transición	27
Figura 11. Análisis de Correspondencia sin tendencia Atributos biológicos vs Cuerpos de Agua. E.T: Embalse de Tominé, C.H: Ciénaga la Hermosa, P.V: Poza Verde, C.A.N.C.P: Caño Aguas Negras Complejo Pajarales, M.M: Ciénaga de Momil, C.C.S.A: Ciénaga Cerro de San Antonio, 1: Aguas Altas, 2: Aguas Bajas y/o en Transición. CF: Colectores filtradores, Pa: Parásitos, Re: Colectores de depósito, Ra: Raspadores, Om: Omnívoros, He: Herbívoros, Pr: Predadores. Artro: Densidades de otros Artropodos, Inverte: Densidades de otros Invertebrados	28
Figura 12. Densidades del Orden Diptera y Familia Chironomidae en las dos provincias Limnológicas. a.) Orden Diptera, b.) Familia Chironomidae. P.C: Provincia Costera, P.A: C.H: Ciénaga la Hermosa, E.T: Embalse de Tominé .	30
Figura 13. Composición Porcentual de Grupos Funcionales Familia Chironomidae en las diferentes provincias Limnológicas. a.) Provincia Costera, b.) Embalse de Tominé, c.) Ciénaga la Hermosa. Pr: Depredadores, Re: Recolectores de Depósito	31
Figura 14. Análisis de Bray-Curtis basado en la biomasa de Chironomidos colectados en cada cuerpo de agua perteneciente a las provincias limnológicas. E.T: Embalse de Tominé, C.H: Ciénaga la Hermosa, P.V: Poza Verde, C.A.N.C.P: Caño Aguas Negras Complejo Pajarales, M.M: Ciénaga de Momil, C.C.S.A: Ciénaga Cerro de San Antonio, 1: Aguas Altas, 2: Aguas Bajas y/o en Transición.	32

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Densidad Promedio de los órdenes comunes en los cuerpos de agua pertenecientes a las provincias limnológicas. ■ : Órdenes más abundantes presentes en la P.C. ■ : Órdenes más abundantes presentes en P.A. Los órdenes más abundantes registrados en el estudio están en negrilla y subrayados. P. C: Provincia Costera, P.A: C.H: Ciénaga La Hermosa, E.T: Embalse de Tominé	22
Tabla 2 Test de Múltiples Rangos. P.C: Provincia Costera, P.A: E.T: Embalse de Tominé, C.H: Ciénaga la Hermosa.....	25
Tabla 3. Índice de Dominancia de Kownacki (Q) (Kownacki 1971 En: Paporello de Amsler 1987a) para los taxa colectados en la Provincia Costera.....	25
Tabla 4. . Índice de Dominancia de Kownacki (Q) (Kownacki 1971 En: Paporello de Amsler 1987a) para los taxa colectados en la Ciénaga la Hermosa	26
Tabla 5. Índice de Dominancia de Kownacki (Q) (Kownacki 1971 En: Paporello de Amsler 1987a) para los taxa colectados en el Embalse de Tominé	27
Tabla 6. Cuadro Taxonómico Familia Chironomidae. ■ : Géneros presentes en las dos provincias. ■ : Géneros solo presentes en la P.C. ■ : Géneros solo en P.A.	29
Tabla 7. Coeficiente de correlación de rangos de Spearman para cada uno de los atributos biológicos medidos y las variables limnológicas de los sistemas acuáticos ■ : Valores con significancia estadística.....	33
Tabla 8. Macroinvertebrados asociados a E. crassipes con importan ecológica y/o médica colectados en los seis cuerpos de agua pertenecientes a las dos provincias limnológicas estudiadas	33

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Cuadro Taxonómico de Macroinvertebrados Asociados a las raíces de <i>E. crassipes</i> colectados en las Provincias Limnológicas estudiadas.....	50
Anexo 2 Fotografías de las raíces colectadas en las dos Provincias Limnológicas.	54
Anexo 3. Estudios Comparativos de Macroinvertebrados asociados a <i>E. crassipes</i> . Modificado de Gómez (2008) *: Presentes, -: Ausentes, Espacio en blanco: No se tiene conocimiento.	54
Anexo 4. Estudios Comparativos de Macroinvertebrados asociados a <i>E. crassipes</i> Provincia Andina. *: Presentes, -: Ausentes, Espacio en blanco: No se tiene conocimiento.	58

RESUMEN

TÍTULO: CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA DE MACROINVERTEBRADOS ASOCIADOS A RAÍCES DE *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms-Laubach 1883 DE DOS PROVINCIAS LIMNOLÓGICAS DE COLOMBIA*

MÓNICA ROCÍO BAYONA ARENAS**

PALABRAS CLAVE: *E. crassipes*, Provincias Limnológicas, Macroinvertebrados, Densidad de Organismos, Ciénaga, Embalse.

Con el fin de caracterizar la fauna de macroinvertebrados asociados a las raíces de *E. crassipes* en dos Provincias Limnológicas, Provincia Andina (P.A) y Provincia Costera (P.C), y encontrar las diferencias y similitudes en composición taxonómica y trófica entre éstas, se colectaron al azar 12 macrófitas por sitio, con ayuda de una red de 230 micras y 900 cm², en cuatro ciénagas costeras pertenecientes a la cuenca del río Magdalena (C.C.S.A, C.A.C.N.C.P, P.V) y a la cuenca del río Sinú (M.M) y, dos sistemas andinos, un embalse (E.T) y una ciénaga perteneciente también a la cuenca del río Magdalena (C.H). Los muestreos se efectuaron en dos momentos hidrológicos. Los macroinvertebrados fueron determinados al menor nivel taxonómico posible, se ubicaron en sus respectivos grupos funcionales tróficos y por último, se determinó la importancia ecológica y/o médica de los más relevantes. Se destacó la Familia Chironomidae como la familia más rica en especies y mas frecuente del estudio, se calculó su biomasa y se comparó entre los cuerpos de agua muestreados. Los resultados fueron expresados en densidad y biomasa de Individuos respecto a biomasa de M.V.S.

Los sistemas pertenecientes a la P.C presentaron las densidades más altas y el mayor número de especies dada la productividad de sus aguas. El E.T obtuvo los valores más bajos debido a la baja incorporación de nutrientes y bajo oxígeno. Por ultimo, en la C.H se registraron valores intermedios en todos los atributos biológicos calculados a causa de la altitud en la que se encuentra este sistema, parámetro no considerado en estudios precedentes en el tema. En consecuencia, se concluyó que las variables limnológicas inherentes a los sistemas muestreados, influyeron de manera significativa en la distribución de los macroinvertebrados colectados y sus densidades.

*TRABAJO DE GRADO

** FACULTAD DE CIENCIAS. ESCUELA DE BIOLOGÍA. GUILLERMO RUEDA-DELGADO

ABSTRACT

TITLE: CHARACTERIZATION OF THE MACROINVERTABRATE FAUNA ASSOCIATED TO *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms-Laubach 1883 ROOTS IN TWO COLOMBIAN LIMNOLOGICAL PROVINCES*

MÓNICA ROCÍO BAYONA ARENAS**

KEYWORDS: *E. crassipes*, Limnological Provinces, Macroinvertebrates, Density of organisms, Floodplain wetlands, Reservoir

With the aim of characterize the macroinvertebrates fauna associated with the *E. Crassipes* roots in two different limnological provinces, Andean Province (PA) and Coastal Province (PC), and find the taxonomical and trophic differences and similarities among them, 12 macrophytes were randomly sampled in each place, using a net with 230 micrometers and 900 cm², in four coastal floodplains wetlands belonging to the Magdalena river basin (C.C.S.A, C.A.C.N.C.P, P.V.) and to the Sinu river basin (M.M), and in two Andean systems, a reservoir (E.T.) and another floodplain wetland also in the Magdalena river basin (C.H). Those samplings were performed in two different hydrological moments. The macroinvertebrates were classified to the lowest possible taxonomical level, they were grouped into their corresponding trophic functional groups and finally, their ecological and/or medical importance for the most relevant was determined. The Chironomidae family was highlighted as the one with the highest number of species and the most frequent taxa in the study, its biomass was calculated and compared among the sampled water sets. The results were expressed as Density and Biomass of organisms with respect to biomass of M.V.S.

The systems belonging to P.C showed highest densities and number of species by the productivity of their waters. The E.T got the lowest levels due to the low incorporation of nutrients and to the low oxygen. Finally, intermediate calculated values in all the biological attributes were registered in C.H., because of the elevation at which this system is sited, parameter not considered in other similar studies. As a consequence, it was concluded that the limnological variables inherent to the sampled systems influenced in a significant way the distribution of the collected invertebrates and their densities.

*TRABAJO DE GRADO

** FACULTAD DE CIENCIAS. ESCUELA DE BIOLOGÍA. GUILLERMO RUEDA-DELGADO

1. INTRODUCCIÓN JUSTIFICADA

E. crassipes es considerada como una “maleza” acuática a nivel mundial por su gran capacidad de reproducción y los efectos que causa su invasión masiva en los cuerpos de agua (Malik 2007). Es por esto que la erradicación de esta planta se ha convertido en una actividad frecuente en lagos, ciénagas y demás sistemas acuáticos con el fin de “limpiarlos” y muchas veces poder obtener servicios de los mismos, como es el caso de lagos utilizados para la recreación, hidroeléctricas, entre otros.

No obstante, el papel de *E. crassipes* como hábitat de macroinvertebrados es de gran importancia ya que la materia orgánica que las raíces de esta planta acumula (Poi de Neiff y Carignan 1997), provee una base alimentaria para una red trófica detritica que soporta poblaciones de peces de valor ecológico y económico. Aumenta la biodiversidad de los ambientes acuáticos al generar un sustrato adicional al del bentos. Igualmente alberga muchos organismos, entre estos, vectores de enfermedades y sus potenciales biocontroladores, parásitos de peces, siendo este tema no solo de interés sanitario sino agropecuario (Mitchell y Thomas 1972). Por esta razón, la erradicación de esta planta de los sistemas acuáticos debería considerar este valor biológico.

Son muy escasos los trabajos que dan cuenta de este valor biológico y que profundizan en las características de la fauna que habita la raíces de *E. crassipes* (Junk 1977, Paporello de Amsler 1987b, Poi de Neiff y Neiff 2006 y Rocha *et al.* 2006), de cómo esta responde a las características físicas de tamaño o contenido de materia orgánica y a las condiciones limnológicas del ecosistema en que crece, reduciendo los argumentos para un manejo compatible de esta planta en los ambientes tropicales. Este trabajo comparó la fauna asociada a las raíces del buchón en seis cuerpos de agua pertenecientes a dos provincias limnológicas (Donato 1991), con el fin de responder a estas interrogantes.

Esta investigación se realizó dentro del marco de tres proyectos desarrollados en el lapso de los últimos cuatro años: “Diversidad Ecológica de Pigmentos de las Ciénagas del Caribe Colombiano” financiado por el Fondo Patrimonial para la Investigación y la ciencia de la Universidad del Magdalena (FONCIENCIA), la Universidad de Vigo-España y la Universidad Jorge Tadeo Lozano (UTADEO), año 2005. Consultoría realizada por la UTADEO para el INCODER bajo el título “Propuesta para la Actualización y Ajuste del Plan de Ordenamiento de la Pesca y la Acuicultura y Formulación de un Plan de Contingencia para Emergencias en los Proyectos Piscícolas en el embalse de Betania”, año 2007. Por último, consultoría desarrollada para EMGESA por la UTADEO, en el Embalse de Tominé titulada “Estudios Limnológicos Destinados al Monitoreo Ambiental y Análisis del Efecto sobre el Medio Acuático de la Erradicación de Buchón de Agua en el Embalse de Tominé”, año 2008.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la fauna de macroinvertebrados asociada a las raíces de *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms-Laubach 1883 (buchón de agua) proveniente de ambientes leníticos ubicados en dos provincias limnológicas de Colombia (Donato 1991).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la composición taxonómica y trófica de la fauna de Macroinvertebrados asociados a las raíces de *E. crassipes* colectada.
2. Establecer las similitudes y diferencias en la colectividad de Macroinvertebrados asociados a la raíz de *E. crassipes* en las diferentes provincias limnológicas.
3. Establecer la relación entre la composición de la fauna de macroinvertebrados asociados y las características limnológicas de los sistemas seleccionados.

4. Reconocer la importancia biológica, ecológica y como vector de enfermedades de los macroinvertebrados identificados

3. HIPÓTESIS

La fauna de macroinvertebrados asociada a las raíces *E crassipes* colectada en los cuerpos de agua pertenecientes a las Provincias Limnológicas Costera y Andina, en dos períodos pluviométricos, son similares en composición taxonómica, abundancia y grupos funcionales tróficos, pese a las condiciones altitudinales, físicas y químicas que caracterizan a los sistemas.

4. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

Con base en el número de publicaciones conocidas, la comunidad de macroinvertebrados asociados a macrófitas es comparativamente menos estudiada que las comunidades de macroinvertebrados bénticos y más aún en comparación con comunidades planctónicas o peces en el neotrópico. Sin embargo, los pocos estudios existentes sobre macroinvertebrados asociados a macrófitas han demostrado que existen evidentes interacciones planta – animal. Una de las primeras publicaciones (Dioni, 1967, en Poi de Neiff, 1997) realizó una investigación preliminar de la estructura básica de las asociaciones microfauna y mesofauna de las raíces de las plantas flotantes en la cuenca isleña del Paraná medio.

Junk (1977) en el reservorio Bung Borapet en Tailandia Central realizó estudios de cuantificación en diferentes tapetes estacionarios de macrófitas flotantes respecto a su colonización por invertebrados. La diferencia en la composición de invertebrados fue explicada por el tipo y características morfológicas de la vegetación, sumada a las variables físicas y químicas dentro de cada tapete. En este trabajo se registraron 15 Ordenes: Conchostraca, Cladóceras, Ostracoda, Copépoda, Decápoda, Díptera, Ephemeroptera, Hemíptera, Trichoptera, Odonata,

Coleóptera, Hydracarina, Oligochaeta, Gasterópoda y Bivalvia, siendo este último el más importante desde el punto de vista numérico y aporte de biomasa.

Blanco Belmonte *et al.* (1998), realizaron un estudio de los invertebrados asociados a macrófitas flotantes de los lagos del plano de inundación del río Orinoco (Venezuela) y Paraná (Argentina). Junk y Howard (1984) trabajaron en el plano de inundación del río Amazonas. Estos autores hicieron una caracterización de las macrófitas acuáticas en los diferentes ambientes acuáticos encontrados y evaluaron el efecto de las fluctuaciones del nivel y la química del agua en la biomasa de macroinvertebrados, la oviposición y el alimento que pueden ofrecer las macrófitas. También identificaron insectos terrestres herbívoros asociados, como por ejemplo, *Neochetina bruchi*, *Cornops longicorne*, *C. aquaticum*, entre otros organismos.

Los estudios realizados de macroinvertebrados asociados específicamente a raíces de *E. crassipes* son escasos. Poi de Neiff y Neiff (1980), efectuaron el primer estudio publicado, en el río Paraná- Argentina, reportando 84 taxa con grupos dominantes de Nemátoda, Oligochaeta y Cladóceras.

Paporello de Amsler (1987a), efectuó un estudio en 1983 en el río Correntoso-Argentina, encontrando un total de 82 taxa, destacando como los más dominantes Copépoda y Oligochaeta. Bailey y Litterick, (1993) realizaron un estudio de macroinvertebrados acuáticos asociados a raíces de *E. crassipes* durante una investigación ecológica multidisciplinaria en el lago Wutchung formado en la parte sur del Río Nilo (Sudán). En este trabajo se determinaron zonaciones interna, media y externa dentro del tapón, ya que presentaron características particulares a nivel de desarrollo de la macrófita. En la zona interna predominaban los tamaños más pequeños de la macrófita, encontrándose hasta propágulos de la misma. La zona media se caracterizaba por presentar mayor biomasa, estados maduros con raíces cortas en su mayoría y en algunos casos se encontraban en contacto con el sustrato. La parte externa se caracterizó por ser mixta, y se colectaron mayor

cantidad de invertebrados. En el estudio se registraron un total de 78 taxa, siendo numéricamente más abundantes en la zona media los coleópteros y gasterópodos y en la parte externa los odonatos.

Además de los estudios efectuados para sistemas lóticos, se tiene conocimiento, de otros efectuados en sistemas lénticos. Paporello de Amsler (1987b), publicó un estudio realizado en la laguna del Valle Aluvial del río Paraná “Los Matadores”, Santa Fe- Argentina, durante el período de enero a diciembre de 1975. La autora seleccionó dos estaciones, una ubicada en el Sureste de la laguna y una en el Norte, esta última caracterizándose por no estar todo el tiempo vegetada. Se colectaron 15 muestras por cada estación, las colectas realizadas fueron de borde por encontrarse el embalsado muy compacto. En este estudio se dieron a conocer los distintos grupos de organismos asociados a las raíces de *E. crassipes*: Nemátoda, Rotífera, Oligochaeta, Copépoda, Cladóceras, Ostracoda, Amphipoda e Insecta, en el cual la composición de la fauna resultó ser heterogénea con una considerable riqueza y diversidad específica en el período estudiado.

Poi de Neiff *et al.* (1997), evaluaron dos lagos del plano de inundación del río Paraná en dos períodos hidrológicos, aguas bajas y altas para observar cambios en abundancia, biomasa relativa de los grupos funcionales, reportando 64 taxa, con dominancia de Ostracoda, Conchostraca y Chironomidae, además concluyeron que en la época de aguas bajas, la colonización por macroinvertebrados fue poca, donde los colectores y predadores fueron más abundantes y en el período de aguas altas aumentó la abundancia debido al aumento del flujo a través de las raíces, predominando los colectores- filtradores en ambos lagos.

Masifwa *et al.*, (2001) realizaron un estudio del impacto de *Eichhornia crassipes*, sobre la abundancia, riqueza y diversidad de macroinvertebrados asociados. Teniendo en cuenta variaciones a nivel espacio temporal y sucesional en el Lago Victoria (Uganda) entre las macrófitas, *Cyperus papyrus* y *Vossia cuspidata*

nativas de la zona, concluyendo que la abundancia y diversidad presente sobre *E. crassipes* (exótica) es mayor después de un tiempo de establecida, desplazando a la flora nativa. Los organismos dominantes en este estudio fueron Gasterópodos, Chironomidae, Ephemeroptera e Hirudíneos.

Viljoen *et al.*, (2001), llevaron a cabo el estudio en dos lagos costeros sudafricanos. En el lago Cubhu se reportaron 55 taxa con dominancia de Decapoda, Amphipoda y Chironomidae, mientras que en el lago Nsezi Kwa Zulu se reportan 54 taxa con dominancia de Cladóceras, Copépoda y Gasterópoda.

Rocha *et al.*, (2002), realizaron el estudio en la laguna de Coyuca, costa pacífica-México, reportando un total de 21 taxa. Amphipoda e Isópoda como grupos dominantes. En el 2006 efectuaron otro estudio en el sistema lagunar de Alvarado-Veracruz- México, donde reportan 96 taxa con dominancia de Isópoda, Amphipoda y Cladóceras.

Peiró y Alves (2004), colectaron insectos asociados a las raíces de doce macrófitas en un embalse cerca a Riberao dos Anhumas Brasil. Se colectaron un total de nueve órdenes, de los cuales seis se encontraron asociados a las raíces de *E. crassipes*. Los taxa dominantes en este trabajo fueron Chironominae y Tanypodinae, pertenecientes a la familia Chironomidae y la familia Caenidae (Ephemeroptera).

Por último, Poi de Neiff y Neiff (2006), llevaron a cabo un estudio en cinco sitios de la planicie de inundación del río Paraná, para el año 1995, evaluando la riqueza de especies y la similaridad de invertebrados en siete especies diferentes de plantas flotantes, relacionando la biomasa de las macrófitas con el número de individuos colectados. En dicho trabajo se registraron sobre asociados a las raíces de *E. crassipes* 79 de las 152 especies totales, siendo la segunda macrófita con mayor riqueza, atribuido a su mayor desarrollo radicular por encima de

Eichhornia azurea y *Paspallum repens* que presentaron la mayor biomasa pero escaso crecimiento radicular.

En Colombia no hay antecedentes publicados que traten de manera exclusiva la fauna asociada a raíces de *E. crassipes*. Uno de los escasos reportes realizados en Colombia fue efectuado por Roldán *et al.* (2002), en un sistema acuático artificial. En esta investigación se evaluó la eficiencia de *E. crassipes* como filtro biológico y las posibles relaciones de esta planta con la presencia de macroinvertebrados asociados a sus raíces. El sitio de estudio fue una planta de tratamiento de aguas de la Industria Metalúrgica S.A (IMUSA).

El trabajo de Herrera (2007) ha sido uno de los pioneros en el estudio de esta fauna en sistemas naturales en Colombia. El autor trabajó con cuatro sistemas cenagosos del Caribe Colombiano en el período de aguas bajas, para lo cual utilizó como criterio de muestreo el tamaño vegetativo de las plantas. Registró un total de 7179 individuos, pertenecientes a cuatro Phyla, 21 órdenes, 50 familias, 33 géneros y 31 morfoespecies. Las familias más abundantes fueron Chironomidae, y Cyprididae . Se concluyó que el tamaño vegetativo de la planta no guarda relación con la abundancia y la diversidad de los macroinvertebrados asociados a sus raíces.

Gómez (2008), realizó un segundo trabajo en las ciénagas costeras. La autora trabajo con tres de las ciénagas reportadas por Herrera (2007) y comparó la composición faunística de los macroinvertebrados asociados al buchón en dos momentos hidrológicos. En este trabajo se registraron un total de 11864 organismos, resumidos en tres Phyla, 22 órdenes y 58 familias. Se encontraron estadíos de huevo, larva y adulto, por lo que se concluye que *E. crassipes* constituye un hábitat permanente para muchos organismos. Comparaciones interregionales sobre la fauna de este macrófita no se han realizado hasta el momento.

5. METODOLOGÍA

5.1 ÁREA DE ESTUDIO:

Se comparó la fauna asociada a *E crassipes* en cuerpos de agua de las provincias limnológicas Costera y Andina. Los datos a comparar de la Provincia Costera fueron obtenidos en desarrollo de dos estudios previos de esta línea de investigación (Herrera 2007 y Gómez 2008). Estos estudios se realizaron en dos épocas pluviométricas, Aguas en transición a Aguas Altas (Agosto 2005) y Aguas Altas (Diciembre 2005). Los sistemas muestreados en cada provincia son:

5.1.1 Provincia Costera:

La provincia costera (**P.C**) abarca toda la región Caribe de Colombia. Esta región estuvo representada en este estudio por cuatro sistemas cenagosos, los primeros tres pertenecen a la cuenca baja del río Magdalena y el último hace parte de la cuenca del río Sinú (Figura 1). Los muestreos analizados en este trabajo corresponden a dos épocas pluviométricas, Aguas Altas y Aguas en transición a aguas altas.

5.1.1.1. Ciénaga de Poza Verde (P.V): Coordenadas 11° 03'18,4"N, 74° 46'34"W. Hace parte del sistema estuarino del Parque Nacional Natural Vía Parque Isla Salamanca (VIPIS). Se localiza entre la Ciénaga Grande de Santa Marta y el mar caribe. Su temperatura promedio es de 27°C y posee un clima árido.

5.1.1.2. Complejo Ciénaga de Pajarales (C.A.N.C.P): Corresponde a la ecoregión Ciénaga Grande de Santa Marta (C.G.S.M.). Se comunica con el río Magdalena a través de los caños Clarín, Renegado y Aguas Negras (10°48'47,8"N, 74° 36'9,1"W), donde en este ultimo se efectuó la colecta de los organismos, por poseer abundantes tapetes de *E. crassipes*. Posee una temperatura media de 28,3°C y una precipitación media anual de 600 mm.

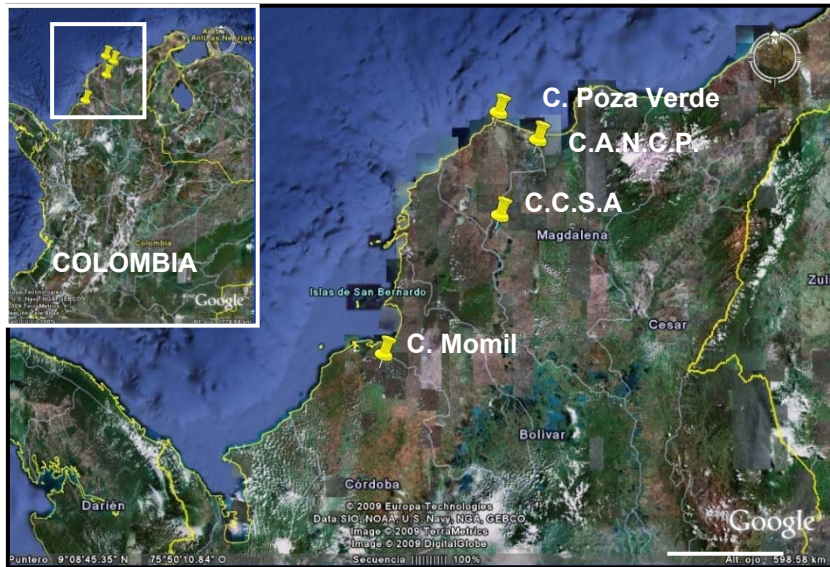


Figura 1. Imagen de ubicación de los cuerpos de agua pertenecientes a la Provincia Costera. C.A.N.C.P: Caño Aguas Negras Complejo Pajalar, C.C.S.A: Ciénaga Cerro de San Antonio. Modificado de Google Earth 2008.

5.1.1.3. Ciénaga del Cerro de San Antonio (C.C.S.A): Se conecta directamente con el río Magdalena gracias un caño permanente. Presenta temperatura promedio de 28°C y su precipitación media anual es de 800 a 1000 mm. La estación escogida para el muestreo se denomina “La Isla” localizada a (10°15,08'0,9"N, 74°71'47,5"W).

5.1.1.4. Ciénaga de Momil (M.M): Pertenece al complejo de la Ciénaga Grande de Lorica. La Ciénaga Grande de Lorica se caracteriza por ser tierras bajas y ubicadas al norte de éste sistema se encuentran terrazas marinas, barras de playa y marismas de mangle. La temperatura promedio es de 28°C, clima semiárido (IDEAM 1998).

5.1.2 Provincia Andina:

En la Provincia Andina (**P.A**) se manejaron dos sistemas con altitudes distintas, por este motivo, las comparaciones que se realizaron con la Provincia Costera se

hicieron de manera independiente. Los dos sistemas nombrados son un embalse y un cuerpo cenagoso, perteneciente a la cuenca del río Magdalena (Figura 2).

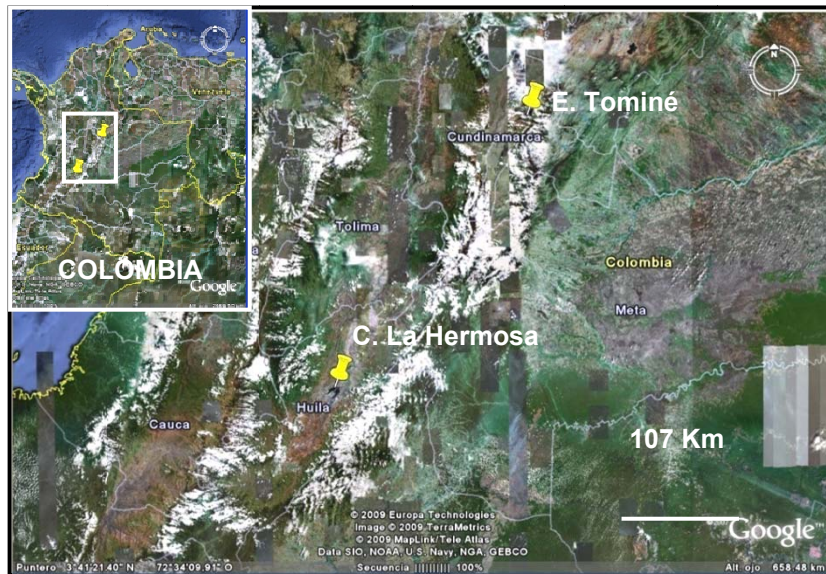


Figura 2. Imagen de Ubicación de los Sistemas Andinos estudiados. Modificado de Google Earth 2008.

5.1.2.1. Embalse de Tominé (E.T): El embalse de Tominé está ubicado a 50km, al noreste de la ciudad de Bogotá, en los municipios de Guasca, Sesquilé y Guatavita, departamento de Cundinamarca, a una altura de 2600 m. El embalse tiene una longitud de 18 Km y tiene capacidad para 680 millones de metros cúbicos de agua. Es alimentado por el río Tominé, y por el río Bogotá. Sus aguas son utilizadas para la generación de energía eléctrica, para surtir de agua potable a la capital del país, para deportes náuticos y son de atracción turística a visitantes. Los muestreos se realizaron en dos épocas pluviométricas: Aguas Altas (Abril 2008) y Aguas Bajas (Agosto 2008).

5.1.2.2. Ciénaga La Hermosa (C.H): Es un cuerpo de agua ubicado en la cola del río Magdalena, al extremo sur del embalse de Betania, ubicada en el departamento de Huila, a una altura de 622m. Posee una alta deposición de sedimentos favoreciendo el asentamiento de *E. crassipes*. Esta ciénaga tiene una profundidad promedio de 4.30 m, el contenido de sólidos totales es de 317 mg/L y

su temperatura promedio es de 24° C. (CCPEB 2003). Las muestras se colectaron en Septiembre de 2007, época de Aguas Bajas.

5.2 FASE DE CAMPO:

Se eligió un parche homogéneo de *E. crassipes* localizado en la zona litoral del cuerpo de agua, seguidamente se muestrearon 12 macrófitas al azar con una red triangular de 900 cm², un mango de aproximadamente dos metros de largo y con 230 micras de ojo de malla. El manejo de la red se realizó desde el bote, hundiéndola 150 centímetros por debajo de la planta con el fin de abarcar la longitud total de las raíces de las macrófitas. La red se subió lo más rápido posible para evitar el escape de los macroinvertebrados. El material vegetal colectado fue posteriormente podado, eliminando las partes vegetativas de las plantas para así obtener las raíces de éstas. Todo el material muestreado fue depositado en bolsas zic-ploc y preservadas en formaldehído al 5% para su posterior estudio en el laboratorio. Las variables físicas y químicas tomadas en *in situ* fueron las siguientes: Conductividad eléctrica, pH, temperatura y oxígeno disuelto con equipos digitales, la transparencia con disco Secchi.

5.3 FASE DE LABORATORIO:

5.3.1 Tratamiento de las Raíces

Cada raíz de *E. crassipes* colectada se lavó dentro de una red con el mismo ojo de malla que la red usada en campo, con abundante agua y detergente con el fin que las radículas se separen y liberen la mayoría de los organismos contenidos en éstas. Los organismos retirados y contenidos en la red fueron depositados en frascos de boca ancha previamente rotulados (Fecha, cuerpo de agua y número de macrófita) y preservados en alcohol 70%.

5.3.2 Medición de biomasa de raíces

Las raíces fueron secadas al aire libre, luego secadas al horno a 100°C hasta que se obtuvo peso seco constante. Para ello, cada raíz fue pesada en una balanza analítica (METTLER AE160 ± 0.02mg) inicialmente a las 24 horas de secado y

posteriormente cada 12 horas hasta obtener un peso seco constante. Posteriormente se obtuvo el peso seco libre de cenizas de cada raíz por calcinación en mufla (Vulcan A551) a 500°C, manteniendo las muestras durante 4 horas (Klemm *et al.* 1990). El peso seco libre de cenizas (KgC) fue la diferencia entre el peso seco y el peso de las cenizas.

5.3.3 Determinación de Macroinvertebrados

El material preservado fue identificado hasta el mínimo nivel taxonómico posible con la ayuda de las claves especializadas y regionales: McCafferty (1981), Merritt y Cummins (1996), Pennak (1989), Brinkhurst y Marchese (1993), Fernández y Domínguez (2001), Thorp y Covich (2001), Domínguez *et al.* (2006) y Tatcher (2006). Las identificaciones fueron verificadas por especialistas en diferentes grupos. En anélidos e Insectos por el profesor Guillermo Rueda Delgado de la UJTL, en el caso de los copépodos y micro-crustáceos por los profesores Nelson Aranguren M. Sc. De UPTC y Emilio Realpe M. Sc. LAZOE de la Universidad de los Andes, quienes apoyaron igualmente la identificación de moluscos y artrópodos. Después de la determinación de los invertebrados con la literatura citada se procedió a establecer su distribución, origen, ecología, biología e importancia médica.

A partir de los resultados descritos por Herrera (2007) y Gómez (2008), junto con los obtenidos en la P.A, se escogió al orden Diptera y la Familia Chironomidae como atributos biológicos útiles para comparaciones entre sistemas debido a que son los taxa con mayor abundancia en la P.C y son los más frecuentes en los seis sistemas estudiados. Dada la riqueza de morfoespecies encontradas para esta familia, se hizo el mayor esfuerzo taxonómico en este grupo, utilizando la clave especializada de Trivinho-Strixino y Strixino (1995) y determinando al menor nivel taxonómico posible todas las morfoespecies encontradas.

5.3.4 Medición de Biomasa de Chironomidae

La biomasa de Chironomidae para cada provincia fue calculada de la siguiente forma: Los organismos fueron discriminados por género, medidos y colocados en una cápsula de porcelana en grupos de diez individuos, posteriormente, los organismos fueron secados durante 24h a 60°C (Cressa 1999). La cápsula se pesó en una balanza analítica con precisión de $\pm 0,00001$, se calculó la masa de cada organismo restando el peso de la cápsula y dividiendo por el número de individuos.

5.4 FASE DE GABINETE:

La fauna colectada en cada sistema acuático y cada provincia, se describió a partir de los siguientes procedimientos: Los datos obtenidos fueron organizados en matrices en el programa Microsoft Excel. Estas matrices contienen las abundancias de los taxa vs sistema acuático, los atributos biológicos y las características físicas y químicas de cada cuerpo de agua en cada período de muestreo.

Los resultados fueron expresados como Densidad de macroinvertebrados asociados con *E. crassipes* y Biomasa de Chironomidae respecto a la biomasa de las raíces en KgC Material Vegetal Sumergido (MVS). Las unidades son (Bolívar y Rueda-Delgado 2002):

Densidad= (Ind/KgC MVS) y Biomasa de Chironomidae= mg Ind/KgC MVS

Para cada sitio de muestreo de la P.A, y para la P.C se calculó el índice de dominancia de Kownacki (Kownacki 1971, En: Paporello de Amsler 1987a) para cada morfoespecie. El índice consiste en:

$$d = (Q*100/\Sigma Q)*f$$

Donde:

Q: número medio de individuos de las especies examinadas en la serie de muestreos.

ΣQ : suma de la cantidad media de individuos de todas las especies

f: frecuencia calculada según la razón n/N donde:

n: número de muestras en la que está representada la especie estudiada

N: número total de muestras de la serie.

Los valores obtenidos fueron convertidos a cuatro rangos por ranqueo simple con base en el valor mínimo siguiendo la categorización propuesta por Kownacki (1971) modificando sus nomenclatura de la siguiente manera: 4= A: Dominantes, 3= B: Subdominante, 2= C: No Dominante de **a** por: Poco frecuente y 1= D: No dominante de **b**, por: raro.

Por último, se calculó la riqueza de la fauna encontrada en las macrófitas colectadas en los cuerpos de agua mediante el índice de Riqueza de Margalef (Moreno 2001)

Para comparar la fauna colectada en las dos provincias limnológicas se evaluó si los atributos biológicos calculados poseían una distribución normal y una homogeneidad de varianzas con el test de Kolmogorov-Smirnov (Zar 1984). La Densidad de Individuos, Densidad de Dípteros y Densidad de Chironomidae, junto a la Biomasa de estos últimos, obtuvieron probabilidades inferiores a 0,05, por lo que fueron contrastadas a partir de pruebas no paramétricas como Kruskal-Wallis. La Riqueza de Margalef, en contraste, mostró normalidad y se evaluó con pruebas paramétricas como ANOVA, Test de múltiples rangos basado en LSD de Fisher y una gráfica de medias. Estas pruebas estadísticas fueron realizadas en el programa STATGRAPHICS plus 5,0

Se aplicó el índice de Similitud de Sorensen tanto en los ambientes acuáticos como en los grupos taxonómicos. Los datos poblacionales de las faunas

colectadas entre los sistemas acuáticos donde se efectuaron los muestreos, también fueron contrastados con un Análisis de Correspondencia sin Tendencia (DCA), técnica utilizada para analizar de manera multivariada datos sin distribución normal. Los atributos biológicos incluidos en el análisis fueron: Densidad de Individuos, Densidad de Diptera, Densidad de Chironomidae y Grupos Funcionales Tróficos. La biomasa de Chironomidae calculada en cada uno de los cuerpos de agua se evaluó con un análisis de similaridad de Bray-Curtis con el fin de encontrar las diferencias y las posibles agrupaciones entre sistemas. El índice de Sorensen, el Análisis de Correspondencia sin Tendencia y el Análisis de Bray-Curtis se efectuaron en el programa MVSP 13.3

Finalmente, para establecer la relación entre las características limnológicas de cada sistema acuático y la composición de macroinvertebrados asociados a las raíces de *E. crassipes*, se calculó el coeficiente de correlación de Spearman entre las variables bióticas y los parámetros físicos y químicos de cada sistema. Este coeficiente fue calculado con el programa estadístico SPSS 15.0.

6. RESULTADOS

6.1. VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Los seis cuerpos de agua estudiados presentaron diferencias en sus variables físicas y químicas (Figura 3). Los parámetros en los que más se evidenció esta situación fueron la conductividad, la temperatura y la profundidad, con diferencias de hasta 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 20 $^{\circ}\text{C}$ y 4 metros, respectivamente.

En la P.C. se registraron los valores más altos de conductividad oscilando entre 148 - 1400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, de temperatura (32 – 34 $^{\circ}\text{C}$), pH (7,5 - 8,5) y Oxígeno Disuelto (3,5 - 4,8 mg/L), sin embargo, las profundidades de estas aguas son las más bajas del estudio (0,6 - 2,3 m). Por su parte, los sistemas acuáticos de la provincia Andina en su mayoría mostraron los valores más bajos en cuanto a su fisicoquímica. Para el caso del E.T. se registró baja conductividad

(57,4 - 60,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y Oxígeno Disuelto (1,85 - 2,59 mg/L). Por la altitud del sistema, el embalse también obtuvo los valores más bajos en temperatura oscilando entre 15 - 19°C. Dentro esta provincia, La C.H. presentó puntos intermedios entre la P.C y el E.T. (P.A) en variables como el O.D (3,26 mg/L) y la temperatura (23 °C). El pH de este sistema es el menor valor registrado (5,86).

6.2. MACROINVERTEBRADOS ASOCIADOS A *E. crassipes*

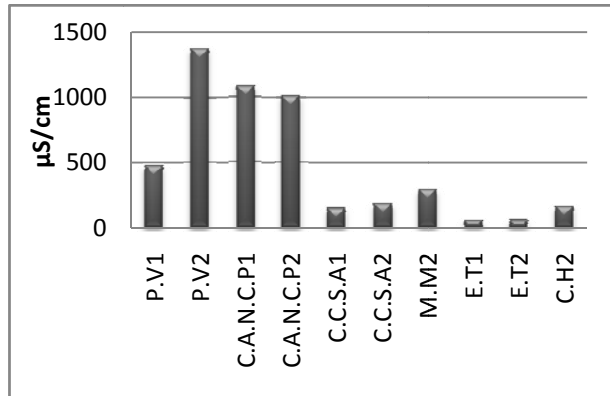
6.2.1 Composición General.

Los macroinvertebrados colectados durante el estudio asociados a las raíces de *E. crassipes* sumaron un total de 14888 individuos, de los cuales 5364 organismos pertenecen a la P.A (E.T= 1277; C.H= 4087).

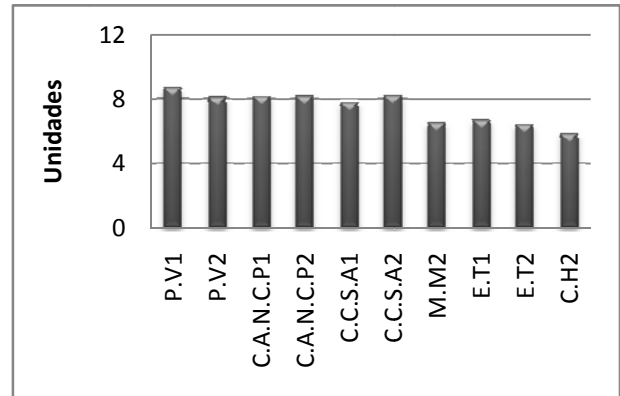
6.2.1.1 Taxonomía de la Fauna Colectada.

En los seis cuerpos de agua muestreados se colectaron un total de cinco phyla que abarcan desde Platyhelminthes hasta Arthropoda, 23 órdenes, 80 familias y 136 taxa inferiores, de los cuales 85 se determinaron al nivel de género (62%) (Anexo 1). Dentro de estos taxa inferiores, 65 son exclusivos de la P.C, 52 de la Provincia Andina y sólo 19 se pueden encontrar en las dos zonas de estudio.

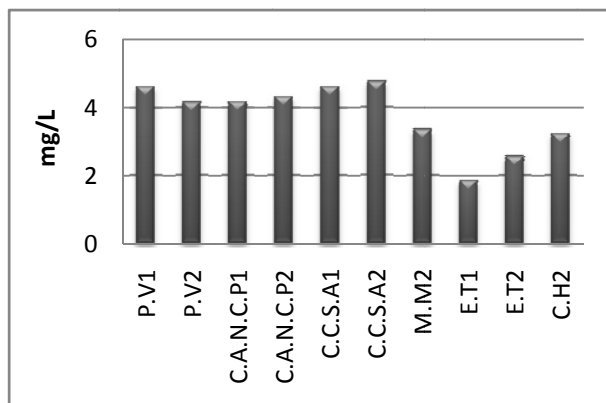
Entre los organismos exclusivos de la P.C. se encuentran gasterópodos (*Physurella* sp, Ampullaridae e Hydrobiidae), Tubificidos (*Spirosperma* sp.), y microcrustáceos, en los que destacan los Ostrácodos (Limnocytheriidae), Conchostraceos con el único género que se encontró en el estudio (*Cyclestheria* sp.), cladóceros y copépodos. En estos dos últimos, la P.C. presentó la mayor riqueza de especies. Se encontraron cuatro géneros de cladóceros (*Macrothrix rosea*, *Acroperus elongata*, *Disparalona* sp, *Pseudosida* sp.) pertenecientes a tres familias y dos géneros de Copépodos (*Diacyclops* sp., *Macrocyclops* sp). Los órdenes Isópoda y Decápoda, con un morfotipo cada uno, solo fueron encontrados en esta provincia. El orden Acarii esta representado por tres morfotipos y el género *Arrenurus* sp.



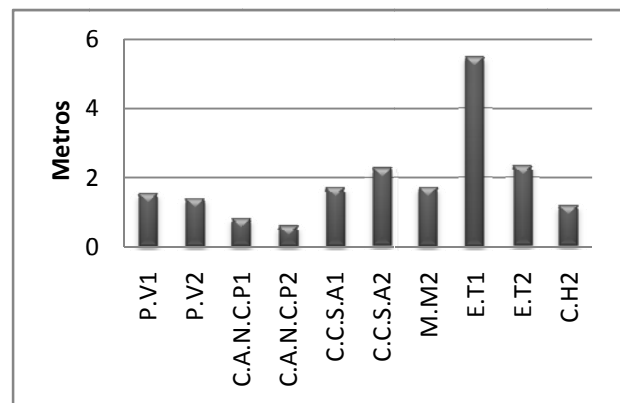
a.)



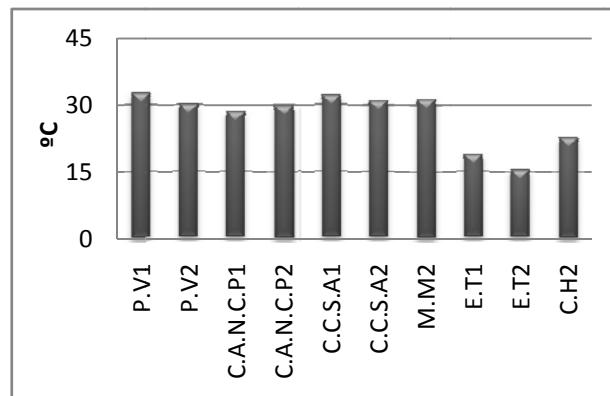
b.)



c.)



d.)



e.)

Figura 3. Variables Físicas y Químicas de los cuerpos de agua en estudio en las dos épocas pluviométricas. a.) Conductividad; b.) pH; c.) Oxígeno Disuelto; d.) Profundidad y e.) Temperatura del Agua. P.V: Poza Verde, C.A.N.C.P: Ciénaga Pajarales, CCSA: Ciénaga Cerro San Antonio, MM: Momil, ET: Embalse de Tominé y CH: Ciénaga la Hermosa. 1: Aguas Altas y 2: Aguas Bajas y/o en transición a aguas altas.

En el caso de la entomofauna, todos los órdenes encontrados están presentes en las muestras de la zona. Las Familias Baetidae (Ephemeroptera), Microveliidae, Notonectidae, Hebridae, Naucoridae, Corixidae, Gerridae e Hydrometidae (Hemiptera), así como también las familias Dytiscidae, Noteridae, Staphylinidae, Hydraenidae, Delphacidae, Elmidae e Hydrophilidae (Coleoptera), la familia Hydroptilidae (Trichoptera), y la subfamilia Schoenobiinae (Lepidoptera) se reportan solo en estos sistemas. Para el orden Diptera, la mayoría de los géneros fueron encontrados solo en la P.C.

Por su parte, en la Provincia Andina, la fauna exclusiva consiste en cuatro géneros de gasterópodos (*Valvata* sp., *Physa* sp, *Melanoides* sp. y *Thiara* sp.), Nemátodos, Enchytraideos, Tubificidos, Lombriculidos e Hirudíneos (*Placobdella* sp., *Myzobella* sp.) Así mismo, en el caso de los microcrustáceos, se encontró una familia de Conchostraceos (Limnadiidae), tres géneros de cladóceros (*Ceriodaphnia* sp., *Ilyocriptus* sp., *Bosmina* sp.) y un género de copépodos (*Arctodiaptomus* sp.).

Los ácaros colectados en los sistemas andinos suman un total de cuatro morfotipos y un género identificado (*Hydrozetes* sp.). Las familias de insectos exclusivas del embalse de tominé y la ciénaga la Hermosa son Veliidae, Macroveliidae (Hemiptera), Leptoceridae (Trichoptera), Scirtidae, Lampyridae (Coleoptera). Del orden Diptera, solo los géneros *Aedes* sp. (Culicidae), *Atrichopogon* sp. (Ceratopogonidae), *Pentaneura* sp., *Asheum* sp., *Tribelos* sp., (Chironomidae) y la Familia Tipulidae.

Respecto a la fauna en común, como se denoto anteriormente, el número de taxa compartidos por las dos provincias son pocos. Se nombran Gasterópodos (Planorbiidae, Lymnaeidae), Oligoquetos (Naididae), Ostrácodos (Cyprididae), Collembolos (Isothomidae) e Insectos. En el caso de este ultimo grupo, las dos provincias limnológicas comparten todos los órdenes, con excepción de Hemiptera, existiendo en común sólo uno o dos géneros o morfotipos por orden. Sólo el orden Diptera comparte hasta un 25% del total de géneros existentes

(*Culex* sp., *Mansonia* sp., *Ablabesmyia* sp., *Labrundinia* sp., *Thiennemanimyia*, *Larsia* sp., *Chironomus* sp., *Parachironomus* sp., y la Familia Ephydriidae).

6.2.2 Grupos Funcionales Tróficos

Los Macroinvertebrados colectados pertenecen a siete grupos funcionales tróficos, Colectores – Filtradores (CF), Herbívoros (He), Omnívoros (Om), Parásitos (Pa), Depredadores (Pr), Raspadores (Ra) y Colectores de Depósitos (Re). La composición porcentual de estos grupos indica que los Colectores Filtradores (CF) (Ostracodos, Cladoceros, algunos Dipteros y Trichopteros), los Raspadores (Ra) (Gasteropodos, Conchostraceos, Ephemeropteros, Trichopteros, Tipulidos y Lepidopteros), y los Colectores de depósito (Re) (Bivalvos, Oligoquetos, Copepodos, Amphipodos, algunos Trichopteros, Culicidos y Chironomidos), son los más abundantes con valores cercanos a 60, 12 y 10%, respectivamente. El grupo con el menor porcentaje observado son los Herbívoros (Scirtidae, Delphacidae y Curculionidae) con 2% (Figura 4)

Al comparar las proporciones entre la P.C, y la P.A, se observa que los grupos dominantes varían en porcentaje y función. En la P.C. se presentaron los ocho grupos funcionales, predominando los CF con un porcentaje de 54%. En la P.A, se encontraron seis categorías, en el E.T. los Pr fueron los más abundantes con un porcentaje de 39%, y en la C.H, los Re con un porcentaje de 38%. (Figura 5)

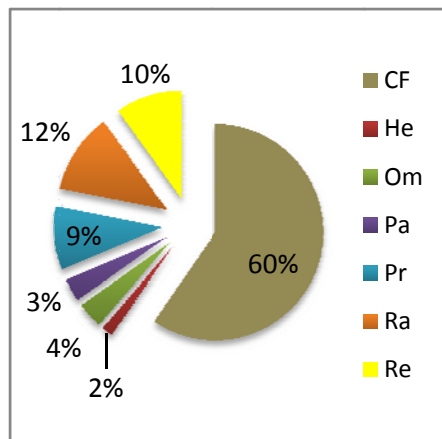
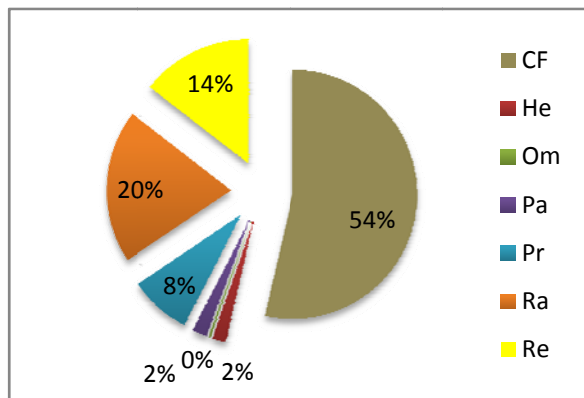
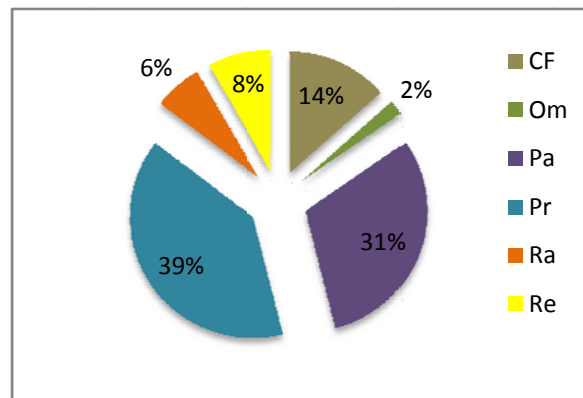


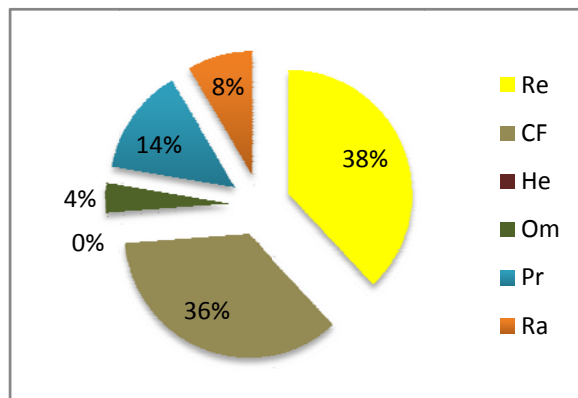
Figura 4. Composición porcentual de los grupos funcionales tróficos encontrados en las raíces de *Eichhornia crassipes*. CF: Colectores Filtradores, He: Herbívoros, Om: Omnívoros, Pa: Parásitos, Pr: Predadores, Ra: Raspadores, Re: Colectores de Depósito.



a.)



b.)



c.)

Figura 5. Comparación porcentual grupos funcionales asociados a las raíces de *E. crassipes* de las provincias estudiadas. a.) Provincia Costera. Provincia Andina: b.) Embalse de Tominé. c.) Ciénaga La Hermosa. CF: Colectores filtradores, Pa: Parásitos, Re: Colectores de depósito, Ra: Raspadores, Om: Omnívoros, He: Herbívoros, Pr: Predadores.

8.2.3. Densidad de Macroinvertebrados en las diferentes provincias limnológicas.

La densidad promedio de individuos calculada en la P.C. fue 1155,97 Ind/KgC M.V.S, en el E.T. fue 36,43 Ind/KgC M.V.S y en la C.H. fue 107,50 Ind/KgC M.V.S. Comparando las densidades calculadas en las macrófitas de los cuerpos de agua estudiados, existen diferencias significativas entre la P.C, el E.T. y la C.H. (Kruskall-Wallis, $K= 49,77$ y $p\text{-valor} < 0,001$) (Figura 6). Las comparaciones realizadas entre pares, P.C – E.T, P.C – C.H, E.T – C.H, también demostraron diferencias significativas, siendo la combinación P.C – E.T la que menor $p\text{-valor}$ obtuvo ($W= 74$).

Dentro de los 17 órdenes que las dos provincias tienen en común, la P.C. posee las densidades más altas en trece grupos. La Provincia Andina posee las mayores abundancias en los órdenes Gordeia, Cyclopoida, Amphipoda y Lepidoptera (Tabla 1). Los órdenes con los mayores valores registrados en densidad son Podocopida (Ostrácoda), Conchostraca, Bassomatophora, Cladóceras, Díptera, Ephemeroptera y Trichoptera, todos presentes en la provincia Costera.

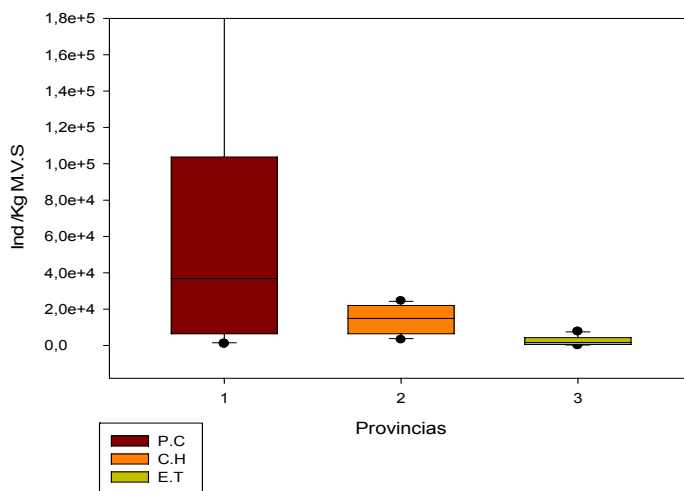


Figura 6. Densidad total de macroinvertebrados asociados a *E. crassipes*. P. C: Provincia Costera, P.A: C.H: Ciénaga La Hermosa, E.T: Embalse de Tominé

Se observó que la distribución de grandes grupos (Figura 7), varía de una provincia a otra. Los **Microcrustáceos** abarcaron hasta el 60% de la abundancia total de invertebrados encontrados en la P.C, mientras que en la C. H. este porcentaje solo llegó a un 31% y un 25% en el E.T. **Otros Artrópodos** como colémbolos y ácaros alcanzaron valores menores a 10% en la P.C, en C.H este porcentaje no superó el 20%, mientras que en el E.T fueron los más abundantes. La **Entomofauna**, por su parte, no obtuvo porcentajes mayores a 17% en ninguno de los puntos de comparación. **Otros invertebrados** fueron un grupo representativo para C.H, con un 35%, en E.T y P.C el valor fue de 20%.

Tabla 1. Densidad Promedio de los órdenes comunes en los cuerpos de agua pertenecientes a las provincias limnológicas. : Órdenes más abundantes presentes en la P.C. : Órdenes más abundantes presentes en P.A. Los órdenes más abundantes registrados en el estudio están en negrilla y subrayados. P. C: Provincia Costera, P.A: C.H: Ciénaga La Hermosa, E.T: Embalse de Tominé

ORDEN	P.C Ind/KgC M.V.S.	E.T Ind/KgC M.V.S.	C.H Ind/KgC M.V.S.
GORDEA	29,938	212,907	0
BASOMMATOPHORA	<u>776,954</u>	10,111	27,793
TUBIFIDA	329,242	43,077	17,964
PODOCOPIDA	<u>5065,861</u>	25,812	0
CONCHOSTRACA	<u>5062,173</u>	0	14,447
CLADOCERA	<u>631,027</u>	57,195	128,611
CYCLOPOIDA	154,700	145,860	170,825
AMPHIPODA	1,871	180,008	0
HYDRACHNIDA	174,151	166,961	4,819
COLLEMBOLA	23,299	13,903	0
EPHEMEROPTERA	<u>481,929</u>	0	276,576
ODONATA	168,134	6,583	24,864
HEMIPTERA	103,550	2,254	1,497
TRICHOPTERA	<u>410,621</u>	5,486	3,484
COLEOPTERA	128,453	3,508	30,606
DIPTERA	<u>482,453</u>	21,116	122,207
LEPIDOPTERA	158,057	0	195,966

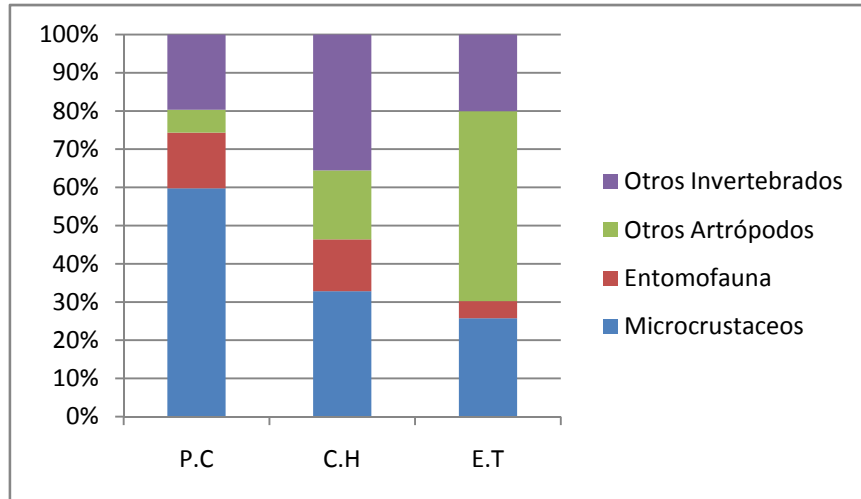


Figura 7. Distribución de grandes grupos en las dos provincias limnológicas. P.C: Provincia Costera, P.A: C.H: Ciénaga la Hermosa, E.T: Embalse de Tominé.

8.2.4. Estructura del ensamble de Macroinvertebrados

8.2.4.1. Riqueza de Margalef

Los valores de riqueza más altos y mas dispersos se calcularon para la P.C. (Rango = 0 - 5,97; Media = 3,12; Desv.Est. = 1,14). El E.T, fue el sistema que menores valores de riqueza obtuvo, abarcando un rango de 1,43 a 3,9 (Media= 2,37; DS=0,58). La C.H, como en otras variables, obtuvo un rango de valores intermedio (Rango = 1,93 – 3,43; Media = 2,72; Desv.Est. = 0,49) (Figura 8). El Análisis de varianza demostró que la riqueza en los tres puntos de comparación tiene diferencias significativas (ANOVA F = 4,69; p-valor = 0,011).

La gráfica de Análisis de Medias mostró cómo la riqueza del Embalse fue la que presentó diferencias significativas con respecto a la P.C. y a la C.H (Figura 9). Este resultado fue confirmado por el Test de Múltiples Rangos basado en LSD de Fisher (Tabla 2). Este test determinó que la Ciénaga la Hermosa presentó valores que permitieron agruparla en grupos homogéneos con la P.C. y con el E.T, así como también que existen diferencias significativas entre las riquezas del E.T y la P.C

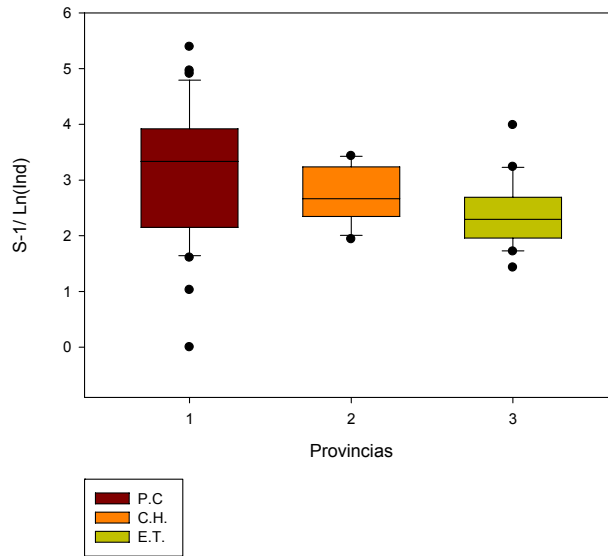


Figura 8. Riqueza de Margalef. P.C: Provincia Costera, P.A: C.H: Ciénaga la Hermosa, E.T: Embalse de Tominé.

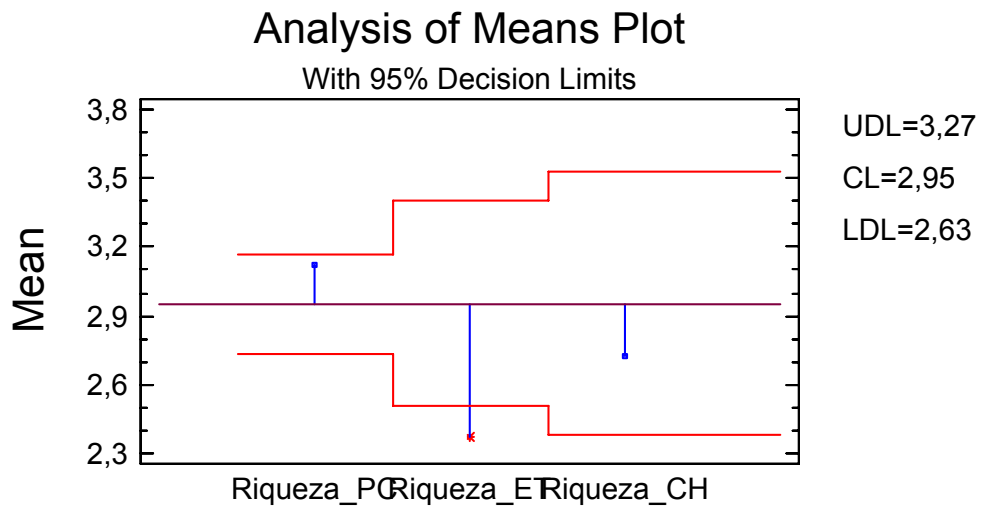


Figura 9. Gráfica de Análisis de Medias de Riquezas. PC: Provincia Costera, ET: Embalse de Tominé, CH: Ciénaga la Hermosa. UDL: Límite Superior. CL: Límite Central. LDL: Limite Inferior.

Tabla 2. Test de Múltiples Rangos. P.C: Provincia Costera, P.A: E.T: Embalse de Tominé, C.H: Ciénaga la Hermosa.

Test de Múltiples Rangos

Método: 95,0 por ciento LSD

Cuenta	Media	Grupos Homogéneos
Riqueza_ET	20	2,37288
Riqueza_CH	12	2,724
Riqueza_PC	84	3,12532

Contraste	Diferencia	+/- Límites
Riqueza_PC - Riqueza_ET	*0,752446	0,505416
Riqueza_PC - Riqueza_CH	0,401321	0,626892
Riqueza_ET - Riqueza_CH	-0,351125	0,741748

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

8.2.4.2. Índice de Dominancia de Kownacki

Los taxa con los valores más altos de Q y de dominancia para cada punto de comparación están indexados en las tablas correspondientes (Tabla 3, Tabla 4, Tabla 5). Los taxa dominantes para la P.C. en las dos épocas pluviométricas, estuvieron compuestos por cuatro órdenes, cinco familias y cinco géneros y/o morfoespecie: Basommatophora (HYDROBIIDAE), Podocopida (CYPRIDIDAE), Conchostraca (*Cyclestheria* sp.) y Coleoptera (*Hydrocanthus* sp.). Estos taxa pertenecen a tres grupos funcionales, Ra, CF y Om, los dos primeros dominantes para esta provincia (Tabla 3).

Tabla 3. Índice de Dominancia de Kownacki (Q) (Kownacki 1971 En: Paporello de Amsler 1987a) para los taxa colectados en la Provincia Costera.

TAXA	GRUPO FUNCIONAL	VALOR Q	DOMINANCIA
HYDROBIIDAE	Ra	1,363	4
CYPRIDIDAE	CF	1,310	4
<i>Cyclestheria</i> sp.	CF	1,258	4
PLANORBIIDAE	Ra	1,153	4
<i>Hydrocanthus</i> sp.	Om	0,996	4

En la C.H, la dominancia fue compartida por cinco órdenes, seis familias y nueve géneros: Veneroida (*Sphaerium* sp.), Diptera (*Labrundinia* sp., Thienemannimyia, *Asheum* sp., *Chaoborus* sp., *Chironomus* sp.), Cyclopoida (*Arctodiaptomus* sp.), Ephemeroptera (*Caenis* sp.) y Cladóceras (*Ceriodaphnia* sp.). Con respecto a los grupos funcionales, de los nueve géneros, dos son Re, dos Pr, dos CF y un Ra. Los tres primeros grupos, fueron los mas abundantes registrados para este sistema (Tabla 4).

Tabla 4. Índice de Dominancia de Kownacki (Q) (Kownacki 1971 En: Paporello de Amsler 1987a) para los taxa colectados en la Ciénaga la Hermosa

TAXA	GRUPO FUNCIONAL	VALOR Q	DOMINANCIA
<i>Sphaerium</i> sp.	Re	2,236	4
<i>Chironomus</i> sp.	CF	2,193	4
<i>Labrundinia</i> sp.	Pr	2,033	4
<i>Arctodiaptomus</i> sp.	Re	1,829	4
<i>Caenis</i> sp	Ra	1,829	4
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	CF	1,626	4
Thienemannimyia	Pr	1,423	4
<i>Asheum</i> sp	CF	1,220	4
<i>Chaoborus</i> sp.	Pr	1,220	4

Por ultimo, en el E.T, los taxa que obtuvieron los valores mas altos en el Índice de Dominancia de Kownacki pertenecen a siete órdenes, nueve familias y nueve géneros y/o morfotipos: Acarii (AcariMorfo1, *Hydrozetes* sp., Acari Morfo 2), Cyclopoida, Amphipoda (*Hyaella* sp.), Diptera (*Larsia* sp.), Bassomatophora (*Physa* sp.), Cladóceras (*Ilyocryptus* sp.). Se encontraron Pr, CF, Re y Ra dentro de esta lista de taxa, los dos primeros dominantes en el embalse.

Tabla 5. Índice de Dominancia de Kownacki (Q) (Kownacki 1971 En: Paporello de Amsler 1987a) para los taxa colectados en el Embalse de Tominé

TAXA	GRUPO FUNCIONAL	VALOR Q	DOMINANCIA
Acari sp1	Pr	2,500	4
<i>Hydrozetes</i> sp.	Pr	2,222	4
Cyclopoida	CF	1,944	4
<i>Hyalella</i> sp.	Re	1,944	4
Acari sp2	Pr	1,806	4
<i>Larsia</i> sp.	Pr	1,667	4
TUBIFICIDAE	Re	1,528	4
<i>Physa</i> sp.	Ra	1,389	4
<i>Ilyocryptus</i> sp.	CF	1,389	4

6.2.4.3. Índice de Sorensen

En el análisis de similitud de Sorensen se evidenció una clara diferencia en la composición de invertebrados en las dos provincias. La P.C. tiene una similitud de aproximadamente un 50% en su composición taxonómica en los dos muestreos realizados. Los sistemas andinos, pese a pertenecer a la misma Provincia Limnológica presentaron una baja similitud, de tan solo 7% (Figura 10).

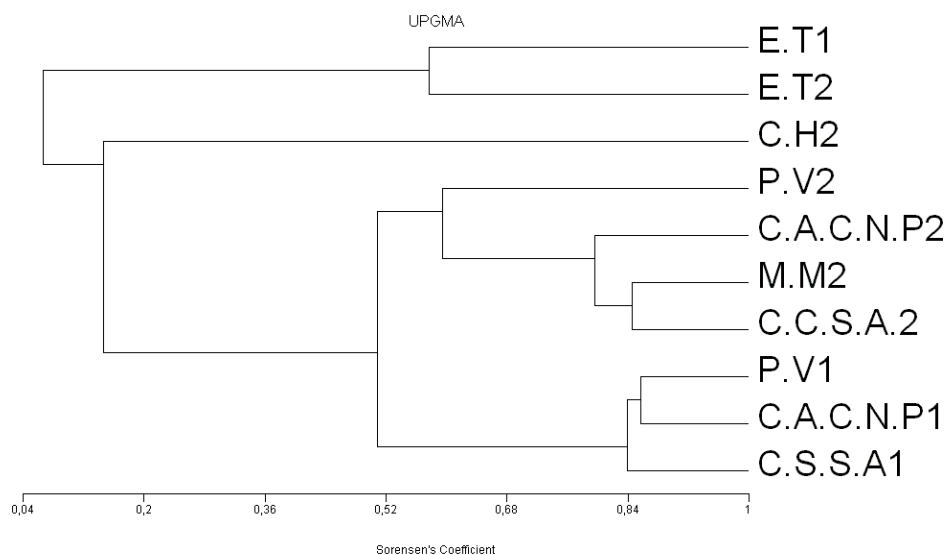


Figura 10. Análisis de Agrupamiento UPGMA, basado en el Coeficiente de Sorensen para los Macroinvertebrados colectados en las dos provincias Limnológicas. E.T: Embalse de Tominé, C.H: Ciénaga la Hermosa, P.V: Poza Verde, C.A.N.C.P: Caño Aguas Negras Complejo Pajarales, M.M: Ciénaga de Momil, C.C.S.A: Ciénaga Cerro de San Antonio, 1: Aguas Altas, 2: Aguas Bajas y/o en Transición.

6.2.5 Análisis de Correspondencia Sin Tendencia.

El análisis de Correspondencia demostró la disimilitud entre el E.T y las ciénagas costeras con un porcentaje máximo de explicación 54% en el eje 1 y 11% en el eje 2. La Densidad Total de Individuos, Densidad de Chironomidos, Densidad de Entomofauna, Densidad de Microcrustáceos y el grupo funcional CF determinaron el agrupamiento entre los sistemas costeros. De la misma forma, los otros grupos funcionales y las densidades de Otros Artrópodos e Invertebrados estuvieron cerca de la P.C. Por otra parte en la P.A, los parásitos caracterizaron al E.T, la C.H mantuvo valores neutros, sin embargo, los grupos funcionales Om, Re, Pr, y Ra indican que la C.H2 tiene tendencia hacia los sistemas pertenecientes a la P.C (Figura 11)

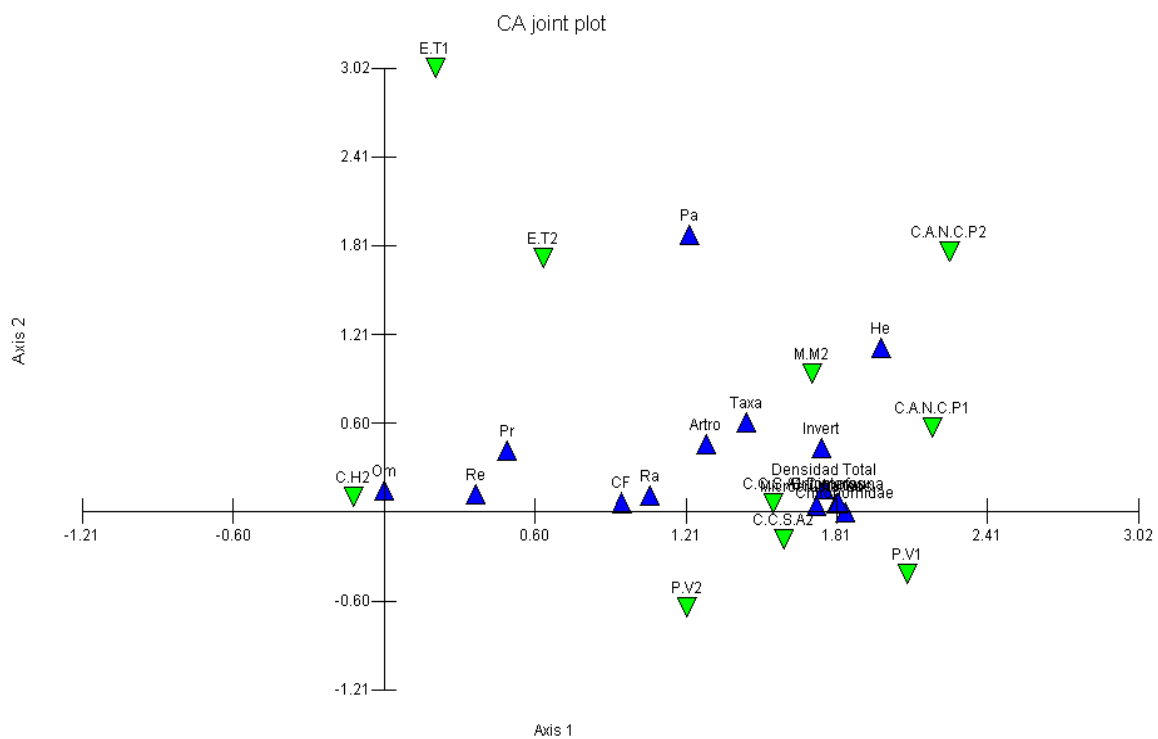


Figura 11. Análisis de Correspondencia sin tendencia Atributos biológicos vs Cuerpos de Agua. E.T: Embalse de Tominé, C.H: Ciénaga la Hermosa, P.V: Poza Verde, C.A.N.C.P: Caño Aguas Negras Complejo Pajarales, M.M: Ciénaga de Momil, C.C.S.A: Ciénaga Cerro de San Antonio, 1: Aguas Altas, 2: Aguas Bajas y/o en Transición. CF: Colectores filtradores, Pa: Parásitos, Re: Colectores de depósito, Ra: Raspadores, Om: Omnívoros, He: Herbívoros, Pr: Predadores. Arthro: Densidades de otros Artrópodos, Inverte: Densidades de otros Invertebrados.

6.2.6 Orden: Diptera, Familia: Chironomidae

El grupo en el que se realizó un mayor esfuerzo taxonómico fue la familia Chironomidae. Dentro del total de los seis cuerpos de agua, esta familia fue la más frecuente y mostro la mayor riqueza de especies (Anexo 1). En las muestras analizadas, se encontró un total de tres subfamilias, cinco tribus y 20 taxa inferiores, en su totalidad determinados al nivel de género, con excepción de la tribu Tanytarsini y la Subfamilia Orthoclaadiinae (Tabla 6).

Tabla 6. Cuadro Taxonómico Familia Chironomidae. : Géneros presentes en las dos provincias. : Géneros solo presentes en la P.C. : Géneros solo en P.A.

SUBFAMILIA	TRIBU	GÉNERO	GRUPO FUNCIONAL TRÓFICO
Tanypodinae	Pentaneurini	<i>Ablabesmyia</i> sp	Pr
		<i>Labrundinia</i> sp.	
		<i>Pentaneura</i> sp	
		<i>Larsia</i> sp	
	Macropelopiini	<i>Macropelopia</i> sp.	
	Thiennemanimyia	<i>Thiennemanimyia</i> sp.	
Chironominae	Chironomini	<i>Asheum</i> sp	Re
		<i>Chironomus</i> sp.	
		<i>Goeldichironomus</i> sp	
		<i>Parachironomus</i> sp.	
		<i>Cryptochironomus</i> sp	
		<i>Paralauterborniella</i> sp.	
		<i>Polypedilum</i> sp1.	
		<i>Polypedilum</i> sp. 2	
		<i>Pseudochironomus</i> sp	
	Tribelos sp		
	Tanytarsini	Tanytarsini	
<i>Tanytarsini rheotanytarsus</i>			
Orthoclaadiinae		Orthoclaadiinae	
		<i>Nanocladius</i> sp	

Las abundancias del Orden Díptera, así como también de la familia Chironomidae presentaron diferencias significativas a nivel de provincias (Kruskall-Wallis $K = 38,65$ y $p\text{-valor} < 0,001$, $K = 32,26$ y $p\text{-valor} < 0,001$, respectivamente). La P.C. presentó las mayores abundancias en los dos niveles taxonómicos y la mayor riqueza de especies, seguida por la C.H y por último el E.T (Tabla 6, Figura 12)

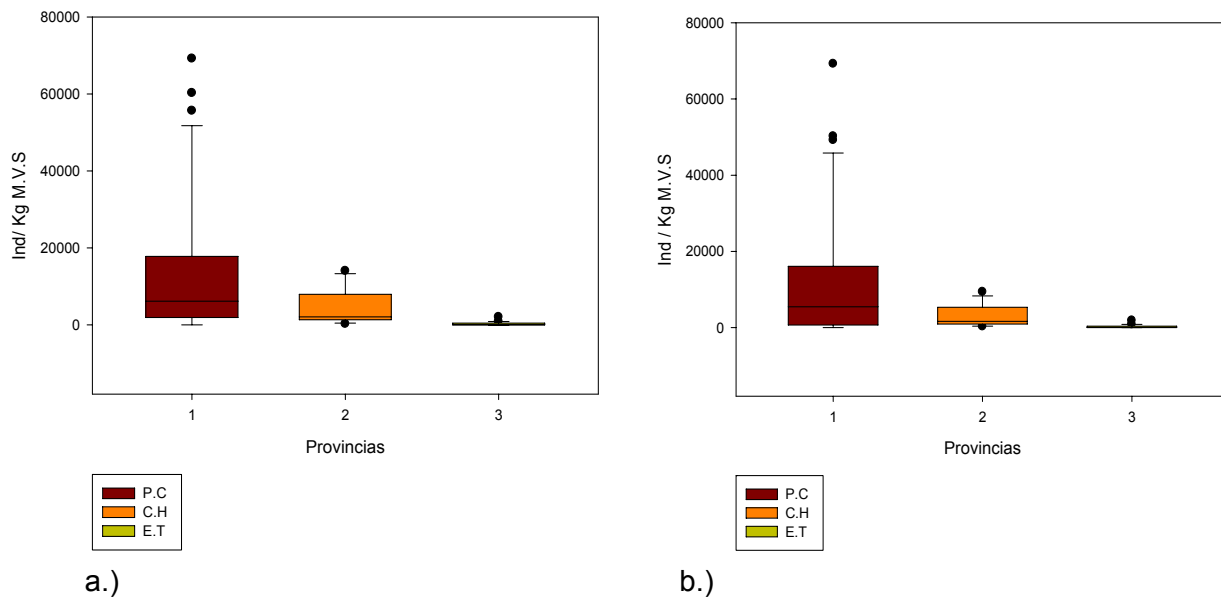


Figura 12. Densidades del Orden Diptera y Familia Chironomidae en las dos provincias Limnológicas. a.) Orden Diptera, b.) Familia Chironomidae. P.C: Provincia Costera, P.A: C.H: Ciénaga la Hermosa, E.T: Embalse de Tominé.

Según Merrit y Cummins (1996), las subfamilias de esta familia pertenecen a grupos funcionales distintos. Los Tanypodinos son depredadores, mientras que los Chironominos y Orthocladinos son Recolectores de Depósito. En los cuerpos de agua estudiados, estos grupos se encuentran en distintas proporciones (Figura 13). En la P.C, los Chironominae tienen una abundancia de casi un 90%, mientras que en la Provincia Andina, los Depredadores, aunque varían un poco en los porcentajes en los dos sistemas, son dominantes, con porcentajes que oscilan tan sólo de 89 – 92%.

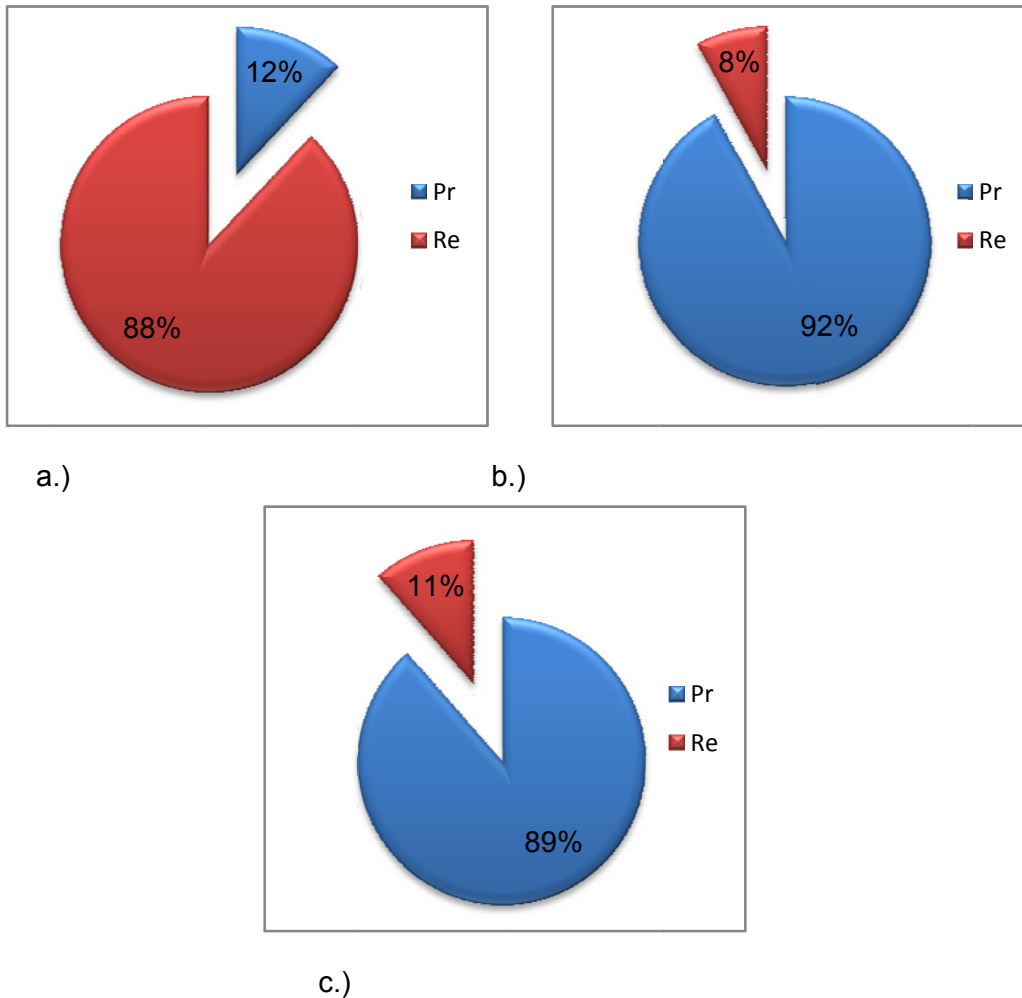


Figura 13. Composición Porcentual de Grupos Funcionales Familia Chironomidae en las diferentes provincias Limnológicas. a.) Provincia Costera, b.) Embalse de Tominé, c.) Ciénaga la Hermosa. Pr: Depredadores, Re: Recolectores de Depósito

6.2.6.1. Biomasa

La comparación entre las biomazas obtenidas en cada una de las provincias mostró que la P.C. tuvo la mayor biomasa de Chironomidos con un promedio de 95,9 mg/KgC M.V.S (Desv. Est. = 196,66). El E.T. presentó un promedio de 19,35 mg/KgC M.V.S (Desv. Est. = 29,54) y la C.H una media de 15,16 mg/KgC M.V.S (Desv. Est. = 17,47). No obstante, no hubo diferencias significativas en la biomasa registrada para las dos Provincias Limnológicas (Kruskall – Wallis, $K= 0,16$ y $p\text{-valor}= 0,91$). Este resultado es corroborado con el análisis de Bray-Curtis que

agrupó de forma indiscriminada los cuerpos de agua, sin diferenciar las zonas de estudio (Figura 14).

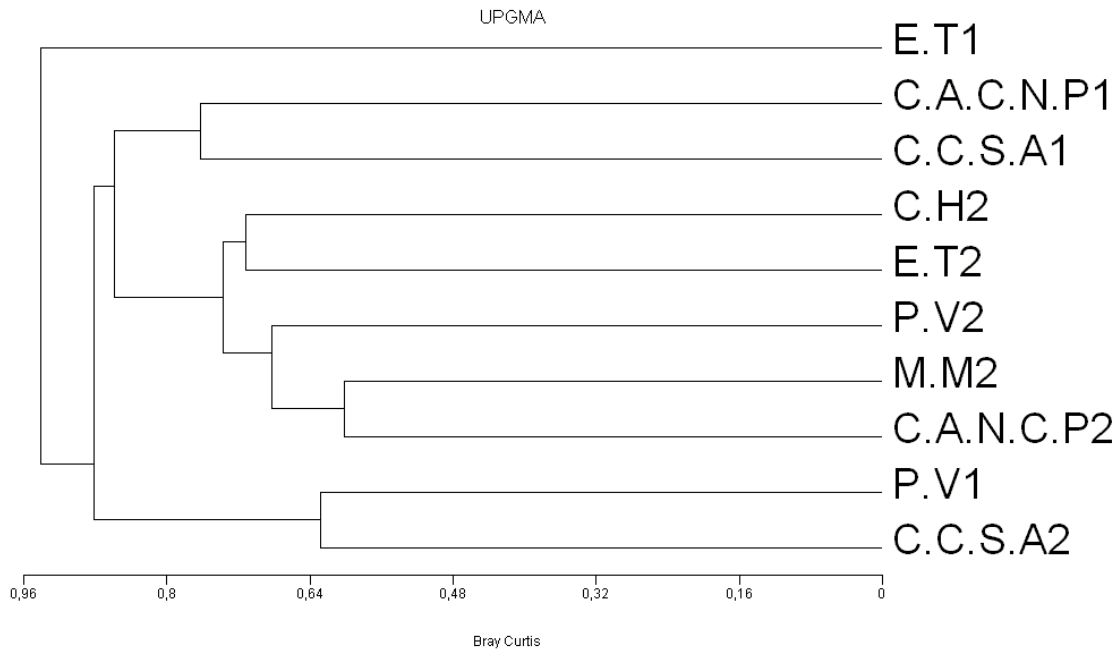


Figura 14. Análisis de Bray-Curtis basado en la biomasa de Chironomidos colectados en cada cuerpo de agua perteneciente a las provincias limnológicas. E.T: Embalse de Tominé, C.H: Ciénaga la Hermosa, P.V: Poza Verde, C.A.N.C.P: Caño Aguas Negras Complejo Pajarales. M.M: Ciénaga de Momil, C.C.S.A: Ciénaga Cerro de San Antonio, 1: Aguas Altas, 2: Aguas Bajas y/o en Transición.

6.3 INTERACCIÓN VARIABLES BIOLÓGICAS Y LIMNOLÓGICAS.

Todos los atributos biológicos guardaron una correlación de alto porcentaje con al menos uno de los parámetros físicos y químicos medidos (Tabla 7). El único valor negativo se obtuvo para la relación Número de Taxa vs Profundidad. La densidad de Chironomidae fue el atributo que mas correlaciones mostró, relacionado con la conductividad, pH, OD y Temperatura. El valor mas alto en el coeficiente de rangos de Spearman lo mostró la relación Densidad de Dípteros vs OD.

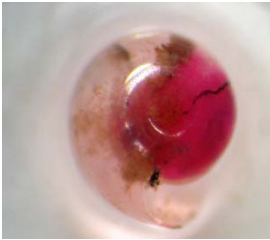
Tabla 7. Coeficiente de correlación de rangos de Spearman para cada uno de los atributos biológicos medidos y las variables limnológicas de los sistemas acuáticos
 : Valores con significancia estadística

VARIABLES BIOLÓGICAS	VARIABLES LIMNOLÓGICAS				
	Conduc.	pH	OD	Profundidad	T°
Número de Taxa	0,733	0,345	0,322	-0,699	0,079
Densidad Total	0,624	0,612	0,663	-0,407	0,782
Densidad de Dipteros	0,505	0,669	0,793	-0,287	0,784
Densidad de Chironomidae	0,699	0,681	0,701	-0,396	0,711

8.4. IMPORTANCIA ECOLÓGICA Y MÉDICA DE LOS MACROINVERTEBRADOS ASOCIADOS A *E. crassipes*.

Todos los organismos de un sistema hacen parte de la red trófica, por lo que tienen un rol y una importancia ecológica definida (Ricklefs 1998), sin embargo, en este documento solo se referenciaron aquellos macroinvertebrados que según la bibliografía consultada, son indicadores de condiciones tróficas de los sistemas y que representan riesgo para los seres humanos por ser reconocidos como vectores de enfermedades.




Tabla 8. Macroinvertebrados asociados a *E. crassipes* con importan ecológica y/o médica colectados en los seis cuerpos de agua pertenecientes a las dos provincias limnológicas estudiadas

GENERO	BIOLOGIA	IMPORTACIA ECOLOGICA Y/O MEDICA
 (Hermosilla-Bello 2008)	Gasteropodos de concha plana, comúnmente llamados “cuerno de Carnero”. Reconocida como la familia más amplia de los gasterópodos pulmonados, con especies presentes en todos los continentes y todas las Islas. Su concha es levógira (Thorp y Covich 2001).	Algunas especies de esta familia son propagadoras naturales o potenciales de la esquistosomiasis, parasitosis humana causada por el Trematodo <i>Schistosoma mansoni</i> . Según la OMS afecta entre 200 – 400 millones de personas en zonas tropicales.
PLANORBIDAE		



Continuación Tabla 8. Macroinvertebrados asociados a *E. crassipes* con importancia ecológica y/o médica colectados en los seis cuerpos de agua pertenecientes a las dos provincias limnológicas estudiadas

GENERO	BIOLOGIA	IMPORTANCIA ECOLOGICA Y/O MEDICA
 <p>(Herrera 2007)</p> <p>HYDROBIIDAE</p>	<p>Es una gran familia taxonómica, de tamaños pequeños que va de 5 a un máximo de 12 mm. Son de ambientes dulceacuícolas y marinos. Se reproducen por partenogénesis. Se encuentra ampliamente distribuido parte de Europa, África, Norte y Centro América, América del Sur (Thorp y Covich 2001).</p>	<p>Indicadores de alta presencia de materia orgánica, habitan en Manantiales, desaguaderos con escaso flujo de agua, etc. Se encuentran asociados en la mayoría de casos a vegetación.</p>
 <p>CYPRIDIDAE</p>	<p>Son de formas ovoides, algunos géneros presentan pigmentación. Los huevos poseen dos paredes de quitina impregnadas con carbonato de calcio evitando la desecación en condiciones adversas. Tienen reproducción sexual o asexual. Están en casi todos los ambientes acuícolas (Thorp y Covich 2001).</p>	<p>Requieren para vivir y reproducirse de condiciones particulares del substrato, hábitat, buena oxigenación, de alimento. Su densidad esta dada en función de la presencia o ausencia, e incluso de la densidad de la población vegetal. Susceptibles a pH bajos. Amplios rangos de salinidad.</p>
 <p>Cyclestheria sp.</p>	<p>Son branchiopodos. Posee patas nadadoras (10 – 32 pares), caparazón que cubre el cuerpo. Ojos compuestos. Miden entre 2 – 16 mm. Presentan líneas de crecimiento en su caparazón. Cuerpo comprimido lateralmente (Thorp y Covich 2001).</p>	<p>Habitan desde charcos temporales hasta en sistemas leníticos, en condiciones adversas producen huevos resistentes. Poseen cierta tolerancia a la conductividad, a pesar de ser dulceacuícolas. Se encuentran asociados a macrófitas acuáticas (Roessler 1991).</p>

Continuación Tabla 8. Macroinvertebrados asociados a *E. crassipes* con importancia ecológica y/o médica colectados en los seis cuerpos de agua pertenecientes a las dos provincias limnológicas estudiadas

GENERO	BIOLOGIA	IMPORTANCIA ECOLOGICA Y/O MEDICA
 <p>(Hermosilla-Bello 2008)</p> <p><i>Hyalella</i> sp.</p>	<p>Organismos en su mayoría marinos, pero existen dentro del grupo familias de agua dulce dentro de estas se encuentra Hyalellidae. El cuerpo de los amphípodos se caracteriza por ser comprimido lateralmente, sus ojos compuestos son sésiles. Carecen de caparazón, sin embargo el primer segmento y a veces el segundo suele estar fusionado con la cabeza. Su tamaño oscila entre 5 – 15mm. Se alimentan de detritus y materia orgánica en descomposición.</p>	<p>Son un componente importante en las comunidades bentónicas de sistemas marinos y dulceacuícolas de todo el mundo (Thorp y Covich 2001), viven asociados a macrófitas, algas y sustratos duros (Poi de Neiff 1992). Facilitan el flujo de energía por la transformación de la energía de epífitas y detritos en material orgánico particulado y biomasa para micro y macro consumidores, además de ser organismos de alta tolerancia ambiental (Wen 1992).</p>
 <p>(Herrera 2007)</p> <p><i>Hydrocanthus</i> sp.</p>	<p>Coleoptero de pequeña talla > 4mm, forma hidrodinámica, escutelo no expuesto, y suele ser confundido y clasificado como Dytiscidae.</p>	<p>Su distribución se ha correlacionado con la estructura de la vegetación, la fisiografía y el tipo de suelo (Whiteman y Sites 2003), encontrándose en todos sus estadios en el medio acuático asociado a macrófitas.</p>
 <p><i>Mansonia</i> sp.</p>	<p>Cabeza esclerotizada, redondeada y claramente separada de tórax, labrum con un “cepillo” de cerdas, segmentos torácicos fusionados, propatas ausentes, posee 8 segmentos abdominales y presenta un sifón respiratorio. Tiene un tamaño de 4 a 18 mm.</p>	<p>A nivel sanitario este Díptero es considerado de alta importancia por ser hospedador del trematodo <i>Esquistosoma mansoni</i> transmisor de la esquistosomiasis, enfermedad tropical que se ha propagado extensamente desde África hasta</p>

Continuación Tabla 8. Macroinvertebrados asociados a *E. crassipes* con importancia ecológica y/o médica colectados en los seis cuerpos de agua pertenecientes a las dos provincias limnológicas estudiada

GENERO	BIOLOGIA	IMPORTANCIA ECOLOGICA Y/O MEDICA
 <p>CHIRONOMIDAE <i>Chironomus sp.</i></p>	<p>Organismos vermiformes, tamaño que oscila entre 2 – 10mm. Sus larvas presentan propatas torácicas. Es una de las familias con mayor riqueza de géneros y especies, presentes en sistemas ricos en oxígeno y anóxicos (Wen 1992). Es una de las familias con amplia distribución y tolerancia a altas concentraciones de Materia orgánica (Merritt y Cummins 1996 y, Trivinho-Strixino y Strixino 1995).</p>	<p>Son indicadores de sitios con alta carga orgánica, ya que sus abundancias predominan en ambientes con estas características.</p> <p>Son pieza importante de la red trófica, haciendo parte fundamental de la dieta de peces y aves acuáticas.</p>
 <p><i>Aedes sp.</i></p>	<p>Cabeza esclerotizada, redondeada y claramente separada de tórax, labrum con un “cepillo” de cerdas, segmentos torácicos fusionados, propatas ausentes, posee 8 segmentos abdominales y presenta un sifón respiratorio. Tiene un tamaño de 4 a 18 mm.</p>	<p>Originario de África, introducido por el hombre en los diferentes medios de transporte. La fase larval es el período de mayor alimentación y crecimiento, su alimento se basa en materia orgánica sumergida, acumulada en macrófitas o acumulado en las paredes de recipiente donde se crían. A nivel sanitario este genero ha sido catalogado como un problema de salubridad dado que dentro de las especies más representativas se encuentra <i>A. aegypti</i> trasmisor de Dengue tipo A o clásico y Dengue Hemorrágico.</p>

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1. VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS PROVINCIAS LIMNOLÓGICAS

Las variables físicas y químicas en los sistemas cenagosos estudiados mostraron un comportamiento típico de éstos, donde los nutrientes y la carga de sólidos dependen en gran proporción del sistema que los inunda (Wantzen y Junk 2004).

Las ciénagas ubicadas cerca a la costa registraron valores mas altos en algunas de las variables tales como conductividad, pH y oxígeno (Figura 3), en comparación con la Ciénaga perteneciente a la Provincia Andina, esto, debido a la alta cantidad de nutrientes que reciben estos sistemas al ubicarse en los deltas de los ríos Magdalena y Sinú, aunado a la intrusión de agua salina proveniente del mar Caribe a causa de los vientos, que afecta a los sistemas C.A.N.C.P y P.V, presencia de terrazas marinas y procesos de resuspensión de materia orgánica por sus bajas profundidades (INVEMAR 2002). La C.H obtuvo valores cercanos a los presentados en las ciénagas costeras, sin embargo, la altitud en la que se encuentra y su ubicación en el tramo del río influyeron para que el pH, conductividad, OD y la Temperatura se diferenciaron (Figura 3).

Dado su origen antrópico, el E.T es el sistema limnológico con características mas disimiles al resto de sistemas acuáticos muestreados (Figura 3). Su afluente principal, el Río Tominé, llega con altas cargas de nutrientes y materia orgánica, que inciden en las bajas concentraciones de oxígeno registradas (3 mg/L), con una saturación de oxígeno aproximada al 30% (Rodríguez *et al.* 2008a). En cuanto a la conductividad, comparando con los sistemas más dulceacuícolas de la P.C (C.C.S.A y M.M), los valores obtenidos no fueron tan altos ya que la capacidad de carga del Río Tominé no es comparable con la del Río Magdalena y Sinú (Ramírez y Viña 1998, Allan 1995).

7.2. CARACTERISTICAS DE LOS ENSAMBLES DE MACROINVERTEBRADOS EN LAS DIFERENTES PROVINCIAS LIMNOLÓGICAS

Según Junk (1977), la distribución de los Macroinvertebrados asociados a macrófitas esta dada por dos factores: la bioarquitectura de las raíces y las variables limnológicas de los sistemas acuáticos. Las raíces de *E. crassipes* que se encontraron en el E.T, fueron bastante densas y largas, con longitudes máximas de 1,50 m, caso contrario a las colectadas en la P.C, donde la longitud no sobrepasó los 80 cm (Anexo 2). Según McAbendroth *et al.* (2005), podría inferirse que gracias a estas características, las raíces de *E. crassipes* colectadas dentro del Embalse generan un hábitat complejo y heterogéneo, en consecuencia, el número de especies que colonizan este ambiente debería ser mayor en comparación con los sistemas costeros. Sin embargo, el E.T es el sistema con menos taxa registrados (Valor máximo = 30, Aguas Bajas), colocando entre dicho lo anteriormente mencionado e indicando que la distribución de los taxa obedeció a las variables limnológicas propias de cada sistema, debido a la ubicación geográfica de los mismos.

La P.C. registró los valores más altos de riqueza (Figura 8), numero de taxa superiores, géneros y morfoespecies, además de altos valores de densidad de organismos (Figura 6), incluyendo los órdenes más abundantes (Tabla 2). Este patrón presente en los sistemas costeros se debería a su alta productividad (INVERMAR 2006), dado el aporte significativo de materia orgánica y nutrientes que ingresa como consecuencia de la dinámica de los pulsos de inundación, escorrentía e ingresos de aguas servidas por las poblaciones adyacentes, aunado a la alta intensidad lumínica de la zona (Ruíz 1999), favoreciendo de esta manera la producción primaria. Esta condición genera una oferta de alimento apreciable para organismos de diferentes niveles tróficos y promueve la diversidad biótica (INVEMAR 2002 y 2006). Cabe resaltar que los afluentes que alimentan a las ciénagas, además de aportar carga orgánica, traen consigo organismos que son transportados por deriva y que encuentran en las raíces del buchón un refugio

óptimo, convirtiéndose en otra fuente de riqueza biótica para estos sistemas (Herrera 2007, Gómez 2008).

El E.T, por otra parte, fue el sistema que obtuvo los valores más bajos en el total de atributos biológicos medidos y calculados, siendo el ambiente más disímil del los seis cuerpos de agua estudiados (Figuras 7, 9, 10 y 11). Esto se explicaría ya que pese a que el embalse recibe las cargas del río Tominé, no existe una incorporación de los nutrientes en la red trófica de manera favorable (Rodríguez *et al.* 2008b), esto se evidencia por la presencia de la macrófita carnívora *Utricularia* spp. entrelazada en las raíces del buchón e indicadora de ambientes pobres en nitrógeno (Guisande *et al.* 2007). Así mismo, los bajos niveles de oxígeno registrados para el Embalse influyeron también en las bajas densidades y riqueza de especies colectadas en el sistema, este comportamiento es corroborado por otros autores, que encontraron en el oxígeno un factor limitante para la distribución de los organismos asociados a *E. crassipes* (Bailey y Litterick 1993 y Masifwa *et al.* 2001).

Los atributos biológicos de la C.H. presentaron similitud con los encontrados en la P.C. (Figuras 9 y 10, Tabla 3), corroborado con el análisis de correspondencia sin tendencia (DCA) el cual evidenció este patrón, mostrando cómo algunos de estos atributos aproximaron la C.H a los sistemas costeros (Figura 11). Esto puede explicarse por las dinámicas similares que poseen las ciénagas con los pulsos de inundación (Wantzen y Junk 2004), sin embargo, las diferencias en composición y estructura de los macroinvertebrados entre los sistemas cenagosos se debió a un factor aún no considerado en los estudios referenciados, dicho factor es la altitud. Según Jones *et al.* (2003), este parámetro limita la distribución de las especies, y tiene una relación inversa con la riqueza.

En cuanto a los grupos funcionales tróficos registrados en el presente estudio, se consideró la capacidad de retención de materia orgánica por parte de las raíces de *E. crassipes*, que alcanza a acumular entre 200 y 500 gramos por 100 gramos de

peso seco de raíz (Poi de Neiff *et al* 1994), y proporciona una oferta de alimento importante para una variedad de organismos que se alimentan de detritos. Esto explica la alta densidad de individuos pertenecientes al grupo funcional CF en las ciénagas costeras y la C.H (Figura 5a y 5c). En el E.T. las condiciones varían, la dominancia esta dada por los Pr y Pa (Figura 5b), indicando que la filtración del material suspendido y detritos en este ambiente, no es llevado a cabo por los macroinvertebrados sino por la comunidad zooplanctónica no mayor de 230 μ m. La distribución de los grandes grupos en cada una de las provincias obedeció a lo anteriormente mencionado, siendo los microcrustáceos el grupo dominante en la P.C, disminuyendo su densidad y reemplazándose por Otros Artrópodos y Otros Invertebrados a medida que la altura de los sistemas aumentan (Figura 7)

7.3. ORDEN: DIPTERA, FAMILIA: CHIRONOMIDAE

La familia Chironomidae es considerada como una de las más tolerantes del medio acuático, permitiéndole un amplio rango de distribución y encontrándose en ambientes con características muy variables, como las que poseen los sistemas que se muestrearon en el presente estudio (Merrit y Cummins 1996 y, Trivinho-Strixino y Strixino 1995). La P.C obtuvo los valores más altos en densidad de individuos pertenecientes a esta familia, sin embargo, los valores registrados en la biomasa, mostraron que la producción de ésta no difiere significativamente de una provincia a otra (Figura 13). Esta tendencia se debe a los roles tróficos que desempeñan las especies abundantes en cada provincia. Las tallas encontradas en los muestreos para los organismos Re fueron menores a las registradas para los Pr, esto puede deberse a la acumulación diferencial de energía entre estos dos grupos funcionales (Ricklefs 1998)

7.4 COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FAUNÍSTICA CON OTROS AUTORES.

A causa de las diferencias significativas en la composición de macroinvertebrados en las dos provincias limnológicas, la comparación con otros estudios se hizo de manera separada, tomando como criterio la altitud de los sistemas. Los datos de

la P.C se compararon con tres estudios realizados en diferentes zonas geográficas (Ver revisión bibliográfica) y ubicados a altitudes de 0 a 450 metros (Anexo 3). Herrera (2007) y Gómez (2008) referencian que la fauna colectada en la Provincia Costera tiene una similitud a nivel de familias de hasta un 40% con la colectada en Sudán (Bailey y Litterick 1993) ubicada a una altura de 447m, 50% con la colectada en los ambientes estuarinos de México (Rocha *et al.* 2006), y una mayor concordancia con el estudio mas cercano geográficamente, en el río Paraná (Poi de Neiff y Neiff 2006), con un porcentaje de 84% de familias compartidas. Cabe resaltar que dos de los tres estudios fueron desarrollados en planos de inundación de grandes ríos.

En el caso de la Provincia Andina, la fauna colectada se contrastó con la registrada por Peiró y Alves (2004) en una represa de Brasil a una altura de 622m. Hasta el momento, este es uno de los pocos estudios publicados recientes de macroinvertebrados asociados a *E. crassipes* desarrollado a una altura comparable con los sistemas andinos y que tiene disponible un listado taxonómico. No obstante, este trabajo reporta exclusivamente entomofauna y el esfuerzo taxonómico que se efectuó llegó a nivel de familias.

La fauna colectada en los dos sistemas tuvo un grado de similitud considerable a pesar de las condiciones de cada trabajo. El porcentaje de familias comunes alcanzó un valor de 45%, y entre las familias mas abundantes registradas por Peiró y Alves se encontraron Chironomidae (Chironominae, Tanypodinae y Orthocladiinae), Hydrophilidae y Caenidae, similar a la Provincia Andina, donde se los valores mas altos en abundancia de la entomofauna lo reportaron las familias Chironomidae (Tanypodinae y Chironominae), Caenidae y Chaoboridae. Sin embargo, los grupos funcionales tróficos dominantes registrados para la represa de Riberaios dos Anhumas fueron CF y Pr, en contraste con la Provincia Andina que fueron Pr y Re, esto debe ser resultado de la omisión de otros invertebrados en el estudio brasilero (Anexo 4).

7.5 RELACIÓN ENTRE MACROINVERTEBRADOS Y LAS VARIABLES LIMNOLÓGICAS

Los valores de coeficiente de Spearman para las correlaciones entre los distintos atributos fueron altos, corroborando la influencia de los parámetros físicos y químicos sobre la composición y estructura de los ensambles de macroinvertebrados colectados en los seis cuerpos de agua. Dado los altos valores obtenidos en los atributos biológicos para la P.C, era de esperarse que las correlaciones favorecieran las características limnológicas de estos ambientes, por eso, los valores positivos con el OD, la Temperatura, el pH y la conductividad. Estos resultados difieren con los encontrados por Rocha *et al.* (2006) y Herrera (2007), donde la relación entre Número de Taxa vs Conductividad es inversa, sin embargo, los rangos de conductividad manejados en estos estudios fueron estrechos y altos, por lo que obtuvieron respuestas biológicas distintas a las obtenidas en este estudio.

8. CONCLUSIONES

La composición taxonómica y trófica de macroinvertebrados asociados a las raíces de *E. crassipes* variaron de manera significativa en las dos provincias limnológicas en relación a los parámetros físicos y químicos inherentes a los sistemas muestreados, y a la altitud, un factor no considerado *a priori* en el estudio, demostrando que los sistemas de tierras bajas, dada su heterogeneidad, son propicios a tener mayor diversidad biótica que los que se encuentran a mayores alturas.

Los muestreos realizados en seis cuerpos de agua ubicados en diferentes zonas geográficas y con distintas condiciones limnológicas, demostraron que las raíces de *E. crassipes* proporcionan un hábitat deseado por organismos pertenecientes a un amplio número de taxa superiores e inferiores, que cumplen diferentes roles tróficos y que hacen parte de la red trófica de todo el sistema acuático. Esta fauna incluye organismos como Chironomidos, Amphipodos, Ostrácodos e Hidrobiidos

que son indicadores de materia orgánica (Barbour *et al.* 1999) y vectores de enfermedades tales como Esquitosomiasis (Planorbidae y *Mansonia* sp.), Dengue Tipo A o Clásico y Dengue Hemorrágico (*Aedes* sp.), sin embargo, también se han reportado familias cuyos géneros son controladores de estos vectores (Herrera 2007).

9. RECOMENDACIONES

Realizar muestreos de macroinvertebrados asociados a las raíces del buchón en períodos de transición entre épocas pluviométricas en los sistemas Andinos, con el fin de observar si se encuentran organismos en diferentes estadíos de su ciclo de vida y así, poder evaluar el grado de asociación de esta fauna con la macrófita.

Incluir en los muestreos de macroinvertebrados, colectas de zooplancton y fitoplancton, y obtener relaciones de biomasa y/o productividad de cada uno de estos componentes, esto permitiría esclarecer la dinámica del flujo de energía que se da en las cadenas tróficas que se perpetúan en este subsistema.

Investigar de manera mas precisa los macroinvertebrados vectores de enfermedades que viven asociados a las raíces del buchón, su biología y ecología, con el objeto de poder sugerir un manejo de estas poblaciones e impedir que se conviertan en un factor de riesgo para los asentamientos humanos aledaños a los sistemas muestreados.

BIBLIOGRAFÍA

- Allan, J. 1995. Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters. London: Chapman and Hall.
- Bailey, R., Litterick, M. 1993. The macroinvertebrate fauna of water hyacinth fringe in the sudd swamps (River Nile, Southern Sudan). *Hydrobiologia* 250:97- 103 p.
- Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder, and J.B. Stribling. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- Blanco-Belmonte L, Neiff J.J, Poi de Neiff, A. 1998. Invertebrate fauna associated with floating macrophytes in the floodplain lakes of the Orinoco (Venezuela) and Paraná (Argentina). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 2030 – 2034 p.
- Bolívar, A., Rueda-Delgado, G. 2002. Manual de métodos en Limnología. Asociación Colombiana de Limnología, ACL – Limnos. Bogotá. 76 p.
- Brinkhurst R, Marchese M. 1989. Guía para la identificación de Oligoquetos acuáticos continentales de Sud y Centroamérica. Asociación Ciencias Naturales del Litoral (Colección Climax). Santa Fe, Argentina. 207 p.
- Cressa, C. 1999. Dry mass estimates of some tropical aquatic insects. *Revista de Biología Tropical.* 47: 1-2.
- Dioni, W. 1967. Investigación preliminar de la estructura básica de las asociaciones de la micro y mesofauna de las raíces de las plantas flotantes. *Acta Zool. Lilloana* 23: 111-138p.
- Domínguez, E., Molineri, C., Pescador, M.L., Hubbard, M. D., Nieto, C. 2006. Ephemeroptera of South América. Aquatic Biodiversity in Latin América Series Editors: Joachim Adis, Jorge R.Arias, Guillermo Rueda-Delgado y Karl Matthias Wantzen. Pensoft Publishers. Geo Milev Str.13a, Sofia 1111, Bulgaria. www.pensoft.net ISSN 1312-0174. 642 p.
- Donato, J. 1991. Los sistemas acuáticos de Colombia: Síntesis y Revisión. *Cuad. Divul. N°4. U. Javeriana.* 4:1-8.

- Fernández, H., Domínguez, E. 2001. Guía para la Determinación de los Artrópodos Bentónicos Sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto de M. Lillo. Argentina. 282 p.
- Gómez, J. 2008. Variación Espaciotemporal de Macroinvertebrados Asociados a las Raíces de *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms- Laubach 1883, en tres Ciénagas del Caribe Colombiano. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo Marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano. 85 p.
- Guisande, C. 2006. Tratamiento de Datos. Ediciones Díaz de Santos. Universidad De Vigo. España. 356 p
- Guisande, C., Granado-Lorencio, C., Sosa, C., Duque, S. 2007. Bladderworts, Functional Plant Science and Biotechnology. Global Science Books. 1:58-68
- Herrera, E. 2007. Macroinvertebrados Asociados a las raíces de *Eichhornia crassipes* (mart) solms- laubach 1883, en Ecosistemas Cenagosos del Caribe Colombiano. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo con Énfasis en Recursos Hídricos. Universidad del Magdalena. Santa Marta. 85 p.
- IDEAM. 1998. Morfología, población y amenazas naturales en el litoral Caribe Colombiano (Valle del Sinú – Morrosquillo – Canal del Dique). Inst. de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Min. Medio Ambiente, Bogotá. 70 p.
- INVEMAR, 2002. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de recursos pesqueros durante la rehabilitación de la C.G.S.M: Un enfoque de manejo adaptativo. Informe técnico final, 1999 – 2002. MMA – BID- INVEMAR. Santa Marta, Colombia. 252 p.
- _____. 2006. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de recursos pesqueros durante la rehabilitación de la C.G.S.M: Un enfoque de manejo adaptativo. Informe técnico final. MMA – BID- INVEMAR. Santa Marta, Colombia. 111 p.
- Jones, J., Li, W., Maberly, S. 2003. Area, altitude and aquatic plant diversity ECOGRAPHY 26: 411–420
- Junk, W. J., 1977. The invertebrate fauna of the floating vegetation of Bung Borapet, a reservoir in Central Thailand. Hydrobiología 53: 229 – 238 p.

- Junk, W., Howard, W., 1984. Ecology of aquatic macrophytes in Amazonia, The Amazon Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht pp. 269-293.
- Klemm, D., Lewis, Philip A., Fulk, F. 1990. Macroinvertebrate field and Laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. EPA.
- Malik, A. 2007. Environmental Challenge Vis a Vis Opportunity: The Case Of Water Hyacinth. Environment International 33:122–138 p
- McCafferty, W., Provonsha, A. 1981. Aquatic Entomology. The Fishermen's and Ecologist' Illustrated Guide to Insects and Their Relatives. Science Books International. Boston, Massachusetts. 448 p.
- Masifwa W., Twongo T., Denny P., 2001. The impact of water hyacinth. *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms on the abundance and diversity of aquatic macroinvertebrates along the shores of northern Lake Victoria, Uganda. Hydrobiologia 452:79–88
- McAbendroth, L., Ramsay, P., Foggo, A., Rundle S., Bilton, D. 2005. Does macrophyte fractal complexity drive invertebrate diversity, biomass and body size distributions?. OIKOS. 111: 279-290
- Merrit, R., Cummins, K. 1996. An Introduction to the Aquatic Insect of North America. Third Edition. Kendall/ Hunt publishing Company.
- Mitchell, D., Thomas P. 1972. Ecology of Water Weeds in the Neotropics. UNESCO, Paris, France.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la Biodiversidad Edicion CYTED. Zaragoza – España. 86 p.
- Paporello de Amsler G (1987a) Fauna asociada a las raíces de *Eichhornia crassipes* en cauces secundarios y tributarios del Río Paraná en el tramo Goya-Diamante. Rev Asocc Cien Nat Litoral 18:37–50
- _____. (1987b). Fauna asociada a las raíces de *Eichhornia crassipes* en una laguna del Valle Aluvial del Río Paraná “Los Matadores” Santa Fe, Argentina. Rev Asocc Cien Nat Litoral 18: (1) 93-103

- Peiró, D., Alves, R. 2004. Levantamento Preliminar da Entomofauna Associada a Macrófitas Aquáticas da região Litoral de Ambientes Lenticos. Revista UNIARA. 15:177-188
- Pennak, R. 1989. Fresh invertebrates of the United States. Third Edition. United States. 628 p.
- Poi de Neiff, A., J.J. Neiff. 1980. Los camalotes de *Eichhornia crassipes* en aguas lólicas del Paraná y su fauna asociada. Ecosur 7: 185-199.
- Poi de Neiff, A. 1992. Invertebrados asociados a los macrófitos sumergidos de los esteros del Iberá (Corrientes, Argentina) *Ambiente Subtropical* 2: 45-63.
- Poi de Neiff A, Carignan R. 1997. Macroinvertebrates on *Eichhornia crassipes* roots in two lakes of the Paraná River floodplain. *Hydrobiology*. 345: 185-196.
- Poi de Neiff A, Neiff JJ, Orfeo O, Carignan R. 1994. Quantitative importance of particulate matter retention by roots of *E. crassipes* in Paraná floodplain. *Aquat. Bot.* 47: 213-223.
- Poi de Neiff A., Neiff J.J. 2006. Riqueza de especies y similaridad de los invertebrados que viven en plantas flotantes de la planicie de inundación del río paraná (argentina). *Interciencia*. Vol. 31(3) 220 – 225 p.
- Ramírez, A., Viña, G. 1998. *Limnología Colombiana*. Editorial Panamericana. Colombia. 293 p.
- Ricklefs, R. 1998. *Invitación a la Ecología, La economía de la Naturaleza*. Editorial Médica Panamericana. Cuarta Edición. Madrid, España.
- Rupert, E., Barnes, R. 1996, *Zoología de los invertebrados*. Interamericana. Quinta edición. México D.F. 1140 p.
- Rocha, A., Ramírez, A., 2006. Invertebrate assemblages with root masses of *Eichhornia crassipes* (Mart). *Solms – Laubach 1883 in the Alvarado Lagoonal System, Veracruz, Mexico*. *Aquat Ecology*. Original Paper.
- Rocha A, Roman, C., Cházaro, O. 2002. Population biology of *Anopsilana* *oaxaca* Carvacho and Haasmann, 1984 (Isopoda: Cirolanidae) of the Pacific coast of Mexico. *Crustaceana* 75:97–109.
- Rodríguez, M., Ruíz, E., Rueda-Delgado, G., Rodríguez, M. 2008a. Estudios Limnológicos destinados al Monitoreo Ambiental y análisis del efecto sobre el

medio acuático de la erradicación de buchón de agua en el embalse de Tominé. Primer Informe. Universidad de los Andes. Bogotá. 107 p

- _____ 2008b. Estudios Limnológicos destinados al Monitoreo Ambiental y análisis del efecto sobre el medio acuático de la erradicación de buchón de agua en el embalse de Tominé. Segundo Informe. Universidad de los Andes. Bogotá. 62 p.
- Roessler, E. 1991. Estudios sobre los "Entomostráceos" de Colombia. V. *Limnadia orinoquinensis*, una nueva especie de la familia Limnadiidae Sars, 1896 (Arthropoda, Crustacea, Conchostraca). *Caldasia* 16:377-386.
- Roldán, G., Álvarez L., Arango M., Gómez, M. 2002. Implementación de sistema de tratamiento de aguas residuales industriales empleando filtros biológicos.
- Ruíz, D. 1999. Variación Cualitativa y Cuantitativa del Fitoplancton en las Ciénagas del Delta Exterior Oriental del Río Magdalena y su relación con la reapertura del Canal El Clarín. Tesis de grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Thorp, J., Covich, A., 2001. Ecology and classification of North American freshwater Invertebrates. 2 nd Edition. Academic Press, New York, 1056 p.
- Trivinho-Strixino S., Strixino G .1995. Larvas de Chironomidae (Diptera) do estado de São Paulo: guia de identificação e diagnose dos gêneros. Univ. Federal de São Carlos. São Carlos, Brasil. 229 p.
- Viljoen A., Cyrus D., Weneperv, V., 2001. Comparison of the density and species composition of aquatic invertebrates found between the roots of *Eichhornia crassipes* plants from two coastal lakes in northern KwaZulu-Natal. Africa *Aqua Sci* 26:57–66
- Whiteman, N., Sites, R. 2003. Lentic beetles of the Missouri prairie region: habitat and regional associations, with keys to the Hydradephaga. *Transactions of the American Entomological Society* 129: 185-243.
- Wen, Y. 1992. Life history and production of *Hyaella azteca* (Crustacea: Amphipoda) in a hypereutrophic prairie pond in southern Alberta. *Can. J. Zool.* 70: 1417-1424.

- Wantzen, K., Junk, W., 2004. The Flood Pulse Concept: New Aspects, Approaches and Applications - An Update. 117-140 p.
- Zar, H. 1984. Biostatistical Analysis. Second edition. Prentice – Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 718 p.

ANEXOS

Anexo 1. Cuadro Taxonómico de Macroinvertebrados Asociados a las raíces de *E. crassipes* colectados en las provincias limnológicas estudiadas

PHYLUM	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO O MORFO
PLATELMINTA	TRICLADIDA	PLANARIIDAE	<i>Dugesia</i> sp.
NEMATODA	GORDEA	NEM1	sp. 1
		NEM2	sp. 2
		GORDIIDAE	sp.1
MOLLUSCA	VENEROIDA	SPHAERIIDE	<i>Sphaerium</i> sp.
	BASOMMATOPHORA	VALVATIDE	<i>Valvata</i> sp
		PHYSIDAE	<i>Physa</i> sp
			<i>Physurella</i> sp.
		THIARIIDAE	<i>Melanoides</i> sp.
			<i>Thiara</i> sp.
		LYMNAEIDAE	sp. 1
		HIDROBIIDAE	sp. 1
		AMPULLARIDAE	sp. 1
	PLANORBIDAE	sp. 1	
	ANCYLIDAE	<i>Hebetancylus</i> sp	
ANNELIDA	TUBIFIDA	NAIDIDAE	<i>Dero</i> sp.
			sp. 1
		TUBIFICIDAE	sp. 1
			<i>Spirosperma</i> sp
	RYNCHOBDELLIDA	ENCHYTRAIIDAE	sp. 1
		ENCHYTRAIIDAE	sp. 2
		LOMBRICULIDAE	sp. 1
		GLOSSIPHONIDAE	<i>Placobdella</i> sp.
		PISCICOLIDAE	<i>Myzobdella</i> sp.
ARTHROPODA	PODOCOPIDA	CYPRIDIDAE	sp. 1
	CONCHOSTRACA	LIMNOCYTHERIIDAE	sp. 1
		CYCLESTHERIIDAE	<i>Cyclestheria</i> sp.
	CLADOCERA	LIMNADIIDAE	sp. 1
		DAPHNIDAE	<i>Ceriodaphnia</i> sp
		MACROTHRICIDAE	<i>Ilyocriptus</i> sp
			<i>Macrothrix rosea</i>
		BOSMINIDAE	<i>Bosmina</i> sp
		CHIDORIDAE	<i>Acroperus elongata</i>
		SIDIDAE	<i>Disparalona</i> sp.
	<i>Pseudosida</i> sp.		

Continuación Anexo 1. Cuadro Taxonómico de Macroinvertebrados Asociados a las raíces de *E. crassipes* colectados en las provincias limnológicas estudiadas.

PHYLUM	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO O MORFO	
ARTHROPODA	CLADOCERA		Ehipios	
			sp. 1	
	CYCLOPOIDA	CYCLOPIDAE		<i>Diacyclops</i> sp..
				<i>Macrocyclops</i> sp
				<i>Copepoditos</i>
	CALANOIDA	DIAPTOMIDAE	<i>Arctodiaptomus</i> sp	
	ISOPODA	JANIRIDAE	sp. 1	
	AMPHIPODA	HYALELLIDAE	<i>Hyalella</i> sp	
		GAMMARIDAE	<i>Gammarus</i> sp	
	DECAPODA	PALEMONIDAE	sp. 1	
	HYDRACHNIDA		HIDROZETIDAE	<i>Hydrozetes</i> sp.
			ACARI FAM1	sp. 1
			ACARI FAM2	sp. 2
			ACARI FAM3	sp. 3
			ACARI FAM4	sp. 4
			ARRENURIDAE	<i>Arrenurus</i> sp.
			ACARI FAM5	sp. 5
			ACARI FAM6	sp. 6
		COLLEMBOLA	ISOTHOMIDAE	sp. 1
			SMINTHURIDAE	<i>Sminthurus</i> sp.
EPHEMEROPTERA	BAETIDAE		sp. 1	
			<i>Callibaetis</i> sp.	
EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	<i>Baetis</i> sp.		
	CAENIDAE	<i>Caenis</i> sp.		
ODONATA	PROTONEURIDAE	<i>Neoneura</i> sp.		
	LIBELLULIDAE		sp. 1	
			<i>Myathyria</i> sp.	
	COENAGRIONIDAE	sp. 1		
		<i>Telebasis</i> sp.		
HEMIPTERA			sp. 1	
	MICROVELIIDAE	<i>Microvelia</i> sp.		
	PLEIDAE		<i>Paraplea</i> sp.	
			<i>Neoplea</i> sp.	
	NAUCORIDAE	<i>Pelocoris</i> sp.		

Continuación Anexo 1. Cuadro Taxonómico de Macroinvertebrados Asociados a las raíces de *E. crassipes* colectados en las provincias limnológicas estudiadas.

PHYLUM	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO O MORFO	
ARTHROPODA	HEMIPTERA	CORIXIDAE	<i>Tenagobia</i> sp.	
		NOTONECTIDAE	<i>Notonecta</i> sp.	
		GERRIDAE	sp. 1	
		VELIIDAE	sp. 1	
		MACROVELIIDAE	sp. 1	
		HYDROMETRIDAE	sp. 1	
	TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	sp. 1	
		POLYCENTROPODIDAE	<i>Cynnellus</i> sp.	
			<i>Policentropus</i> sp.	
		HYDROPTILIDAE	<i>Oxyethira</i> sp.	
			<i>Neotrichia</i> sp1	
	<i>Neotrichia</i> sp2			
	COLEOPTERA	DYTISCIDAE	<i>Celina</i> sp.	
			<i>Dytiscus</i> sp.	
			<i>Hydroporus</i> sp.	
			<i>Ranthus</i> sp.	
		NOTERIDAE	<i>Hydrocanthus</i> sp.	
		STAPHYLINIDAE	sp. 1	
		SCIRTIDAE	sp. 1	
			<i>Scirtes</i> sp	
			<i>Microcara</i> sp.	
			HYDRAENIDAE	sp. 1
			DELPHACIDAE	sp. 1
	ELMIDAE		sp. 1	
	LAMPYRIDAE	sp. 1		
	CURCULIONIDAE	sp 1.		
	HYDROPHILIDAE	<i>Tropisternus</i> sp.		
		<i>Paracimus</i> sp		
		<i>Bellostumus</i> sp.		
		<i>Helochaeres</i> sp		
DIPTERA	CULICIDAE	sp. 1		
		sp. 2		
		<i>Aedes</i> sp		
		<i>Culex</i> sp.		
		<i>Deinocerites</i> sp.		

Continuación Anexo 1. Cuadro Taxonómico de Macroinvertebrados Asociados a las raíces de *E. crassipes* colectados en las provincias limnológicas estudiadas.

PHYLUM	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO O MORFO	
ARTHROPODA	DIPTERA	CULICIDAE	<i>Mansonia</i> sp.	
			sp 1.	
		CERATOPOGONIDAE	<i>Atrichopogon</i> sp	
			<i>Probezzia</i> sp.	
			<i>Ablabesmyia</i> sp.	
			<i>Macropelopia</i> sp.	
			<i>Labrundinia</i> sp.	
			<i>Pentaneura</i> sp	
			<i>Thiennemanimyia</i> sp.	
			<i>Larsia</i> sp	
			<i>Asheum</i> sp	
			<i>Chironomus</i> sp.	
			<i>Goeldichironomus</i> sp	
			<i>Parachironomus</i> sp.	
			<i>Cryptochironomus</i> sp	
			<i>Paralauterborniella</i> sp.	
			<i>Polypedilum</i> sp1	
			<i>Polypedilum</i> sp. 2	
			<i>Pseudochironomus</i> sp	
			<i>Tribelos</i> sp	
			Tanytarsini	
			<i>Tanytarsini</i>	
			<i>rheotanytarsus</i>	
			Orthoclaadiinae	
			<i>Nanocladius</i> sp.	
			CHAOBORIDAE	<i>Chaoborus</i> sp
			TIPULIDAE	<i>Prionocera</i> sp
	TIPULIDAE	sp. 1		
	EPHYDRIDAE	sp. 1		
	LEPIDOPTERA	PYRALIDAE	Schoenobiinae	
			sp. 1	

Anexo 2. Fotografías de las raíces colectadas en las dos Provincias Limnológicas. A la izquierda, raíz de *E. crassipes* del Embalse de Tominé. A la derecha, raíz colectada en el Complejo Ciénaga de Pajarales.



Anexo 3. Estudios comparativos de Macroinvertebrados asociados a *E. crassipes*. Modificado de Gómez (2008) *: Presentes, -: Ausentes, Espacio en blanco: No se tiene conocimiento.

TAXA	Bailey y Litterick 1993	Rocha <i>et al.</i> 2006	Poi de Neiff y Neiff 2006	Provincia Costera Herrera 2007 Gómez 2008 Bayona-Arenas 2009
GORDIIDAE		-	*	*
<i>Dero</i> sp.		*	*	*
<i>Spirosperma</i> sp.				*
<i>Physurella</i> sp.	-	*	*	*
LYMNAEIDAE		*	*	*
ANCYLIDAE	-	*	*	*
PLANORBIDAE	*	*	*	*
HYDROBIIDAE	*	*	*	*
AMPULLARIDAE	-	*	-	*
<i>Arrenurus</i> sp.	-	*	-	*

Continuación Anexo 3. Estudios comparativos de Macroinvertebrados asociados a *E. crassipes*. Provincia Costera. Modificado de Gómez (2008). *: Presentes, -: Ausentes, Espacio en blanco: No se tiene conocimiento.

TAXA	Bailey y Litterick 1993	Rocha <i>et al.</i> 2006	Poi de Neiff y Neiff 2006	Provincia Costera Herrera 2007 Gómez 2008 Bayona-Arenas 2009
<i>Cyclestheria</i> sp.	*	*	*	*
CYPRIDIDAE	-	*	*	*
LIMNOCYTHERIIDAE	-	-	*	*
CHYDORIDAE	-	*	-	*
<i>Acroperus</i> sp.	-	-	*	*
<i>Disparalona</i> sp.	-	-	-	*
<i>Macrothrix rosea</i>	-			*
<i>Pseudosida</i> sp.	-	-	-	*
CYCLOPODIDAE	-	-	-	
<i>Diacyclops</i> sp.	-			*
DECAPODA	*	*	*	*
ISOPODA	*	*	*	*
COLLEMBOLA	-	*	*	*
<i>Sminthurus</i> sp.	-	-	-	*
BAETIDAE	-	*	-	*
<i>Callibaetis</i> sp.	-	-	*	*
<i>Baetis</i> sp.	-	-	-	*
CAENIDAE				
<i>Caenis</i> sp.	*	-	*	*
ODONATA	*	*		*
<i>Miathyria</i> sp.	-	-	*	*
COENAGRIONIDAE			*	*
<i>Telebasis</i> sp.	-	-	*	*
AESHNIDAE	*	-	*	*
HEMÍPTERA	*	*	*	*
VELIDAE	*	-	*	*
<i>Microvelia</i> sp.				*
NOTONECTIDAE	-	-	-	*
<i>Notonecta</i> sp.	-	-	-	*
PLEIDAE	-	-	*	*

Continuación Anexo 3. Estudios comparativos de Macroinvertebrados asociados a *E. crassipes*, Provincia Costera. Modificado de Gómez (2008). *: Presentes, -: Ausentes, Espacio en blanco: No se tiene conocimiento.

TAXA	Bailey y Litterick 1993	Rocha <i>et al.</i> 2006	Poi de Neiff y Neiff 2006	Provincia Costera Herrera 2007 Gómez 2008 Bayona-Arenas 2009
<i>Paraplea</i> sp.	-	-	-	*
<i>Neoplea</i> sp.	-	-	*	*
<i>Pelocoris</i> sp.	-	-	-	*
<i>Tenogobia</i> sp.	-	-	*	*
GERRIDAE	*	-	*	*
HYDROMETRIDAE	*	-	-	*
BELLOSTOMATIDAE	-	*	*	*
<i>Bellostumus</i> sp.	-	-	-	*
COLEOPTERA	*	*	*	*
NOTERIDAE	*	*	*	*
<i>Hydrocanthus</i> sp.	*	-	*	*
DYTISCIDAE	*	*	*	*
<i>Rhantus</i> sp.	-	-	-	*
<i>Hydroporus</i> sp.	-	-	*	*
<i>Dytiscus</i> sp.	-	-	-	*
<i>Celina</i> sp.	-	-	*	*
STAPHYLINIDAE	*	-	*	*
HYDROPHILIDAE	*	*	*	*
<i>Tropisternus</i> sp.	-	-	*	*
<i>Berosus</i> sp.	*	-	*	*
ELMIDAE	-	-	-	*
CURCULIONIDAE	-	-	*	*
SCIRTIDAE	-	-	*	*
<i>Microcara</i> sp.	-	-	*	*
HYDRAENIDAE	*	-	*	*
DELPHACIDAE	-	-	*	*
POLYCENTROPODIDAE	*	*	*	*
<i>Cyrnellus</i> sp.	-	-	*	*
<i>Polycentropus</i> sp.	-	-	-	*
<i>Neotrichia</i> sp.	-	-	*	*
<i>Oxyethriria</i> sp.	-	-	*	*
PYRALIDAE	-	-	-	*

Continuación Anexo 3. Estudios comparativos de Macroinvertebrados asociados a *E. crassipes*, Provincia Costera. Modificado de Gómez (2008).*: Presentes, -: Ausentes, Espacio en blanco: No se tiene conocimiento.

TAXA	Bailey y Litterick 1993	Rocha et al. 2006	Poi de Neiff y Neiff 2006	Provincia Costera Herrera 2007 Gómez 2008 Bayona-Arenas 2009
DIPTERA	*	*	-	*
CULICIDAE	-	*	-	*
<i>Culex</i> sp.	-	-	-	*
<i>Mansonia</i> sp.	-	-	*	*
<i>Deinocerites</i> sp.	-	-	-	*
CHIRONOMIDAE	-	-	-	*
<i>Ablabesmyia</i> sp.	-	-	-	*
<i>Larsia</i> sp.	-	-	-	*
<i>Labrundinia</i> sp.	-	-	-	*
<i>Macropelopia</i> sp.	-	-	-	*
<i>Thiennemanimyia</i>				*
<i>Chironomus</i> sp.	-	-	*	*
<i>Parachironomus</i> sp.				*
<i>Paralauterborniella</i> sp.				*
<i>Polypedilum</i> sp. 1				*
<i>Polypedilum</i> sp. 2				*
<i>Pseudochironomus</i> sp.				*
<i>Nanocladius</i> sp.				*
<i>Tanytarsus</i> sp.				*
<i>Tanytarsini rheotanytarsus</i>				*
CERATOPOGONIDAE	-	-	*	*
<i>Probesia</i> sp.				*
EPHYDRIDAE	-	-	*	*

Anexo 4. Estudios comparativos de Macroinvertebrados asociados a *E. crassipes*. Provincia Andina. *: Presentes, -: Ausentes, Espacio en blanco: No se tiene conocimiento.

TAXA	Peiró y Alves 2004	Provincia Andina
HEMIPTERA	*	*
MACROVELIIDAE		*
VELIIDAE		*
LEPTOCERIDAE		*
POLYCENTROPODIDAE	*	*
<i>Polycentropus sp</i>		*
CAENIDAE	*	*
<i>Caenis sp</i>		*
COENAGRIONIDAE	*	*
<i>Neoneura sp</i>		*
<i>Miathyria sp</i>		*
LIBELLULIDAE	*	*
SCIRTIDAE	-	*
<i>Scirtes sp</i>	-	*
<i>Microcara sp.</i>	-	*
HYDROPHILIDAE	*	*
<i>Paracimus sp</i>		*
<i>Helochares sp</i>		*
CURCULIONIDAE	*	*
LAMPYRIDAE	-	*
Tanypodinae	*	*
<i>Ablabesmyia sp</i>		*
<i>Labrundinia sp</i>		*
<i>Larsia sp</i>		*
<i>Thienemannimyia sp</i>		*
<i>Pentaneura sp</i>		*
Chinonominiae	*	*
<i>Asheum sp</i>		*
Tanytarsini		*
<i>Tribelos sp</i>		*
<i>Parachironomus sp</i>		*
Orthocladiinae	*	*
CERATOPOGONIDAE	*	*
<i>Atrichopogon sp</i>		*
<i>Chaoborus sp</i>	-	*
CULICIDAE	*	*
<i>Culex sp.</i>		*

Continuacion Anexo 4. Estudios comparativos de Macroinvertebrados asociados a *E. crassipes*. Provincia Andina. *: Presentes, -: Ausentes, Espacio en blanco: No se tiene conocimiento

TAXA	Peiró y Alves 2004	Provincia Andina
<i>Mansonia</i> sp.		*
CULICIDAE 1		*
CULICIDAE 2		*
<i>Aedes</i> sp		*
<i>Prionocera</i> sp		*
TIPULIDAE	-	*
EPHYDRIDAE	-	*
PYRALIDAE	-	*