

**VARIACIÓN ESPACIOTEMPORAL DE MACROINVERTEBRADOS ASOCIADOS
A LAS RAÍCES DE *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms- Laubach 1883, EN
TRES CIÉNAGAS DEL CARIBE COLOMBIANO**

MARIA JIMENA GOMEZ RIVERA

Trabajo de grado para
optar al título de Biólogo Marino

Director
GUILLERMO RUEDA DELGADO
Cand. Ph. D.

UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO
FACULTAD DE BIOLOGÍA MARINA
BOGOTÁ
2008

NOTA DE ACEPTACIÓN

JURADO

JURADO

DIRECTOR DE GRADO

BOGOTÁ, 3 DE OCTUBRE DE 2008

DEDICATORIA

A mis padres que me apoyaron en realizar lo que me apasiona brindándome su amor y comprensión. Enseñándome que se puede lograr lo que quieres con empeño y dedicación. Ayudándome con su amor a no desfallecer con las duras pruebas que te pone la vida.

A mi hermano por su forma de apoyarme jeje.

A mi amor Alejandro, más que mi amor mi amigo que me ha brindado comprensión y apoyo incondicional, que me ofreció tenacidad, confianza, esperanza y paciencia en este proceso.

A mis tías y primos que me apoyaron en la fase más dura de mi carrera. A mi tía Amanda que estuvo cuando lo necesite y aun lo sigue estando como un angelito que guarda por la familia.

A Margarita y Adriana (manita) que se convirtieron en mi segunda familia, brindándome apoyo en Santa Marta.

A mis amigas Diana, Paula y Luisa, que me brindan su amistad incondicional, y me apoyaron siempre.

A mi director de tesis Guillermo Rueda, gracias por todo profe todo lo que se acerca del tema se lo debo a usted, fue una experiencia que nunca olvidaré.

AGRADECIMIENTOS

Al laboratorio de Limnología de la Universidad Jorge Tadeo Lozano por permitir que fuera parte de este proyecto.

Al fondo para la Investigación y la ciencia de la Universidad del Magdalena (FONCIENCIA), la Universidad Jorge Tadeo Lozano y la Universidad de Vigo-España, por el apoyo financiero.

A Guillermo Rueda mi director de tesis, del que adquirí los mejores conocimientos en el tema, gracias por su apoyo, paciencia y dedicación.

Al laboratorio de Zoología y Ecología Acuática la Universidad de los Andes, especialmente al profesor Emilio Realpe y a Daniel Monrroy por su colaboración en la identificación de microcrustáceos.

A Esmaragdo Herrera que desde el comienzo me ayudo brindándome su apoyo, conocimiento y paciencia.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN JUSTIFICADA	15
2. MARCO TEÓRICO	18
2.1 GENERALIDADES.....	18
2.2 BIOLOGÍA DE <i>EICHHORNIA CRASSIPES</i>	22
2.3 MACROINVERTEBRADOS ASOCIADOS A MACRÓFITAS	24
2.3.1 Orden Conchostraca.....	27
2.3.2 Orden Cladóceras.....	24
2.3.3 Orden Ostrácoda	25
2.3.4 Orden Ephemeroptera	25
2.3.5 Orden Odonata	25
2.3.6 Orden Heteróptera	26
2.3.7 Orden Coleóptera.....	26
2.3.8 Orden Trichoptera.....	26
2.3.9 Orden Lepidóptera.....	27
2.3.10 Orden Díptera	27
3. ESTADO DEL ARTE	28
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	39
5. OBJETIVOS	35
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	35
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	35
6. HIPOTESIS.....	36
7. METODOLOGÍA.....	37
7.1 ÁREA DE ESTUDIO	37
7.2 FASE DE CAMPO	40
7.3 FASE DE LABORATORIO	41
7.3.1 Tratamiento de las Raíces	41
7.3.2 Medición de biomasa de raíces	41
7.3.3 Identificación de Macroinvertebrados	42
7.4 FASE DE GABINETE	42
7.4.1 Cambios en la diversidad de la fauna asociada a las raíces de <i>E. crassipes</i>	42
7.4.2 Variaciones espaciales y temporales	44
8 RESULTADOS.....	46

8.1 COMPOSICIÓN GENERAL DE LA FAUNA ASOCIADA A LAS RAÍCES DE <i>E. CRASSIPES</i>	46
8.2 CAMBIOS EN LA DIVERSIDAD DE LA FAUNA ASOCIADA A LAS RAÍCES DE <i>E. CRASSIPES</i>	50
8.2.1 Riqueza de Margalef	50
8.2.2 Diversidad alfa Chao 2	51
8.2.3 Índice de Dominancia Kownacki	51
8.3 VARIACIONES ESPACIALES Y TEMPORALES	55
8.3.1 Índice de Sorensen	55
8.3.2 Kruskal-Wallis	56
8.3.3 Análisis de Kaandorp	57
8.4 VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS	58
8.4.1 Transparencia Disco Secchi	58
8.4.2 Temperatura	58
8.4.3 pH	58
8.4.4 Conductividad	60
8.4.5 Oxígeno Disuelto	60
8.5 INTERACCIÓN VARIABLES BIÓTICAS Y ABIÓTICAS.....	61
9. DISCUSIÓN.....	62
9.1 COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA FAUNA COLECTADA.....	62
9.2 DIFERENCIAS EN LA COMPOSICIÓN ENTRE LOS MOMENTOS HIDROLÓGICOS	67
9.3 EFECTO DE LA SALINIDAD SOBRE LA COMPOSICIÓN	69
9.4 EFECTO DE LAS CONDICIONES LIMNOLÓGICAS EN LA FAUNA.....	70
10. CONCLUSIONES	73
11. RECOMENDACIONES	74
11. BIBLIOGRAFIA.....	76
12. ANEXOS	83

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Imagen de Zonas de Muestreo, Modificado de Herrera 2007. 38p.

Figura 2. Total de individuos por ciénaga en cada período de estudio TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005). CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde. 46p.

Figura 3. Abundancia relativa a nivel de orden en cada período de estudio TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005) CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde. 47p.

Figura 4. Abundancias relativas a nivel de familias predominantes en cada período de estudio TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005). CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde. 48p.

Figura 5. Total de taxa en cada período de estudio TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005). CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde. 49p.

Figura 6. Abundancia relativa de Grupos para los dos períodos de estudio (TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005). CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde. 49p.

Figura 7. Composición porcentual de los grupos funcionales asociados a las raíces de *E. crassipes* del presente estudio. RE: Colectores de depósito, CF: Colectores filtradores, RA: Raspadores, OM: omnívoros, HE: Herbívoros, PR: Predadores. a) TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005), modificado de Herrera 2007 y b) AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005). 50p.

Figura 8. Gráfica pérdidas y ganancias de un período de muestreo TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) al otro AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005) a nivel de orden, Tu: Tubificidae, Os: Ostrácoda, Con: Conchostraca, Cla: Cladóceras, Cop: Copépoda, Díp: Díptera, Col: Coleóptera, O. Ins: Otros Insectos y O. Inv: Otros Invertebrados. 51p.

Figura 9. Dendograma de similaridad estableciendo la similitud espaciotemporal de la fauna asociada a las raíces de *E. crassipes*. TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) al otro AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005). CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde. 57p.

Figura 10. Variables fisicoquímicas para cada período climático de estudio TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005) para las tres ciénagas (C.C.S.A (Ciénaga San Antonio), C.P (Complejo Pajarales) y V.P (Poza Verde). (a) Transparencia Disco Secchi, (b) Temperatura, (c) pH, (d) Oxígeno Disuelto, (e) Conductividad. 60p.

Figura 11. Gráfica del análisis de correspondencia canónico de los factores fisicoquímicos en tres sistemas cenagosos para cada período climático de estudio TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre, 2005). CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde. 62p.

Figura 12. Gráfica del análisis de correspondencia canónico de la interacción entre las variables bióticas y abióticas para los dos períodos de muestreo TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre, 2005). Nótese la distribución de las familias en su respectivo color. 63p.

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Valores de Riqueza de Margalef para cada ciénaga para los dos períodos de estudio TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005) (n=72). CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde. 51p.

Tabla 2. Valores del estimador Chao2 para cada ciénaga para los dos períodos de estudio TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005) (n=36). CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde. 51p.

Tabla 3. Índice de Dominancia de Kownacki (D) (Kownacki 1971 en Paporello de Amsler 1987), 4: Dominante, 3: Subdominante, 2: Poco frecuente, 1: Raro, para los dos períodos de estudio TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005). 53p.

Tabla 4. Densidad promedio de Macroinvertebrados colectados en las tres Ciénagas en el periodo de aguas altas AA, Diciembre 2005 expresado como Ind/gC MVS (n=36). X: Media; DS: desviación estándar. CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde. 54p.

Tabla 5. Valores del Índice de Sorensen en cada período de estudio TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005) (n=72). CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde. 56p.

Tabla 6. Análisis inverso de Kaandorp (n=72) indicando la agrupación de las estaciones de acuerdo a la composición de la fauna en las raíces de *E. crassipes*.

Nótese que los rectángulos resaltados en gris indican las especies características entre los grupos. 58p.

Tabla 7. Variaciones de las cargas orgánicas e inorgánicas del agua para el período AA (n=45). X: Promedio y DS: Desviación estándar. CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde. 62p.

Tabla 8. Estudios comparativos de Macroinvertebrados asociados a *E. crassipes*. (Modificada de Herrera 2007). Nótese que los rectángulos resaltados en gris los grupos más estables. 65p.

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Fotografía de especie perteneciente a el orden Conchostraca *Cyclestheria* sp. 28p.

Imagen 2. Fotografía de especie perteneciente a el orden Cladóceras *Disparalona* sp. 29p.

Imagen 3. Fotografía de familia perteneciente al orden Ostrácoda *Lymnocytheriidae*. 29p.

Imagen 4. Fotografía de especie perteneciente a el orden Ephemeroptera *Caenis* sp. 30p.

Imagen 5. Fotografía de especie perteneciente a el orden Odonata *Miathyria* sp. 31p.

Imagen 6. Fotografías de especies pertenecientes a el orden Heteróptera a) *Pelocoris* sp. y b) *Paraplea* sp. 31p.

Imagen 7. Fotografías de especie perteneciente a el orden Coleóptera *Hydrocanthus* sp. 32p.

Imagen 8. Fotografía de especie perteneciente a el orden Trichoptera *Oxyethira* sp. 33p.

Imagen 9. Fotografía de larva de la subfamilia perteneciente a el orden Lepidóptera *Schoenobiinae*. 34p.

Imagen 10. Fotografía de especie perteneciente a el orden Díptera *Probesia* sp. 35p.

RESUMEN

En este estudio se compararon las colectas de macroinvertebrados asociados a las raíces de *Eichhornia crassipes* en el período Transición Aguas en Ascenso TAA (agosto 2005) y Aguas Altas AA (diciembre 2005) en tres sistemas cenagosos del Caribe Colombiano de la Cuenca del Río Magdalena ubicados entre la depresión Momposina (Ciénaga del Cerro San Antonio) hasta el delta estuarino de la Isla Salamanca (Ciénaga Poza Verde) y un sistema intermedio en la Ciénaga Grande de Santa Marta (Ciénaga Complejo Pajarales). Se seleccionó un parche homogéneo de establecimiento litoral de *E. crassipes* teniendo en cuenta el tamaño vegetativo colectando 12 macrófitas por ciénaga (3 replicas: 4 por tamaño), empleando una red de 900 cm² y 230 µm de apertura de malla y depositada en bolsas plásticas zic-ploc previamente rotuladas (Fecha, ciénaga y número macrófita) y fueron preservadas en formaldehído al 5%, para posterior secado en laboratorio e identificación de los macroinvertebrados adheridos a sus raíces. La densidad se expresó como número de individuos por biomasa de material vegetal sumergido (MVS) Ind/ gC. Se colectó un total de 11864 individuos entre los dos períodos de estudio (41,72% TAA y 58,27% AA) distribuidos en los phyla Annelida, Arthropoda y Mollusca, pertenecientes a 22 órdenes y 52 familias. Los resultados de este estudio muestran que los cambios hidrológicos que sufren las ciénagas respecto al río entre los períodos estudiados afectan regionalmente toda la colectividad, observándose diferencias temporales significativas determinadas por Kruskal-Wallis entre las ciénagas entre los dos períodos de estudio a nivel de abundancia de especies ($\chi^2=11,070$, $p=0,012$) evidenciándose directamente en el aumento del número de taxa e individuos en el período de aguas altas (AA) con un incremento del 16,55% del total de individuos, sugiriendo que las macrófitas aumentan la heterogeneidad física del ambiente acuático y por ende la composición de la colectividad asociada a esta macrófita. La diversidad alfa medida por el índice de Chao2 muestra que el aumento en la riqueza a partir de un mayor número de especies únicas es una característica sobresaliente en la

Ciénaga del Cerro de San Antonio (CCSA), de menor conductividad y menor efecto hidrológico por el Magdalena. La dominancia medida por el índice de Kownacki muestra que más del 40 % de las especies son dominantes y el 30 % de ellas subdominantes, condición poco común en comunidades acuáticas. Al igual que en estudios del río Paraná (Poi de Neiff y Neiff 2006) en el período de Aguas altas (que implican conectividad con el río) hay un remplazo de dominancias de insectos por microcrustaceos. Sin embargo la mayoría de insectos siguen estando presentes en ambos muestreos, con diferencias de densidad. Las diferencias temporales están marcadas por grupos de taxa exclusivos en cada momento hidrológico como lo establece el análisis de clasificación de Sorensen. Las especies que generan estas diferencias son: *Disparalona* sp., *Diacyclops* sp., *Sminthurus* sp., *Microvelia* sp., *Pelocoris* sp., *Neotrichia* sp., *Dytiscus* sp., *Culex* sp., y *Probesia* sp. especies exclusivas de condiciones de menor nivel de las ciénagas, por ende mayor desconexión con el río y *Physurella* sp., *Pseudosida* sp., *Macrothrix rosea*, *Notonecta* sp., *Neoplea* sp., y *Bellostumus* sp. especies exclusivas de condiciones de mayor nivel del agua. La similaridad de más del 60 % de los taxa entre los dos momentos de muestreo y el hecho de coleccionar en todas las ciénagas larvas, pupas y adultos de varios taxa permite sugerir que las raíces de *E. crassipes* se constituye en un hábitat estable y similar a pesar de los cambios regionales en la conductividad de los sistemas. Igualmente las diferencias temporales indican que la conexión con el río en el período de aguas altas favorece la ganancia de especies e individuos, ratificando la hipótesis que esta macrófita favorece la ganancia en diversidad de los lagos de inundación tropicales.

Palabras Clave: Macroinvertebrados, *E. crassipes*, Ciénaga, dinámica espacio-temporal, ciclo hidrológico.

1. INTRODUCCIÓN JUSTIFICADA

Las ciénagas son cuerpos de agua localizados en depresiones poco profundas y conectadas a los ríos de forma permanente o temporal durante su desborde. Estas se pueden formar por la acción inundante del río sobre las tierras bajas adyacentes y por la continua acción erosiva, que da origen a formación de brazos que se convierten en ciénagas, permaneciendo unidas al río por uno o más caños. La interacción río-planos de inundación (o ciénagas como se llaman en Colombia) generan una dinámica limnológica específica en razón a la influencia que sobre ellas tiene el pulso de inundación (Wantzen y Junk 2006).

Estos planos inundables generan una heterogeneidad de hábitat y de recursos que son aprovechados por los densos tapones de macrófitas, que van desde pequeños tamaños como *Lemna minor* (lentejita de agua) hasta macrófitas de gran tamaño como *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms-Laubach (1883), esta mantiene algas epífitas y un sin número de organismos adheridos a sus estructuras emergentes (parte vegetativa) e inmersas (raíces) a la que se asocia gran diversidad de invertebrados como microcrustáceos, decápodos, briozoarios, moluscos, insectos entre otros organismos (Poi de Neiff y Carignan 1997, Rocha *et al.* 2006, Herrera 2007).

E. crassipes (Buchón o lirio de Agua) es una macrófita originaria de la cuenca del Río Amazonas en Brasil, es una de las especies más representativas de las macrófitas neotropicales, actualmente está dentro de las 100 especies invasivas en lagos y ríos tropicales así como áreas templadas alrededor del mundo (Rocha *et al.* 2006). De manera equivocada ha sido considerada como una especie invasora, dada su rápida propagación en los medios acuáticos que cubren parcial o totalmente los espejos de agua. Sin embargo, *E. crassipes* se ha distribuido en el neotropico naturalmente y hacia las zonas de tierras altas su rápida dispersión se ha dado por acción antrópica producto de la atractiva floración que presenta. Su abundante crecimiento que la hace indeseable obedece en parte a que su

controlador natural el manatí *Trichechus manatus* ha desaparecido en la mayoría de lagos neotropicales.

E. crassipes provee un hábitat para el establecimiento de una rica variedad de invertebrados de diferente fila, órdenes y familias en los cuales predominan los insectos, estos invertebrados encuentran en esta macrófita en algún período de su ciclo de vida las condiciones óptimas para su desarrollo como zonas de refugio, reproducción y alimentación (Poi de Neiff y Carignan 1997). El desarrollo óptimo del sistema radicular de *E. crassipes* permite la estabilización de sedimentos, proporcionando una eficiente trampa de nutrientes y materia orgánica aprovechada por diversos grupos taxonómicos y tróficos de importancia en el sostenimiento de la red trófica superior (e.g. peces), haciendo de esta asociación de macroinvertebrados a las raíces de *E. crassipes* de vital importancia a nivel ecológico, representando una función significativa dentro del ecosistema donde se encuentre (Poi de Neiff y Neiff 2006, Rocha *et al.* 2006, Takeda 2003).

Aunque las macrófitas alcanzan su máximo desarrollo y diversidad en los trópicos y son ampliamente distribuidas en Colombia en todos los climas, su conocimiento taxonómico y ecológico en el país es limitado (Roldán y Ruiz 2001), no existe una publicación científica indexada acerca de la fauna de invertebrados asociados a las raíces de *E. crassipes*, desconociendo la composición y diversidad de especies que alberga este tipo de hábitat y por ende su valor biológico – ecológico. A pesar de que *E. crassipes* provee las condiciones para el establecimiento de gran número de invertebrados, dada su bioarquitectura y capacidad de filtrar materia orgánica, en general a nivel mundial son escasos los trabajos relacionados con esta asociación, 30 años después del primer estudio relacionado con este tema realizado por Dioni en 1967 a la fecha son contados los estudios que se han realizado, causando que actualmente se discuta si la fauna encontrada en sus raíces conforma una comunidad estable del pleuston, tal como lo es discutido por Poi de Neiff y Neiff (2006) ó si la fauna se encuentra en estas raíces por arrastre, surgiendo incertidumbre en si *E. crassipes* es un hábitat de paso ó un subsistema

dentro del sistema según lo descrito por Esteves (1998), a partir de esta teoría parte este estudio.

Los estudios desarrollados a nivel mundial establecen que la mayoría de estos invertebrados cambian en abundancia y diversidad de acuerdo a las fluctuaciones de las condiciones físicas y químicas, disponibilidad de nutrientes y de factores medioambientales propios de las zonas geográficas donde se encuentran, lo que permite que la planta actúe como un transportador pasivo, favoreciendo la dispersión de organismos asociados (Rocha *et al.* 2006). Existen algunos casos donde ocurre un reemplazo de especies en la medida que fluctúan los ambientes, pasando de sistemas limnéticos – oligohalinos a ambientes mesohalinos, donde empiezan a destacarse grupos tales como Decapados, Amphípodos entre otros (Poi de Neiff y Neiff 2006).

Partiendo del hecho de que no existen trabajos acerca de este tema en Colombia, el propósito de este trabajo fue dar a conocer las variaciones temporales en la composición de la colectividad de macroinvertebrados asociados a las raíces de *E. crassipes* en tres Ciénagas del Caribe Colombiano de la cuenca del río Magdalena, desde la depresión Momposina hasta el delta estuarino de la Isla salamanca. Para ello se compararon las colectas efectuadas en dos momentos hidrológicos Transición Aguas en Ascenso T.A.A (agosto 2005, colecta identificada por Herrera (2007)) y Aguas Altas A.A (diciembre 2005, colecta identificada por Gomez (2007)), identificando las diferencias espaciales en comparación con los cambios temporales en la abundancia y diversidad de la colectividad. Este trabajo permitió establecer el grado de permanencia de la colectividad de macroinvertebrados asociada a raíces de *E. crassipes* entre momentos hidrológicos para cada ciénaga estableciendo la poca importancia de las diferencias limnológicas de los sistemas cenagosos, indicando de manera preliminar que *E. crassipes* parece ser hábitat permanente, constituyéndose aparentemente en un subsistema dentro de cada una de las ciénagas, aspecto que aun no había sido abordado.

Este estudio hace parte del proyecto de investigación “Aproximación al Estudio de la Diversidad Ecológica en Ambientes Acuáticos del Caribe Colombiano” financiado por el fondo para la Investigación y la ciencia de la Universidad del Magdalena (FONCIENCIA), la Universidad de Vigo-España y el laboratorio de Limnología de la Universidad Jorge Tadeo Lozano.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES

Limnología, término adoptado para designar el estudio de las aguas interiores o continentales, en *sensu lato* es el estudio de las relaciones funcionales y de la productividad de las comunidades de agua dulce y de la manera como estas son afectadas por el ambiente físico, químico y biológico (Wetzel 1981). En particular los lagos someros y ciénagas presentan diferentes estados de acuerdo a los grupos de productores primarios que dominan el sistema (Scheffer *et al.* 1993). Estos ambientes pueden estar dominados por microalgas o fitoplancton, por plantas sumergidas o por plantas flotantes libres. Normalmente, planos de inundación muy eutroficados con litorales poco profundos son los medios adecuados para el desarrollo de extensas zonas de vegetación acuática.

Las plantas flotantes son aquellas cuyas hojas se mantienen sobre la superficie del agua y sus raíces pueden estar o no adheridas al fondo. Estas plantas toman los nutrientes directamente del agua a través de la pared celular o mediante el sistema radicular, dependiendo del tipo de planta (Schmidt-Mumm 1988). Las macrófitas absorben nutrientes inorgánicos del agua y de los sedimentos, así mismo liberan compuestos orgánicos disueltos que juegan un papel importante en el sostenimiento en el lugar donde se encuentren (Wetzel 1981). Lugares de esta naturaleza son propicios para el establecimiento de una gran variedad de macroinvertebrados, zooplancton, perifiton y desove de peces (Junk 1997).

En las aguas continentales tropicales y subtropicales las macrófitas constituyen la fuente más importante de producción primaria y su papel en las mallas tróficas es equivalente al del fitoplancton en los lagos templados (Heckman 1998 en Poi de Neiff y Neiff 2006). Las macrófitas están representadas por todo aquel tipo de vegetación que crece en la zona litoral de lagos, embalses y ríos; ya sea en la zona de interfase agua-tierra, sobre la superficie del agua o totalmente sumergida. La mayoría de las plantas acuáticas se establecen mejor en los trópicos que en las

zonas templadas, debido a la disponibilidad de radiación solar a lo largo de todo el año. Uno de sus miembros más conspicuos y extendidos es sin duda *E. crassipes* (Esteves 1998).

Partiendo de la teoría de subsistema dentro del sistema (Esteves 1998), es importante destacar los conceptos de hábitat y subsistema. Hábitat es el área que reúne las características físicas y biológicas necesarias para la supervivencia y reproducción de una especie, el que un ambiente constituya un hábitat para una especie depende de los recursos que estén disponibles en él. Los tipos de recursos que los animales pueden requerir incluyen: alimento, agua, protección, recursos para la reproducción entre otros (Hall *et al.* 1997), la distribución y la abundancia de los organismos están determinados por factores ecológicos propiamente tales como temperatura, tipo de vegetación y competidores entre otros (Cole 1988). Subsistema es un término usado por Esteves (1998) para las comunidades de macrófitas acuáticas en sistemas lenticos ya que estas generan su propio ciclado de materia orgánica y energía, determinando condiciones particulares para los organismos que habitan en ellas, constituyendo así un “subsistema” dentro del ecosistema. En general se acepta que las plantas acuáticas condicionan las propiedades físico-químicas del agua y la estructura de otras comunidades bióticas (por ej. zooplancton y peces) (Jeppesen *et al.* 1998), mediante la regulación de los intercambios entre los ecosistemas terrestres y acuáticos (Wetzel 1981).

2.2 Variables Fisicoquímicas

Los macroinvertebrados cambian en abundancia y diversidad dependiendo de los cambios en la dinámica de los sistemas y las condiciones de las variables fisicoquímicas, soporte de la geología de las áreas estudiadas, disponibilidad de nutrientes propios de las zonas geográficas donde se encuentran (Poi de Neiff y Neiff 2006), la cantidad de oxígeno disuelto, el grado de acidez o basicidad (pH), la temperatura, la cantidad de iones disueltos (conductividad) son a menudo los

parámetros a los cuales son más sensibles los organismos (Rosenberg y Resh 1993, Roldán 1992). El aumento en la conductividad permite el establecimiento de una composición, riqueza y abundancia tanto de macrófitas como de la fauna asociada a sus raíces, haciendo que dentro de cada sistema se albergue una biocenosis diferente, dada la adaptabilidad de ciertos organismos a estas condiciones (Poi de Neiff *et al.* 1997, Ward 1992), estableciéndose así diferencias de macroinvertebrados en proporción y en algunos casos en composición. Para algunos estudios se han encontrado que son distintas las variables ambientales que inciden en la distribución, diversidad y abundancia de invertebrados tal es el caso de los valores de Temperatura, Conductividad y pH para el estudio de De Marco *et al.* 2001 en Rocha *et al.* 2006 y para Poi de Neiff y Carignan 1977 el oxígeno disuelto.

2.3 BIOLOGÍA DE *Eichhornia crassipes*

Una de las plantas acuáticas más ampliamente distribuidas en el trópico americano es el “buchón, lirio o jacinto de agua” como es conocida *E. crassipes*. Esta es una hierba acuática perenne que pertenece a la familia Pontederiaceae. Esta macrófita neotropical es nativa de la cuenca del Río Amazonas en Brasil, posee características fisiológicas y estrategias de reproducción que le han permitido un rápido crecimiento y expansión en varios ecosistemas acuáticos en regiones tropicales y subtropicales (Rocha *et al.* 2006), la mayoría de veces ayudado por trasplante humano voluntario o accidental (Mitchell y Thomas 1972). Dobra su biomasa en unos 10-12 días cuando se dan las condiciones favorables para su desarrollo, cubriendo totalmente la lámina de agua y desplazando a otras especies de flora. Sus hojas elongadas pueden llegar a medir más de 1,5 m. Crece en charcas temporales bajas, pantanos, aguas que fluyen inactivas, lagos y grandes ríos (Gopal 1987). Presenta un color verde brillante y sus peciolo inflados sobresalen en la superficie del agua partiendo todos de un punto central. En época de inflorescencia presenta de 8-15 flores de 4-7cm de diámetro, estas consisten en 6 pétalos de color lavanda y un centro amarillo alineado. Los tallos

florecedores, a partir del centro de la roseta producen una inflorescencia vistosa de flores, las cuales se convierten en cápsulas frutales cada una conteniendo hasta 400 semillas pequeñas. Sus raíces son filamentosas, fibrosas, alcanzando muchas veces un metro o más de longitud. Carece de tallo aparente, provisto de un rizoma muy particular, emergente del que se abre un rosetón de hojas boyantes (Gopal 1987).

E. crassipes se reproduce sexual y vegetativamente mediante estolones horizontales que se desarrollan a partir de la base de la roseta. Los estolones crecen hasta 30 cm de longitud antes de desarrollar una roseta hija. La intensidad de la propagación por este medio puede resultar en la duplicación de 5 a 15 días. Cuando la concentración de oxígeno es baja, el tiempo de duplicación puede ser hasta de 50 días (Watson y Cook 1982). Sin embargo, en la mayor parte de sus áreas la planta también produce grandes cantidades de semilla de larga longevidad, y la persistencia y diseminación por este medio puede ser muy significativa. Watson y Cook (1982) comprobaron que en la reproducción sexual los botones aparecen 10 días antes de que abra la flor, en los meses más cálidos del año. En 10 días se producen dos o tres hojas liguladas. En 20 días los cotiledones desaparecen y forma de 4 a 6 hojas liguladas de 15mm. En 30 días se han producido siete u ocho hojas liguladas y una o tres espatuladas con flotadores incipientes. En 40 días se han formado hojas con flotadores y ya se reconoce como plántula de lirio. En promedio se agrega una hoja cada 3 días y en 60 días se producen nuevos brotes y de aquí en adelante hay formación de estolones (Cook 1990).

E. crassipes alcanza 80cm de longitud promedio, está adaptada a los cambios del nivel del agua (Carignan y Neiff 1992 en Poi de Neiff y Neiff 2006), tolera extremas fluctuaciones de las variaciones estacionales en velocidad del flujo, disponibilidad de nutrientes, de temperatura y de las sustancias tóxicas, se establece en pH entre 4.0 y 10 (Gopal 1987). Se desarrolla mejor en pH neutrales, salinidades no mayores de 20 a 25 UPS, temperaturas cálidas (28 - 30°C) y altas intensidades

lumínicas. Usan el CO₂ atmosférico en forma de rosetas de hojas sobre cortos tallos estoloníferos, sus hojas emergen del agua y tienen los peciolos transformados en flotadores, las profundidades a que alcanzan las raíces define un proceso de competencia, al desarrollarse en el trama de los embalsados deprimen su tejido principal a 10 ó 20cm del nivel del agua y hunden algo más todo el sistema en el agua de manera que alcanza niveles más nutritivos (Margalef 1983).

El aporte de gran cantidad de nutrientes durante las crecientes ocasiona un aumento en la longitud de las hojas, en la producción de biomasa y en el contenido de nitrógeno en hojas verdes (Casco *et al.* 2004). El crecimiento de *E. crassipes* está regulado por el régimen de pulsos de ríos. Los planos de inundación con conexión frecuente y duradera tienen hojas más largas que aquellas situadas en posiciones topográficas más altas y que pueden estar desconectadas del río más tiempo (Casco *et al.* 2004).

Actualmente tiene una distribución cosmopolita y en el trópico se establece ampliamente desde el nivel del mar hasta más de 3000m.s.n.m. En el neotrópico se ha distribuido naturalmente, hacia tierras altas se ha introducido por el hombre, dado que su controlador natural ha desaparecido en estas zonas esta se ha propagado hasta convertirse en una “maleza acuática” que más problemas causa en lagos y embalses tropicales desde los 40°N hasta los 45°S (Holm *et al.* 1977).

2.4 MACROINVERTEBRADOS ASOCIADOS A MACRÓFITAS

Los macroinvertebrados juegan un papel muy importante en el consumo y descomposición de la vegetación acuática, constituyen una fuente fundamental de alimento para otras comunidades, especialmente aves y peces, y en algunos casos sirven como bioindicadores del estado de conservación del sistema (Roldán 1992). Los macroinvertebrados constituyen un eslabón entre las redes tróficas que vienen del bentos y transfieren esta energía hacia peldaños superiores, tanto

acuáticos (peces) como terrestres (aves). Kohlmann (2006) en Garcés *et al.* (2006) añade que los macroinvertebrados son usados como indicadores debido a su período de vida que es lo suficientemente largo como para ser afectados por las condiciones de la calidad de agua. Además tienden a formar comunidades características que se asocian con condiciones físicas y químicas muy particulares y fáciles de colectar (Garcés *et al.* 2006).

Los macroinvertebrados se asocian tanto a tallos como a la masa de raíces de la vegetación acuática, propiciando así la instalación de nuevas formas de vida que van desde organismos semiacuáticos, hasta organismos acuáticos y terrestres. Dentro de los diversos grupos acuáticos está la mayoría de los insectos, gasterópodos, arácnidos y crustáceos, los cuales hacen parte de una estructura trófica compleja (McCafferty 1981).

Los animales acuáticos se han clasificado en categorías funcionales y no filogenéticas, en función de sus roles en la red trófica. La clasificación partió de los estudios fluviales donde los invertebrados y vertebrados contribuyen de diversos modos al complejo “procesamiento” de la materia orgánica (Cole 1988). De acuerdo a esto se comprenden los grupos funcionales: Depredadores, Colectores, Trituradores y Raspadores (Merritt y Cummins 1978).

Los depredadores, pueden situarse en dos grupos, los taladradores que agarran sus presas y chupan los fluidos de sus tejidos y células, caso de los Hemípteros y Dytiscidos. Y los engullidores que muerden trozos de sus presas o devoran a sus cautivos completamente, están incluidas las larvas de coridálidos y larvas de escarabajos. Entre los Díptera, las moscas danzarinas (Empididae) y las jejenes (Ceratopogonidae) tienen larvas predominantemente predadoras (Cole 1988).

Los colectores se alimentan de materia orgánica particulada fina en descomposición y las bacterias asociadas. Un grupo, los filtradores representados por los Hydropsychidae de los Trichoptera, así como también Dípteros y Bivalvos.

El otro grupo corresponde a los colectores de depósito, que usan las partículas finas que caen al fondo como oligoquetos y algunos caénidos (Cole 1988). Los trituradores mastican grandes partículas orgánicas. Los herbívoros, muerden hojas, pecíolos y tallos de plantas acuáticas, algunos hacen túneles en ellos para alimentarse del tejido vivo. Los Trituradores incluyen los órdenes comunes de insectos, Plecóptera y Trichoptera, y los versátiles Chironomidos también incluyen algunos trituradores de hojas (Cole 1988, Merrit y Cummins 1978).

Los pastoreadores grandes y detritívoros, se dividen en raspadores y desmenuzadores. Los pastoreadores son herbívoros, dentro de los principales insectos raspadores se encuentran las moscas efímeras, algunos plecópteros, algunas larvas de Dípteros y larvas de jevenes Chironomidos conocidos también como raspadores.

La comunidad de invertebrados acuáticos es extensa, el subphylum Crustácea que en su mayoría tiene desarrollo acuático y adaptaciones a la vida terrestre (Thorp y Covich 2001). La clase Insecta tiene varios representantes acuáticos, los cuales representan el componente de mayor diversidad tanto en ecosistemas terrestres como dulceacuícolas, debido a que ocupan una gran variedad de nichos funcionales y microhábitats a lo largo de un amplio espectro de escalas espaciales y temporales (Alba 1996). La mayoría de estos organismos cambian en abundancia y diversidad en la medida que fluctúan las condiciones físicas y químicas, disponibilidad de nutrientes y de factores medioambientales propios de las zonas geográficas donde se encuentran (Poi de Neiff y Neiff 2006).

Algunos invertebrados se utilizan como indicadores de calidad de aguas, basados en el hecho de que dichos organismos ocupan un hábitat a cuyas exigencias ambientales están adaptados. Cualquier cambio en las condiciones ambientales se reflejará en las estructuras de las comunidades que allí habitan. La cantidad de oxígeno disuelto, el grado de acidez o basicidad (pH), la temperatura la cantidad de iones disueltos (conductividad) son a menudo los parámetros a los cuales son

más sensibles los organismos (Rosenberg y Resh 1993, Roldán 1992). En estudios recientes cerca de 18 diferentes familias pertenecientes a Ephemeroptera, Odonata, Hemiptera, Coleoptera, Lepidoptera, Díptera, Molusca y Crustácea, se han encontrado en las raíces de *E. crassipes* (Roldán y Ruiz 2001). Investigaciones en marcha y desarrolladas en esta misma área de estudio muestran que esta comunidad parece variar geográficamente en razón al grado de conductividad del sistema de manera independiente con las características morfológicas de las raíces de *E. crassipes* (Herrera 2007).

La siguiente es una pequeña descripción de algunos órdenes presentes en el actual estudio siguiendo la clasificación dada por Thorp y Covich (2001):

2.3.1 Orden Conchostraca

Este orden comprende crustáceos multisegmentados con un caparazón conspicuo, bivalvo, comprimido en sentido lateral, que encierra por completa la cabeza, el tronco y los apéndices. La mayoría de los Conchostráceos son de ambientes dulceacuícolas raramente presentes en ambientes salobres. Se encuentran en cuerpos de agua temporarios y también frecuentan las regiones litorales de lagos, lagunas y charcos. Son colectores de filtración de detritos y plancton (Ward 1992, Thorp y Covich 2001, Lopretto y Tell 1995).

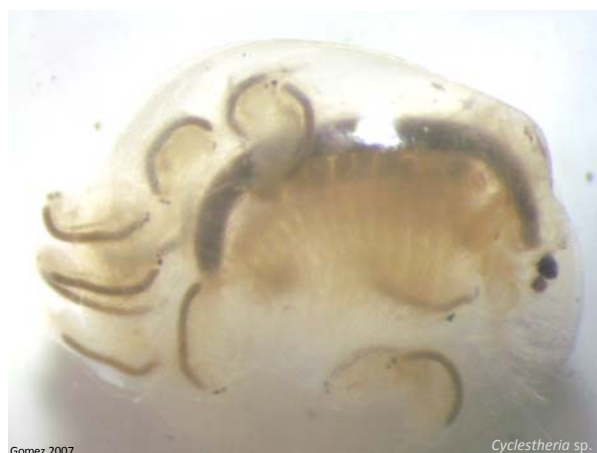


Imagen 1. Fotografía de especie perteneciente a el orden Conchostraca *Cyclestheria* sp.

2.3.2 Orden Cladócera

Llamados “pulgas de agua”. No poseen claramente el cuerpo segmentado, aunque poseen la segunda antena segmentada, tienen un ojo compuesto central y un caparazón que abarca toda o gran parte del cuerpo a excepción de la cabeza. Con una amplia gama de adaptaciones ecológicas y eficientes mecanismos de dispersión, abundantes en aguas dulces lenticas. La combinación de la alta capacidad de dispersión y la rápida reproducción los ha colocado entre los miembros más ampliamente distribuidos y ecológicamente importantes de las comunidades animales en las agua interiores. Son de hábitos herbívoros consumidores de algas ó colectores filtradores (Thorp y Covich 2001, Lopretto y Tell, 1995, Ward 1992).



Imagen 2. Fotografía de especie perteneciente a el orden Cladócera *Disparalona* sp.

2.3.3 Orden Ostrácoda

Se encuentran en todos los ambientes acuáticos. Pueden establecerse en amplios rangos de salinidad desde 10 hasta 74,800 UPS. Existen formas bénticas nadadoras de las cuales la gran mayoría lo hacen entre las macrófitas, y otros son las verdaderas formas bentónicas, usan sus antenas bien desarrolladas sin setas y sus patas torácicas para estar en el sedimento. La mayoría son por lo general

omnívoros y/o detritívoros, algunos son colectores de filtración (Thorp y Covich 2001).



Imagen 3. Fotografía de familia perteneciente al orden Ostrácoda Lymnocytheriidae.

2.3.4 Orden Ephemeroptera

Insectos relativamente primitivos, es uno de los miembros más comunes y más importantes de la comunidad de agua dulce. Conocidas como “moscas efímeras” (McCafferty 1981). Se encuentran en ambientes loticos, son nadadores ágiles, con patas fuertes, rígidas para excavar en desechos orgánicos (Domínguez *et al.* 2006). Las efímeras ocurren en casi todos los cuerpos de agua tanto natural como artificial que tengan fuentes adecuadas de oxígeno disuelto (McCafferty 1981). Este grupo está recientemente revisado para sur América, sin embargo pocos reportes han sido obtenidos de comunidades asociadas a macrófitas, algunas especies son especializadas en filtrar ó predar y otras son colectores de depósito (Domínguez *et al.* 2006).



Imagen 4. Fotografía de especie perteneciente a el orden Ephemeroptera *Caenis* sp.

2.3.5 Orden Odonata

Son insectos hemimetábolos que pasan su vida larval en aguas dulces donde respiran por branquias externas o internas, empleando de dos meses hasta tres años en su desarrollo. Son predadores. Son todos paleópteros, es decir, insectos que no pueden plegar las alas. Conocidos como “libélulas” o “caballitos del diablo”. Viven asociados a ambientes acuáticos que son necesarios para el desarrollo de sus larvas. No tienen fase de pupa. Son predadores (Ward 1992, McCafferty 1981).



Imagen 5. Fotografía de especie perteneciente a el orden Odonata *Miathyria* sp.

2.3.6 Orden Heteróptera (=Hemíptera)

Comúnmente conocidos como “chinchas”, contienen familias tanto acuáticas como terrestres. La metamorfosis es incompleta, adultos y larvas son similares excepto por el tamaño y el relativo desarrollo de sus alas. Generalmente poseen dos pares de alas (Ward 1992). Muchas especies viven en la superficie del agua o sumergidos entre hábitats acuáticos asociados a charcos, corrientes lentas o zonas litorales de lagos. Son predadores (Ward 1992, McCafferty 1981).



a)



b)

Imagen 6. Fotografías de especies pertenecientes a el orden Heteróptera a) *Pelocoris* sp. y b) *Paraplea* sp.

2.3.7 Orden Coleóptera

Conocidos como escarabajos constituyen el grupo más grande de insectos, estos son altamente diversos, tiene representantes tanto en larva como en adulto en ambientes acuáticos y semiacuáticos. Su metamorfosis es completa, y las diferencias morfológicas entre adultos y larvas es extrema. Habitan en aguas dulces, salobres y ambientes marinos. La mayoría de las especies de este grupo son importantes en ecosistemas de agua dulce, especialmente charcas. Muchas familias son carnívoros (predadores) desde larvas hasta adultos, otras familias son herbívoras (Ward 1992, McCafferty 1981).



Imagen 7. Fotografías de especie perteneciente a el orden Coleóptera *Hydrocanthus* sp.

2.3.8 Orden Trichoptera

Llamados “moscas lanudas”, son holometábolos cuyas larvas viven en todo tipo de aguas. Las larvas son a menudo un largo e importante componente de las comunidades bentónicas. Contribuyen significativamente en la cadena alimenticia de ecosistemas de agua dulce, y así directa o indirectamente, proveen alimento para los peces. Los Trichopteros tienen una acentuada importancia en cadenas tróficas de ríos y arroyos, tanto por la abundancia de algunas especies, como por la variedad de nichos que ocupan las larvas. Son colectores filtradores (Ward 1992, Lopretto y Tell 1995).



Imagen 8. Fotografía de especie perteneciente a el orden Trichoptera *Oxyethira* sp.

2.3.9 Orden Lepidóptera

Este orden abarca las mariposas y las polillas, las larvas son conocidas como orugas. Estas larvas son herbívoras y comúnmente tienen una asociación cerrada con su planta hospedera, así mismo, son importantes miembros de muchos ecosistemas litorales. Son holometábolos. Los adultos que habitan la tierra, se caracterizan por presentar el cuerpo cubierto de escamas y diversos colores. Solo en una proporción muy pequeña las larvas han desarrollado adaptaciones para la vida acuática (Ward 1992).



Gomez 2007
Imagen 9. Fotografía de larva de la subfamilia perteneciente a el orden Lepidóptera Schoenobiinae

2.3.10 Orden Díptera

Conocidas como verdaderas moscas, uno de los órdenes de holometábolos más numerosos y diversificados en todo el mundo, ocupando en sus distintos estadíos una inmensa variedad de nichos ecológicos. Aunque la mayoría de especies son terrestres, en estado inmaduro habitan cuerpos de agua dulceacuícolas, charcos, plantas, zonas profundas de lagos eutroficados, entre otros. Debido al tamaño, adaptabilidad, y hábitos alimenticios, este grupo es siniestro en términos de sus influencias en salud y bienestar de seres humanos y otros animales (McCafferty 1981, Ward 1992), son depredadores, colectores filtradores.

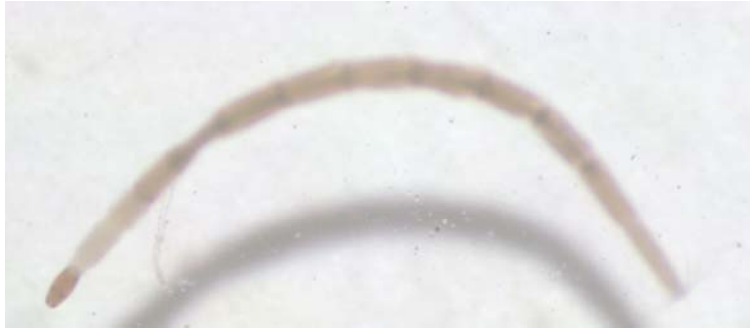


Imagen 10. Fotografía de especie perteneciente a el orden Díptera *Probesia* sp.

La importancia de la fauna de invertebrados asociados a esta planta acuática queda expresada en el hecho que sirven de alimento para especies de animales de mayor porte, especialmente aves acuáticas y juveniles y/o peces adultos (Paporello de Amsler 1987). La rápida extensión de esta macrófita la convierte en potencial hospedero de larvas de mosquitos generadores de enfermedades pertenecientes a la familia Culicidae género *Anopheles* sp, transmisor de la Malaria, el género *Mansonia* sp. transmisor de la encefalitis (Savage *et al.* 1990).

3. ESTADO DEL ARTE

A nivel mundial, la mayoría de los estudios sobre plantas flotantes libres, especialmente *E. crassipes* se relaciona con su crecimiento y capacidad de asimilación de nutrientes, así como su dispersión y formas de control pocos son los estudios específicos sobre la fauna de macroinvertebrados asociados a sus raíces.

Dentro de los estudios internacionales de la comunidad de macroinvertebrados asociados a macrófitas Dioni (1967) en Poi de Neiff y Neiff (2006) realizó una de las primeras publicaciones sobre la estructura básica de las asociaciones de la microfauna y mesofauna de las raíces de las plantas flotantes en la cuenca isleña del Paraná medio.

Junk (1977) realizó estudios cuantitativos en Bung Borapet, en Tailandia central, en diversas hidrofítas flotantes respecto a su colonización por los invertebrados acuáticos. Las diferencias en la colonización por invertebrados fueron determinados por a) el tipo y las características morfológicas de la vegetación; b) las características fisicoquímicas del agua circundante. Los valores de la biomasa se compararon con soportes encontrados en otras regiones tropicales.

Paporello de Amsler en 1987, realizó un estudio de la fauna asociada a las raíces de *E. crassipes* efectuado en el cauce principal y secundario en el río Paraná medio, registrando un total de 72 taxa, destacándose: Oligoquetos, Cladóceros, Copépodos, Ostrácodos, Amphípodos, Decápodos, Moluscos e Insectos, este último la de mayor dominancia representada por el orden Ephemeroptera y la familia Chironomidae del orden Díptera. Este autor en el mismo año (1987) efectuó otro estudio de la fauna asociada a las raíces de *E. crassipes* en una laguna del valle aluvial del río Paraná ("los Matadores", Santa Fe, Argentina) en donde la composición de la fauna resultó heterogénea en sentido espacial y temporal, tanto cualitativamente como cuantitativamente, manifestándose la mayor

densidad de organismos durante la primavera y el otoño específicamente copépodos y cladóceros.

Bailey y Litterick (1993) realizaron un estudio de macroinvertebrados acuáticos asociados a raíces de *E. crassipes* en el lago Wutchung formado en la parte sur del Río Nilo- el sur de Sudán. Efectuaron zonaciones interna, media y externa dentro del tapón, que presentaron características particulares a nivel de desarrollo de la macrófita. La zona interna presentó los propágulos y pequeños tamaños de *E. crassipes*, la zona media se caracterizó por presentar mayor biomasa, estados maduros con raíces cortas en su mayoría. La parte externa por ser mixta, fue donde se encontraron mayor cantidad de invertebrados. En total se encontraron 78 taxa, siendo los Coleópteros, Gasterópodos los más abundantes en la zona media y Odonatos los más abundantes en la zona externa.

Poi de Neiff y Carignan en 1997, realizaron un estudio en dos lagos con conexión indirecta al río Paraná durante 17 meses, abarcando períodos de aguas altas y bajas para observar cambios en abundancia y biomasa relativa de los grupos funcionales de macroinvertebrados sobre las raíces de *E. crassipes*, las variables: conductividad, períodos hidrológicos, oxígeno disuelto y el sitio, explicaron el 87% de la variabilidad en la densidad de los macroinvertebrados, no se encontró ninguna relación significativa entre la biomasa de los macroinvertebrados y cualquiera de las variables independientes. Se reportaron un total de 64 taxa, con dominancia de Ostrácoda, Conchostraca y Chironomidae.

Masifwa *et al.* (2001) realizaron un estudio del impacto de *E. crassipes* sobre la abundancia y diversidad de macroinvertebrados acuáticos a nivel espacio temporal y sucesional en el Lago Victoria (Uganda). Evaluando la abundancia, riqueza y diversidad de macroinvertebrados, entre las macrófitas, *Cyperus papyrus*, *Vossia cuspidata* y *E. crassipes* concluyendo que la abundancia y diversidad de esta última es mayor después de un tiempo de establecida. Los

organismos dominantes en este estudio fueron Gasterópodos, Chironomidos, Ephemerópteros e Hirudíneos.

Poi de Neiff y Neiff (2006) realizaron un estudio de la planicie de inundación del río Paraná con similares condiciones físicas y químicas del agua, dominados por diferentes especies de macrófitas. Compararon la similaridad de grupos taxonómicos entre 7 especies de plantas flotantes libres y arraigadas con diferente bioarquitectura. Se analizó la relación entre el número de especies de invertebrados y la biomasa de las plantas. Los resultados indicaron que en las áreas vegetadas de la planicie existió un alto número de especies de colectores o depredadores. Se registraron 8 grupos mayores de invertebrados que comprendieron 53 familias y 152 especies, representados especialmente por los grupos dominantes de Hemíptera, Coleóptera y Díptera. Del total de especies registradas, 79 estuvieron asociadas a *E. crassipes*.

Rocha *et al.* (2006) realizaron una descripción de la variación espacial y temporal de invertebrados acuáticos asociados a la raíz de *E. crassipes* colectados en 12 sitios entre Julio del 2000 y Junio del 2002 en el Sistema Lagunar de Alvarado, (Veracruz, México). Encontrando que los patrones espaciales y temporales de densidades de invertebrados podrían ser explicados por los movimientos de *E. crassipes* a través del sistema, y la variación temporal de las variables ambientales tales como salinidad, oxígeno disuelto y turbiedad. Se registraron 96 taxa con dominancia de Isópoda, Amphípoda y Cladóceras.

Publicaciones científicas sobre invertebrados asociados a las raíces de plantas acuáticas en Colombia son limitados (Roldan y Ruiz 2001). Dentro de los antecedentes para Colombia en el contexto de macroinvertebrados acuáticos están los estudios de Muñoz y Ospina (1999) y Zuñiga de Cardoso *et al.* (1997). Y de los macroinvertebrados asociados a las raíces de *E. crassipes* solo existe el trabajo de Herrera (2007).

Herrera (2007), caracterizó la comunidad de macroinvertebrados asociados a las raíces de *E. crassipes* en cuatro sistemas cenagosos del Caribe Colombiano en el período de Transición Aguas en Ascenso (Agosto del 2005), teniendo en cuenta como carácter *a priori* el tamaño vegetativo. Este estudio se desarrollo dentro del mismo macroproyecto que enmarca el presente trabajo de grado el cual es la segunda parte del trabajo de Herrera. Se registraron un total de 7179 individuos, pertenecientes a 4 phyla 21 órdenes, 50 familias, 33 géneros y 31 morfoespecies. La familia más representativa fue Chironomidae seguido por Cyprididae. Encontró que la riqueza disminuía a medida que la conductividad aumentaba y que la colectividad de macroinvertebrados asociados a las raíces de *E. crassipes* es diversa y heterogénea en cuanto a dominancia. El autor concluyó que hay similitud macroestructural de esta comunidad con los trabajos desarrollados en planos inundables del Paraná más que con el trabajo en México (Rocha *et al.* 2006) desarrollado en una zona estuarina. Que la fauna cambia con la conductividad del sistema y que su abundancia y composición no está relacionada con la arquitectura vegetativa de la planta, ya que el tamaño y forma de las raíces no es correspondiente a las clases de tamaño en las que se clasificaron las muestras.

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

E. crassipes ha sido considerada una de las principales “malezas acuáticas” en sistemas tropicales y subtropicales, además de impactar negativamente múltiples usos de los sistemas (navegación, pesquerías, producción de energía hidroeléctrica y agua potable) podría promover el desarrollo de mosquitos y de otros hospedadores intermediarios de enfermedades (Rumi *et al.* 2002). Este concepto ha implicado que se considere a *E. crassipes* como un elemento indeseable en todas las ciénagas y cuerpos de agua donde se establece, desconociendo su valor ecológico como flora acuática nativa de las ciénagas tropicales.

Esta consideración de “maleza acuática” ha hecho que a la fauna asociada a esta macrófita no se le haya dado la importancia pertinente. Se tienen pocos estudios a nivel mundial y no se tenía conocimiento de su composición faunística y variación temporal para los sistemas cenagosos de Colombia desconociendo si esta fauna es estable ó variable, si alberga organismos de importancia médica o de valor ecológico al ser importantes como fuente de alimento para peces y otros consumidores de la trama trófica de estas ciénagas. Por ello no era posible dar valor a *E. crassipes* como un hábitat permanente y estable que se puede comportar de manera independiente a las condiciones limnológicas del agua en la ciénaga (Junk 1977).

El propósito del estudio por ende fue evidenciar si la mayoría de los invertebrados que se encuentran en las raíces de *E. crassipes* permanecen en el tiempo, constituyéndose en un hábitat estable de valor para la biodiversidad de estas ciénagas y para organismos que como los peces encontrarían en esta fauna una fuente constante de alimentos, que no existiría en caso de ser erradicada como siempre se pretende, Para ello se estudio la variación temporal de la fauna de invertebrados que se encuentran en las raíces de esta macrófita en sistemas con

diferente grado de conexión con el río Magdalena y diferentes valores de conductividad.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar si *E. crassipes* representa un hábitat estable para la fauna de invertebrados acuáticos de ciénagas del Caribe colombiano con diferencias de conductividad en razón a su cercanía con el mar y bajo diferentes condiciones de conexión hidrológica con el río Magdalena.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Caracterizar taxonómicamente la fauna de macroinvertebrados asociados a *E. crassipes* en tres ciénagas del Caribe Colombiano durante dos condiciones hidrológicas diferentes del bajo Magdalena.

Determinar el grado de permanencia de las colectividades encontradas en la raíz de esta macrófita.

Establecer las diferencias temporales de la abundancia de la colectividad de invertebrados asociados a *E. crassipes* en comparación con los cambios espaciales.

Establecer si las variables fisicoquímicas de las ciénagas que influyen en la distribución y abundancia de la colectividad de macroinvertebrados asociados a las raíces de *E. crassipes*.

6. HIPOTESIS

No existen cambios significativos de la colectividad de macroinvertebrados asociados a *E. crassipes* durante las dos condiciones hidrológicas en el Caribe Colombiano.

El grado de permanencia de la colectividad de invertebrados asociados a las raíces de *E. crassipes* es significativo lo cual evidencia que las características de este hábitat son estables.

Existen diferencias temporales en la abundancia de la colectividad de invertebrados asociados a *E. crassipes* pero no tienen relación con los cambios espaciales.

Las fluctuaciones de las variables fisicoquímicas de las ciénagas no influyen en la distribución y abundancia de la colectividad de macroinvertebrados asociados a las raíces de *E. crassipes*.

7. METODOLOGÍA

7.1 ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio está marcada por cuatro períodos climáticos teniendo en cuenta fases transicionales en el desplazamiento de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT). De tal forma que se distingue la *seca mayor* (diciembre – abril) donde se presentan la mayor intensidad de los vientos Alisios, la *lluviosa menor* (mayo-junio), donde hay un debilitamiento de los vientos, la *seca menor* (julio-agosto), también conocida como el “Veranillo de San Juan” y finalmente la *lluviosa mayor* (septiembre-noviembre), cuando se da más del 65% de la precipitación anual, cercana a los 500mm (Franco 2005). Esto genera a su vez un déficit hídrico debido a que la evapotranspiración potencial se encuentra en el rango de 1900 a 2500mm (IDEAM 1996).

La cuenca baja del Río Magdalena esta establecida como una condición global, sin embargo existen diferencias que quieren ser evidenciadas en este trabajo. La Ciénaga del Cerro de San Antonio (CCSA) es típicamente un plano inundable de un gran río de características limnológicas de bajas conductividades y alta dependencia de la inundación del río. La Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) corresponde a dos espejos de agua la CGSM es el de mayor tamaño y el Complejo Pajarales (CP) el de menor tamaño, este último se ve modificado por efectos de la inundación del Río Magdalena pero muy especialmente por la conexión de caños naturales y contruados (IDEAM 2004), algunos de ellos obstruidos en algún momento lo que representa una segunda condición dentro de la cuenca. La Ciénaga Poza Verde como la mayoría de los ríos que desembocan con el mar en la cual los sistemas dependen tanto de aportes marinos como acuícolas, esta condición la representa esta ciénaga, esta fue seleccionada para reconocer la limitación de *E. crassipes* respecto a la conductividad, condición que limita el establecimiento de esta macrófita (Junk 1977, Rocha *et al.* 2006).

Los tres sistemas cenagosos (Fig. 1) pertenecen a la cuenca baja del río Magdalena: 1) Ciénaga del Cerro San Antonio (CCSA), estación la Isla ($10^{\circ}15,08'0,9''\text{N}$, $74^{\circ}71'47,5''\text{W}$) perteneciente a la depresión Momposina, , 2) Ciénaga de Pajarales CP), estación caño Aguas Negras ($10^{\circ}48'47,8''\text{N}$, $74^{\circ}36'9,1''\text{W}$), correspondiente a la ecoregión Ciénaga Grande de Santa Marta (C.G.S.M) y 3) Ciénaga de Poza Verde (CPV) ($11^{\circ}03'18,4''\text{N}$, $74^{\circ}46'34.'' \text{W}$) perteneciente al sistema estuarino del Parque Nacional Natural Vía Parque Isla Salamanca (VIPIS) (IDEAM 2004). En el muestreo del mes de Agosto de 2005 se incluyó la Ciénaga Momíl del sistema cenagoso de la Ciénaga de Lorica en el Bajo Sinú que no fue incluido en diciembre de 2005 por problemas de orden público.



Figura 1 Imagen de Zonas de Muestreo, Modificado de Herrera 2007.

La ciénaga del Cerro de San Antonio, localizada a $10^{\circ}20' \text{ N}$ y $74^{\circ}52' \text{ W}$. Geológicamente, corresponde a la formación del delta del río Magdalena y la zona depresiva occidental de la sierra Nevada de Santa Marta. Sus mayores elevaciones no sobrepasan los 50 m. Su temperatura promedio es de 28°C , precipitación media anual de 800 a 1000 mm. En la época de intensas lluvias la ciénaga se ve

influenciada por los arroyos que se desbordan y vierten sus aguas en este sitio (Ramírez y Viña 1998). El muestreo se realizó frente a Rosario de Chengue, en un sitio conocido como “La Isla” localizada a 10° 20' N y 74° 52' W donde están los tapetes de establecimiento litoral “constantes” de *E. crassipes* (Herrera 2007).

El Complejo Pajarales es considerado como un sistema de lagunas costeras las cuales se localizan al noroccidente del departamento del Magdalena, está entre los 10° 48' y 11° 00' N y 74° 36' y 74° 40' W en una vasta llanura de inundación y acumulación de sedimentos denominada delta exterior del Río Magdalena que anteriormente se conectaba al complejo de ciénagas de Pajarales a través de los caños Aguas Negras (estación de muestreo) y Salado entre otros. Actualmente el complejo se comunica en forma permanente con el río solo a través del Caño Clarín. Es una laguna somera que presenta una profundidad media inferior a 1.0m y un área aproximada de 94 km² (Rondón 1991, Escobar 1990). Esta ciénaga no presenta comunicación directa con el mar, está sujeta a un régimen estacional de salinidad debido al flujo de agua marina que penetra por el norte y el oriente, favorecidos por los vientos alisios, a través de los caños Grande y Clarín procedente de la boca de la barra y el aporte de agua freática procedente de los playones salinos circundantes. La Ciénaga Grande de Santa Marta y el Complejo Pajarales conforman el sistema laguno-estuarino de mayor interés socio-económico de Colombia. Intercambian materia y energía con los ríos Sevilla, Aracataca, Fundación, Magdalena y el Mar Caribe (Rondón 1991).

La Vía Parque Nacional Isla de Salamanca (VIPIS) es un agregado de pequeñas islas separadas entre si por pequeños canales, conformando una barrera de playones, ciénagas y bosques que separan la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) del Mar Caribe, aquí se establecen grandes tapetes flotantes de macrófitas que se estabilizan con la vegetación enraizada de la zona litoral. El área tiene una temperatura promedio de 27°C. Está ubicada en el departamento del Magdalena sobre la costa del mar Caribe, entre las ciudades de Barranquilla, Santa Marta y Ciénaga (Garcés y De la Zerda 1993).

7.2 FASE DE CAMPO

Las ciénagas son sistemas inundables con dos condiciones extremas aguas altas y aguas bajas, se seleccionaron dos momentos no extremos debido a que ellos resumen la historia reciente de las incidencias hidrológicas. En aguas altas los sistemas se homogenizan y las diferencias se solapan sobre el fuerte efecto del agua del río sobre el sistema haciendo poco evidente las características de los hábitats tal como lo muestran trabajos de Poi de Neiff y Carignan (1997), en aguas bajas la mayoría de macrófitas flotantes mueren a consecuencia de la desoxigenación o quedan en condiciones terrestres, bajo estas condiciones extremas las macrófitas responden más a condiciones externas que al propio hábitat agotando o produciendo el desplazamiento y mortandad de la fauna asociada a las raíces de las plantas flotantes. Por esto los muestreos se desarrollaron en Agosto (Aguas en Transición TAA) y Diciembre (Aguas Altas) 2005.

E. crassipes se mueve ampliamente, así que el primer criterio fue donde muestrear, en parches que estuvieran permanentemente anclados en la ribera escogiendo pequeñas unidades dispersas al azar, por ende se seleccionó un parche homogéneo de establecimiento litoral teniendo en cuenta el tamaño vegetativo colectando 12 macrófitas por ciénaga (3 replicas: 4 por tamaño), dada la carencia de estudios a nivel mundial donde se estableciera el tamaño mínimo de la muestra se decidió desde un comienzo del proyecto que fueran doce macrófitas, y como es una comparación espaciotemporal se utilizó el mismo tamaño y diseño muestral empleado por Herrera 2007, no se trabajo por área porque en un mismo m² se podría tener demasiado o limitado material dependiendo del tamaño y crecimiento de *E. crassipes*. Este grupo de trabajo y autores como Rocha *et al.* 2006 vienen trabajando 5 años atrás con biomasa de la raíz como base de unidad de muestreo por esto las raíces como se observa más adelante fueron procesadas para expresar cantidad de individuos por biomasa de la raíz, unificando la unidad de muestreo y obviando el problema de las áreas para poder hacer los datos comparativos.

Cada macrófita se colectó con la ayuda de una red con un mango de un metro de largo, de marco triangular de 900 cm² y 230 µm de apertura de malla. La red se operó desde el bote, introduciéndola verticalmente debajo de las raíces hasta una profundidad de aproximadamente 80cm (largo promedio de las raíces para estos sistemas cenagosos) levantándola lo más rápido posible para evitar la fuga de los organismos. La muestra colectada en la red se cortó, separando la parte vegetativa de la raíz, esta última se depositó en bolsas plásticas zic-ploc previamente rotuladas (Fecha, ciénaga y número macrófita) y fueron preservadas en formaldehído al 5%, para posterior secado en laboratorio. Se mantuvieron en refrigeración durante el período de revisión, separación, secado e identificación. En el sitio de muestreo se midieron las variables físico- químicas del agua a nivel superficial como del fondo para cada muestra colectada. La Conductividad eléctrica, pH, temperatura y concentración de oxígeno disuelto fueron medidos *in situ* con equipos digitales WTW, la transparencia con un disco Secchi. No se uso blanco porque el propósito es darle el valor biológico- ecológico a *E. crassipes* dando a conocer la fauna de invertebrados que se encuentran en estas raíces.

7.3 FASE DE LABORATORIO

7.3.1 Tratamiento de las Raíces

Cada raíz de *E. crassipes* colectada se lavó dentro de la red usada en campo con abundante agua y detergente que hace las funciones de un tenso activo con el fin de que las radículas se separen y se libere la mayoría de los organismos contenidos en ella. Posteriormente estos organismos fueron depositados en frascos de boca ancha previamente rotulados (Fecha, ciénaga y número de macrófita) y preservados en alcohol 96%. Para liberar el exceso de material orgánico e inorgánico que queda en la red de muestreo se colocó en bandejas esmaltadas blancas para extraer los organismos que no salen con la sola lavada. Los invertebrados retirados fueron depositados en sus respectivos frascos rotulados y preservados en alcohol al 96%.

7.3.2 Medición de biomasa de raíces

Como se explico con anterioridad se trabajo con biomasa de la raíz como base de la unidad de muestreo, se midió la biomasa de la planta específicamente de la raíz, con fines de comparación con otros estudios buscando la forma de estandarizar la unidad por lo cual la densidad se expresó como número de individuos por biomasa de material vegetal sumergido Ind/ gC (MVS), para esto las raíces fueron secadas al aire libre durante 24 horas, luego secadas al horno a 70°C por 48 horas, período en el cual se obtuvo peso constante. Para esto, cada raíz se peso en una balanza analítica (EXPLORER OHAUS CORPORATION, $\pm 0.02\text{mg}$) inicialmente a las 24 horas de secado y posteriormente cada 12 horas hasta obtener peso seco constante. Posteriormente se obtuvo el peso seco libre de cenizas de cada raíz por calcinación en mufla (Vulcan A551) a 550°C, manteniendo las muestras durante 4 horas (Klemm *et al.* 1990).

7.3.3 Identificación de Macroinvertebrados

El material preservado se identificó hasta el mínimo nivel taxonómico posible con la ayuda las claves especializadas y regionales: McCafferty (1981), Merritt y Cummins (1978), Pennak (1989), Brinkhurst y Marchese (1993), Fernández y Domínguez (2001), Thorp y Covich (2001), Domínguez *et al.* (2006) y Tatcher (2006). Las identificaciones genéricas fueron verificadas por especialistas del Laboratorio de Limnología de la Universidad Jorge Tadeo Lozano y del Laboratorio de Zoología y Ecología Acuática de la Universidad de los Andes.

7.4 FASE DE GABINETE

7.4.1 Cambios en la diversidad de la fauna asociada a las raíces de *E. crassipes*

Los datos obtenidos se organizaron en matrices utilizando el programa Microsoft Excel. Estas matrices contienen los valores de abundancia vs. Ciénaga, además de atributos biológicos y variables fisicoquímicas de cada ciénaga en los dos momentos hidrológicos de muestreo. A partir de estas matrices se realizaron gráficas descriptivas.

Previamente se realizó la prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas las cuales resultaron negativas a partir de los test de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-wilk. Por ende todos los índices aplicados no necesitaron homogeneidad de varianzas ni normalidad.

Para evaluar y comparar los cambios cualitativos y cuantitativos de los macroinvertebrados asociados a las raíces de *E. crassipes* durante dos condiciones hidrológicas, la densidad fue expresada como número de individuos por biomasa de material vegetal sumergido (Ind/gC MVS) modificado de lo propuesto por Bolívar y Rueda-Delgado (2002). La biomasa de las raíces se obtuvo como peso seco libre de cenizas (gC) siguiendo lo propuesto por Klemm *et al.* 1990 el cual es expresado con la fórmula:

$$\text{gC MVS} = \text{PSC (70}^{\circ}\text{C)} - \text{PC (550}^{\circ}\text{C)}$$

Donde:

gC: Gramos de carbono.

PSC: Peso seco constante.

PC: Peso cenizas.

Para establecer los cambios cualitativos de dominancia de la colectividad para cada taxa y familia (en la que no se llegó hasta género) se calculó el índice de dominancia Kownacki 1971 (Paporello de Amsler 1987), este es un índice que da dominancia por categorías a todo el conjunto de datos sin subestimar ninguna especie, el cual se expresa:

$$d = (\bar{O} * 100 / \Sigma \bar{O}) * f$$

Donde:

$\bar{O}$: número medio de individuos de las especies examinadas en la serie de muestreos.

$\Sigma \bar{O}$: 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) en Paporello de Amsler (1987) modificando su 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.

Así mismo, se aplicó el índice no paramétrico Chao 2 para establecer el valor de las especies únicas entre sistemas y momentos de muestreo. Chao 2 es un estimador de la diversidad alfa basado en la riqueza cualitativa de especies, su presencia-ausencia en unidades no iguales de muestreo (Moreno 2001). Se expresa con la fórmula:

$$Chao_2 = S + L^2 / 2M$$

Donde:

L = número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies "únicas").

M = número de especies que ocurren en exactamente dos muestras (Moreno 2001).

Para observar los cambios en la riqueza taxonómica de la colectividad se calculó el índice de Margalef para cada ciénaga en cada período de estudio. Aplicando la formula:

$$D = S - 1 / \ln N$$

Donde:

S= Número de especies.

N= Número total de individuos (Moreno 2001).

7.4.2 Variaciones espaciales y temporales

Para determinar que tan diferente es la condición de *E. crassipes* como hábitat tanto en el tiempo como en el espacio se efectuó una prueba de diversidad beta basada en el coeficiente de similitud de Sorensen entre Ciénagas, construido con la tecnología promedio UPGM, el cuál expresa:

$$I_{\text{Squant}} = 2c / a + b$$

Donde:

a = número de individuos en el sitio A.

b = número de individuos en el sitio B.

c = Número de individuos presentes en ambos sitios A y B (Moreno 2001).

Para establecer la similitud espaciotemporal de la fauna asociada en las raíces de *E. crassipes*, se realizó una matriz de similaridad con su respectiva representación gráfica (Fig 9) mediante el análisis por clúster realizado bajo el programa MVSP 3.13 (Kovach 1985-2007. Computing Services, Londres). Y mediante la agrupación de este dendograma para determinar el grado de permanencia de la colectividad se realizó el análisis inverso de Kaandorp (también denominado matriz inversa) con el propósito de caracterizar las asociaciones a partir de los grupos determinados. Este permite identificar la permanencia de la colectividad e identificar que especies son generalistas, exclusivas y permiten explicar las asociaciones observadas en el clúster (Kaandorp 1986).

Para establecer de las diferencias significativas de los cambios temporales de la abundancia de la colectividad en comparación con los cambios espaciales se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal- Wallis, prueba realizada bajo el programa XLSTAT.

7.4.3 Interacción variables bióticas y abióticas

Para establecer las variables fisicoquímicas de las ciénagas que influyen en la distribución y abundancia de la colectividad se desarrolló un análisis multivariado de interacción entre variables bióticas y abióticas usando el Análisis de Correspondencia Canónico (Zar, 1999), el cuál fue creado para colectividades organizadas en función a gradientes ambientales, como la conductividad en este caso. La representación gráfica de este análisis permitió mostrar el comportamiento temporal y espacial de los atributos biológicos usando el programa MVSP 13.3 (Kovach 1985-2007. Computing Services, Londres).

8. RESULTADOS

8.1 Composición general de la fauna asociada a las raíces de *E. crassipes*

En los tres sistemas cenagosos y dos períodos de muestreo se colectó un total de 11864 individuos (Fig. 2) (41,72% TAA y 58,27%AA) distribuidos en los phyla: Annelida, Arthropoda y Mollusca, pertenecientes a 22 órdenes y 58 familias. Se encontraron para ambos períodos de muestreo en CCSA un total de 72 Taxa representados en 5105 Individuos, para CP 73 y 2445, y en CPV 53 y 4314 taxa e individuos respectivamente. Para el período AA se colectaron 6914 individuos, pertenecientes a 16 órdenes, 32 familias y 46 taxa, representados en 16 órdenes para CCSA y CPV, y para CP 15 órdenes, 27 familias para CP y CPV, y 28 familias para CCSA.

Los resultados muestran que la fauna de invertebrados colectada en las raíces de *E. crassipes* exhibe diferencias en la composición entre los dos períodos de muestreo con un incremento del 16,55% del total de individuos para el muestreo de AA (Fig. 2) , sugiriendo que esta macrófita aumenta la heterogeneidad física del ambiente acuático, el sistema que presentó la mayor variación fue Poza Verde con un aumento del 27,26% y San Antonio con tan solo un 4,91% fue el sistema que presentó la menor variación.

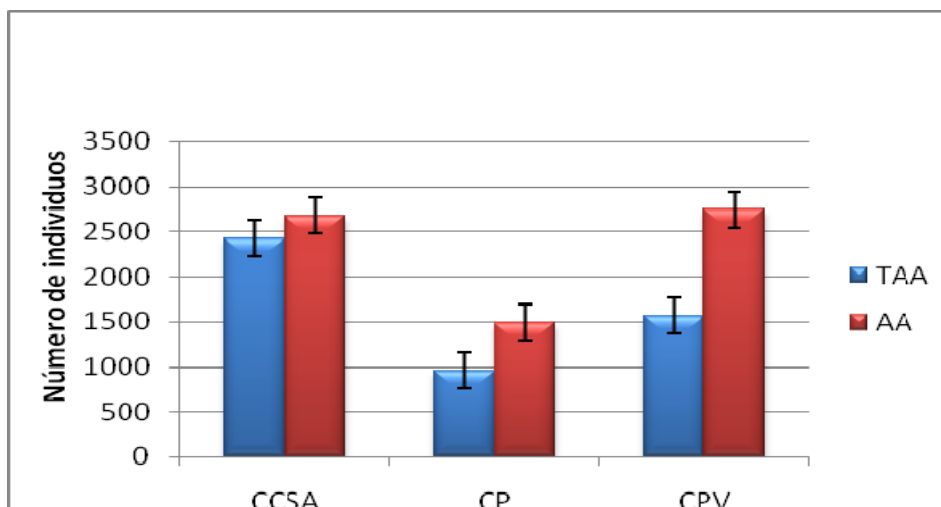


Figura 2 Total de individuos por ciénaga en cada período de estudio TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005). CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde.

En el muestreo de AA las mayores abundancias relativas a nivel de orden (Fig. 3) y familia (Fig. 4) más representativa fueron: Díptera con 19,33% (Chironomidae 17,61%), seguido de Gasterópoda con un 17,80% (Hidrobiidae 16,15%), Conchostraca 17,58% (Cyclestheriidae 17,58%) y Ostrácoda 15,96% (Cyprididae 8,54%) el resto de los órdenes presentaron abundancias menores al 8%, el orden con menor representatividad fue Collembola con 0,02%. En cuanto al cambio entre los dos períodos de estudio se observa para AA claramente una disminución en Díptera y Coleóptera con un 6,82% y 5% respectivamente con relación a TAA. Todo lo contrario para Cladóceras en donde para AA aumentó un 5% en comparación con TAA. Para los otros órdenes existen variaciones que oscilan entre 0,85% y 3,11% entre los períodos de estudio.

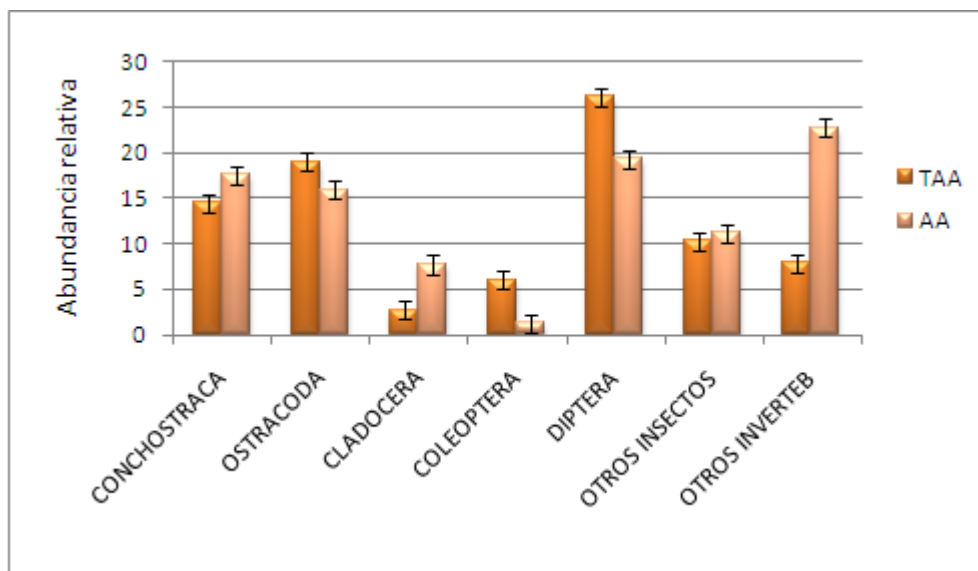


Figura 3 Abundancia relativa a nivel de Orden en cada período de estudio TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005) CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde.

A nivel de familia (Fig. 4) Chironomidae es la predominante para ambos períodos de muestreo, sin embargo, para el presente estudio esta familia en AA disminuye un 7,37%, así mismo para Naididae con 4,07% y Cyprididae con 4,14% en comparación con TAA. Para las otras familias ocurrió lo contrario en donde para AA aumenta la abundancia con relación a TAA, como por ejemplo la familia Hydrobiidae se observó un cambio evidente con un 14,36% de diferencia entre los muestreos, para las otras familias no se tiene una diferencia tan notable, pero sí se presenta cambio en la abundancia de un muestreo al otro, en Cyclestheriidae con una diferencia de 2,64%, Lymnocytheridae de 1,03% en estas se da un aumento en AA, aunque para las familias Caenidae y Hydroptilidae no existió una abundancia marcada, también se evidenció diferencias entre los períodos de estudio en donde nuevamente existe un aumento en AA.

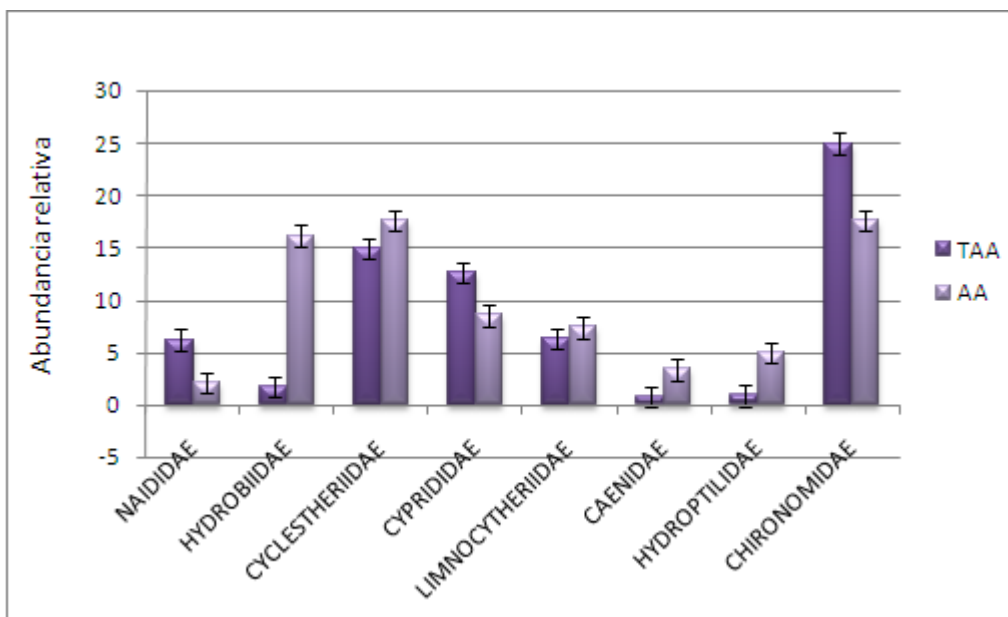


Figura 4 Abundancias relativas a nivel de Familias predominantes en cada período de estudio TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005). CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde.

A nivel de taxa (Fig. 5) se dio un aumento para AA con 20 taxa con relación a TAA, Poza Verde mostró un cambio notorio con un incremento de 47,2%.

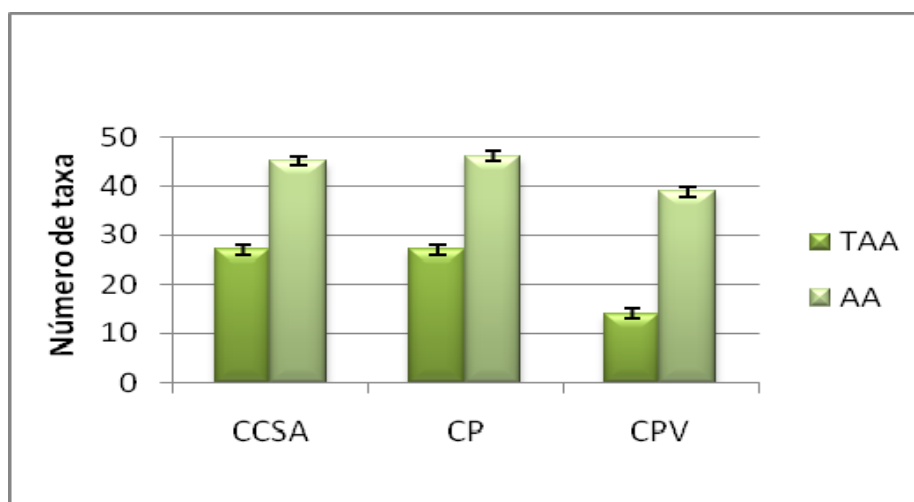


Figura 5 Total de taxa para cada período de estudio TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005). CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde.

Esta fauna esta compuesta por dos grandes grupos, los microcrustaceos y la entomofauna, en este estudio, se observa claramente el reemplazo de los insectos por los microcrustáceos en el muestreo de AA y por ende conectividad con las aguas abiertas de las ciénagas debido a pulso de inundación del río Magdalena (Fig. 6). Los microcrustáceos en AA representan 42,3% de los individuos colectados seguido de la entomofauna con 31,81% (Fig. 6) y 26% restante de anélidos y moluscos. Los microcrustaceos son principalmente filtradores y consumidores de la materia orgánica partícula transportada en el período de inundación.

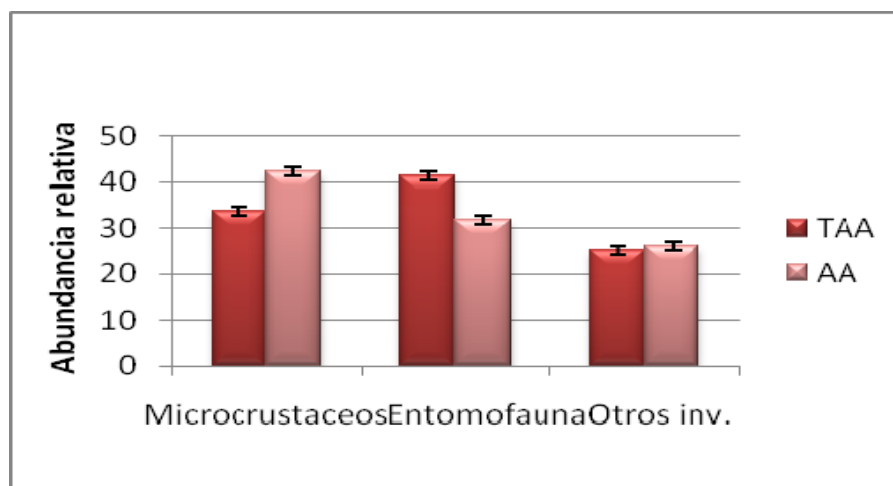


Figura 6 Abundancia relativa de Grupos para los dos períodos de estudio (TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005) CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde.

Las categorías tróficas (Fig. 7) en términos de abundancia relativa más representativos en este estudio fueron: los Colectores Filtradores (Cf) (Conchostracos, Ostrácodos, Cladóceros y algunos Dípteros) y los Raspadores (Ra) que comprenden los Gasterópodos, aumentaron un 2% y 14% respectivamente con relación a TAA (Fig. 7a), esto puede deberse al aumento de la capacidad de filtración de las raíces y el crecimiento del perifiton resultado del aporte de nutrientes y materia orgánica desde el Río Magdalena, materia orgánica aprovechada especialmente por los Raspadores y Colectores de Filtración; los Colectores de Depósito (Re) que incluye Oligoquetos, Chironomidos, algunos

Trichopteros y Hemípteros, disminuyó un 9%, los Depredadores (Pr) (Acarí, Hemípteros, algunos Coleópteros), los Omnívoros (Om) comprendiendo los Decápodos y los Herbívoros (He) de la familia Scirtidae, en comparación con TAA disminuyeron 2%, 3% y 0,92% respectivamente en el presente estudio.

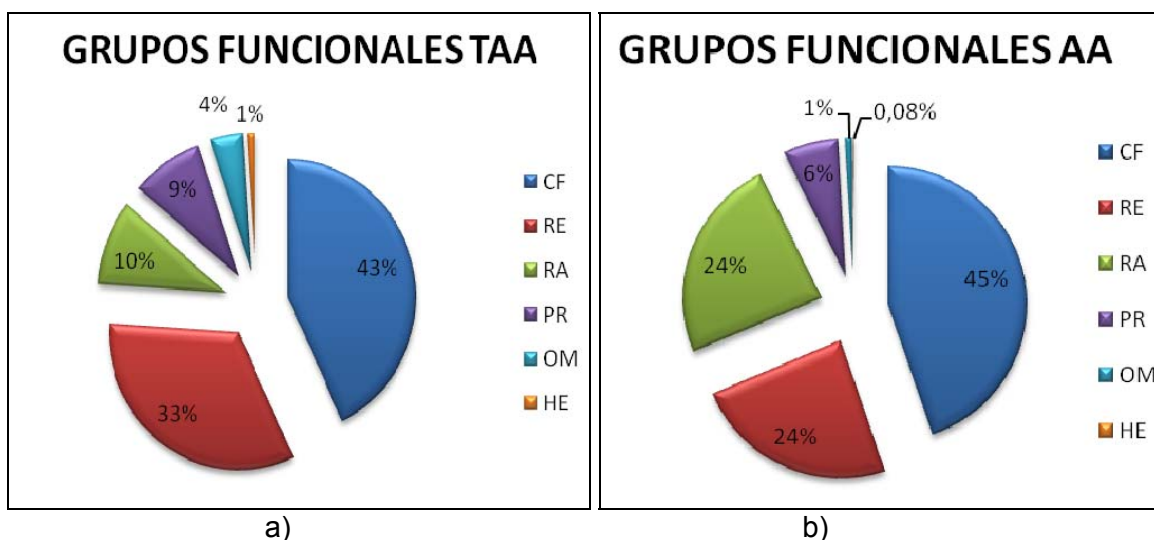


Figura 7 Composición porcentual de los grupos funcionales asociados a las raíces de *E. crassipes* del presente estudio. RE: Colectores de depósito, CF: Colectores filtradores, RA: Raspadores, OM: omnívoros, HE: Herbívoros, PR: Predadores. a) TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005), modificado de Herrera 2007 y b) AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005).

Los cambios en abundancias de un muestreo al otro para AA es en su mayoría donde se observaron ganancias (Fig. 8) a nivel de orden, se observa ganancias en cuanto a la composición de los microcrustáceos a excepción de los Copépodos, Otros Invertebrados con 24,93% es el que presentó la mayor ganancia para AA, seguido de Conchostraca con 22,29%, se observa pérdida en AA en la entomofauna para Díptera y Coleóptera en comparación a TAA. Viéndose reflejado el cambio de TAA a AA donde aumenta la concentración de materia orgánica aprovechada por los microcrustáceos.

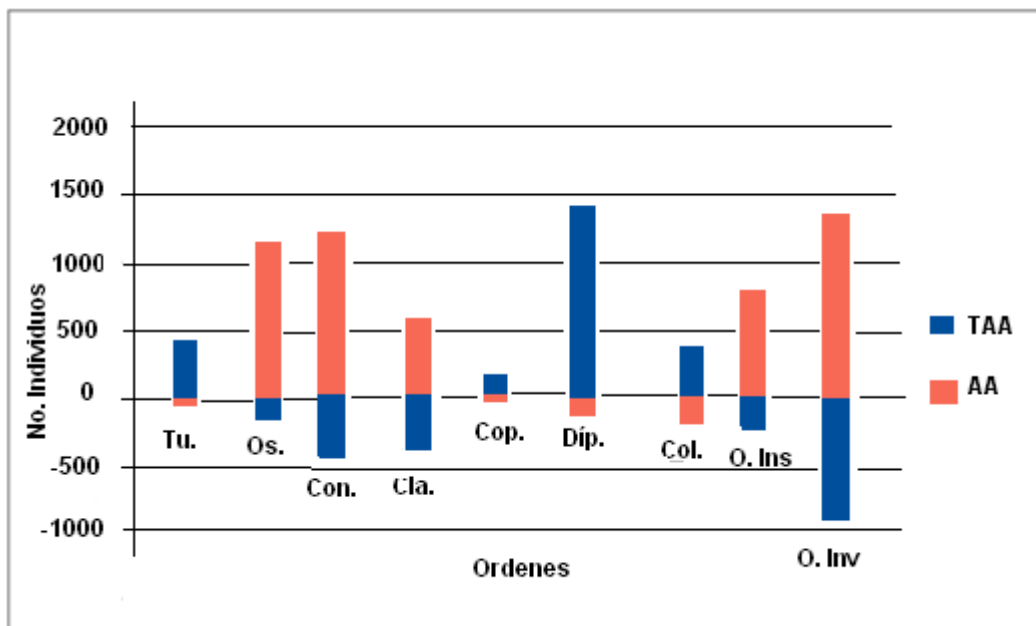


Figura 8 Gráfica pérdidas y ganancias de un periodo de muestreo TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) al otro AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005) a nivel de orden, Tu: Tubificidae, Os: Ostrácoda, Con: Conchostraca, Cla: Cladóceras, Cop: Copépoda, Díp: Díptera, Col: Coleóptera, O. Ins: Otros Insectos y O. Inv: Otros Invertebrados.

8.2. Cambios en la diversidad de la fauna asociada a las raíces de *E. crassipes*.

Los índices de riqueza de Margalef, chao 2, Kownacki y Sorensen, muestran la diferencia entre la riqueza, la dominancia y la similaridad en la fauna de macroinvertebrados colectados en las raíces de *E. crassipes*.

8.2.1 Riqueza de Margalef

Los valores de Margalef (Tabla 1) para las tres ciénagas muestran una riqueza elevada para TAA y CP para AA, ya que no están por dentro del modelo matemático de margalef donde claramente sobrepasan los 5,99 bits establecidos por Margalef (1958). La elevada riqueza podría estar siendo determinada por la menor fluctuación en la conductividad para CCSA y CP. Junk 2006, dice que la riqueza del trópico esta por encima de lo establecido por modelos europeos de

zonas templadas, por ende no es raro que para este muestreo se presente elevada riqueza. La excepción para TAA fue Poza Verde con 4,22 y en la ciénaga Complejo Pajarales con 6,021 es el único sistema que indica una elevada riqueza para AA. Así mismo del total del estudio para cada período estos valores son la riqueza del total de individuos para cada período el cual sigue mostrando elevada riqueza para TAA.

Tabla 1 Valores de Riqueza de Margalef para cada ciénaga para los dos períodos de estudio TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005) (n=72). CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde.

	D (AA)	D (TAA)
CCSA	5,575	6,550
CP	6,021	7,300
CPV	4,799	4,220
TOTAL ESTUDIO	5,881	7,100

8.2.2 Diversidad alfa Chao2

Los resultados de esta prueba muestran que en AA para CCSA con un valor de Chao2 (Tabla 2) de 59 indican que en este sistema existen muchas especies únicas evidenciando la particularidad del hábitat, este es el sistema que es más lejano, con diferentes bahías y diferentes condiciones, y Poza Verde para el (TAA) con Chao2 de 35 es el grupo de datos que tiene menor abundancia de especies únicas, dado que este sistema estuarino tiene menor área.

Tabla 2 Valores del estimador Chao2 para cada ciénaga para los dos períodos de estudio TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005) (n=36). CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde.

	Chao2 (AA)	Chao2 (TAA)
CCSA	59	41
CP	43,08	38,66
CPV	43,08	35

8.2.3 Índice de Dominancia Kownacki

En el período AA los taxa dominantes según el índice de Kownacki (Tabla 3) fueron en orden descendente: Familia Limnocytheriidae (d=1,415) con densidad media de 5,2517 Ind/gC MVS (Tabla 4), seguido de la familia Cyprididae, (d=1,310) y densidad de 10,38 Ind/gC MVS, en tercer lugar la familia Hidrobiidae (d=1,363) con 12,14 Ind/gC MVS que es la mayor densidad promedio para AA y finalmente *Parachironomus* sp (d=1,363) con una densidad media de 7,30 Ind/gC MVS así mismo, con una frecuencia de colecta mayor al 85% es dominante para AA con (Anexo B). Para TAA el taxa dominante fue *Cyclestheria* sp. (d= 1,29), en todas las Ciénagas y densidad media de 8 Ind/gC MVS, para AA sigue siendo dominante pero por debajo de las familias nombradas anteriormente (d= 1,258) y 14,61 Ind/gC MVS, para ambos muestreos con una frecuencia de colecta mayor al 80 %.

Tabla 3 Índice de Dominancia de Kownacki (D) (Kownacki 1971 en Paporello de Amsler 1987), 4: Dominante, 3: Subdominante, 2: Poco frecuente, 1: Raro, para los dos períodos de estudio TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005).

TAXA	TAA		AA	
	D	RANGO	D	RANGO
<i>Cyclestheria</i> sp.	1,29	4	1,258	4
HYDROBIIDAE	1,23	4	1,363	4
PLANORBIIDAE	1,19	4	1,153	4
<i>Hydrocanthus</i> sp.	0,95	4	0,996	4
CYPRIDIDAE	0,88	3	1,31	4
<i>Rhantus</i> sp.	0,63	3	0,262	1
<i>Mansonia</i> sp.	0,76	3	0,052	1
LIMNOCYTHERIIDAE	0,47	2	1,415	4
<i>Dero</i> sp.	0,57	2	1,048	4
<i>Arrenurus</i> sp.	0,66	2	1,048	4
<i>Miathyria</i> sp.	0,57	2	0,943	4
<i>Acroperus</i> sp.	0,47	2	0,891	4
<i>Paraplea</i> sp.	0,57	2	0,681	3
<i>Tenogobia</i> sp.	0,47	2	0,419	2
<i>Caenis</i> sp.	0,32	1	0,996	4
<i>Neotrichia</i> sp.	0,32	1	0,681	3
<i>Hydroporus</i> sp.	0,38	1	0,262	1
<i>Cyrnellus</i> sp.	0,35	1	0,262	1
<i>Oxyethriria</i> sp.	0,09	1	0,262	1
<i>Celina</i> sp.	0,19	1	0,21	1
<i>Tropisternus</i> sp.	0,22	1	0,105	1
BAETIDAE	0,13	1	0,052	1
STAPHYLINIDAE	0,09	1	0,052	1

Dero sp., *Arrenurus* sp., *Caenis* sp., *Hydrocanthus* sp. y *Miathyria* sp., son los taxa que componen un segundo grupo dominante con **d** entre 1,048 y 1,62 Ind/gC MVS pero con una frecuencia de colecta entre el 65 y 75%.

Los taxa raros (No dominantes) fueron: *Mansonia* sp. y taxa de las familias Baetidae y Staphylinidae compartiendo un **d** de 0,052 y para *Mansonia* sp. una densidad promedio de 0,011 Ind/gC MVS para AA, y como se observa en la Tabla 3 *Mansonia* sp. y *Rhantus* sp. para TAA fueron subdominantes con **d**= 0,76 y 0,63 respectivamente, indicando claramente su cambio en dominio de un muestreo a otro, pasando de subdominantes a raros. *Caenis* sp. para TAA (**d**=0,32) fue raro con un rango de dominancia de 1 y para AA con un **d**= 0,996 (Rango 4) y 3,26 Ind/gC MVS y una frecuencia de colecta mayor al 70%, se da un cambio evidente de raro a dominante. Para el taxa perteneciente a la familia Limnocytheriidae

también mostró un cambio de poco frecuente para TAA con $d= 0,47$ (Tabla 3) a dominante para AA con un $d= 1,415$. Para este estudio dentro de los taxa subdominantes están *Paraplea* sp y *Neotrichia* sp. ambas con $d= 0,681$, y $1,16$ y $1,63$ Ind/gC MVS respectivamente. Y el taxa poco frecuente fue *Tenagobia* sp. con $d= 0,419$.

En general estos resultados del índice de Kownacki evidencian los cambios de dominancia marcados principalmente por los ostrácodos y gasterópodos que pasan de poco frecuente a dominante. Al producirse AA se manifiesta el reemplazo de los insectos por los microcrustáceos como grupo de mayor abundancia, para TAA aun se mantienen algunas condiciones ambientales de Aguas Bajas la cual debido al desmejoramiento de estas condiciones como por ejemplo la perdida de oxígeno que produce el estrechamiento del hábitat y el aumento de la competencia y predación por ende para TAA se encontraran menos individuos en comparación con AA como se observa claramente en las graficas descriptivas.

Tabla 4 Densidad promedio de Macroinvertebrados colectados en las tres Ciénagas en el periodo de aguas altas AA, Diciembre 2005 expresado como Ind/gC MVS ($n=36$). X: Media; DS: desviación estándar. CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde.

	CCSA		CP		CPV	
	X	DS	X	DS	X	DS
<i>Dero</i> sp.	1,011	± 1,458	2,289	± 3,592	1,562	± 3,31
<i>Spirosperma</i> sp	0,836	± 1,185	0,984	± 2,136	0,203	± 0,395
PLANORBIDAE	1,487	± 1,58	1,475	± 2,19	1,574	± 4,745
HIDROBIIDAE	11,82	± 11,98	19,21	± 21,02	5,417	± 6,303
<i>Arrenurus</i> sp.	1,068	± 1,552	1,074	± 1,367	0,798	± 1,31
Acarii morfo A	0,461	± 0,885	0,207	± 0,419	0,063	± 0,153
Acarii morfo B	0,105	± 0,134	0,434	± 0,762	0,048	± 0,165
Oribatei morfo C	1,526	± 2,416	0,7	± 1,044	0	± 0
<i>Cyclestheria</i> sp.	10,26	± 17,25	6,371	± 7,58	27,23	± 46,54
CYPRIDIDAE	9,53	± 14,26	3,234	± 4,41	8,557	± 12,48
LIMNOCYThERIIDAE	6,741	± 8,018	2,89	± 3,486	6,124	± 10,46
<i>Acroperus elongata</i>	3,117	± 4,372	1,155	± 2,44	12,95	± 21,05
<i>Disparalona</i> sp.	0,328	± 0,583	0,868	± 1,77	0	± 0
<i>Diacyclops</i> sp.	1,236	± 1,538	0,615	± 0,911	0,244	± 0,683
JANIRIDAE	0,35	± 1,07	0,883	± 2,4	1,669	± 4,303
<i>Sminthurus</i> sp.	0,015	± 0,052	0	± 0	0,023	± 0,079
BAETIDAE	0,011	± 0,038	0	± 0	0	± 0
<i>Caenis</i> sp.	0,398	± 0,583	1,737	± 4,142	7,659	± 15,26
<i>Myathyria</i> sp.	0,656	± 0,756	2,795	± 6,039	0,995	± 1,56
<i>Nanocladius</i> sp.	3,7048	± 9,7766	8,658	± 29,88	15,19	± 29,1

Continuación Tabla 4 Densidad promedio de Macroinvertebrados presentes en las tres Ciénagas del presente estudio AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005)). Expresado (Ind/gC). X: Media; DS: desviación estándar. CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde.

	CCSA			CP			CPV		
	X	DS		X	DS		X	DS	
<i>Tenagobia inmd.</i>	0,076	±	0,177	0,128	±	0,238	0,161	±	0,353
<i>Cyrnellus sp.</i>	0	±	0	0,504	±	1,246	0,477	±	0,943
<i>Policentropus sp.</i>	0,138	±	0,414	0,074	±	0,255	0	±	0
<i>Oxyethira sp.</i>	0,115	±	0,29	0,074	±	0,255	0,068	±	0,166
<i>Neotrichia sp1</i>	0,301	±	0,72	1,602	±	4,143	5,308	±	9,916
<i>Neotrichia sp2</i>	0,503	±	1,046	0,442	±	1,398	4,481	±	7,752
<i>Schoenobiinae</i>	0,032	±	0,075	0,037	±	0,128	0,7	±	1,25
<i>Celina sp.</i>	0,045	±	0,156	0,037	±	0,128	0,083	±	0,216
<i>Dytiscus sp.</i>	0,058	±	0,107	0,049	±	0,171	0	±	0
<i>Hydroporus sp.</i>	0,07	±	0,167	0,19	±	0,437	0	±	0
<i>Rhantus sp.</i>	0,026	±	0,062	0,036	±	0,125	0,159	±	0,472
<i>Hydrocanthus sp.</i>	0,982	±	1,003	0,369	±	0,313	0,1	±	0,239
STAPHYLINIDAE	0	±	0	0,037	±	0,128	0	±	0
<i>Tropisternus sp.</i>	0	±	0	0,072	±	0,251	0,018	±	0,064
<i>Microchara sp.</i>	0,041	±	0,1401	0,062	±	0,215	0,136	±	0,472
ELMIDAE	0,015	±	0,052	0	±	0	0	±	0
CURCULIONIDAE	0	±	0	0,037	±	0,128	0	±	0
<i>Culex sp.</i>	0,015	±	0,052	0,062	±	0,215	0,136	±	0,472
<i>Deinocerites sp.</i>	0,015	±	0,052	0	±	0	0	±	0
<i>Mansonia sp.</i>	0,011	±	0,038	0	±	0	0	±	0
CERATOPOGONIDAE	0,29	±	0,4291	0,625	±	1,044	1,42	±	1,454
<i>Probesia sp.</i>	0,192	±	0,4744	1,573	±	2,162	0,438	±	0,962
<i>Macropelopia sp.</i>	0,895	±	1,4509	0,884	±	1,497	25,65	±	81,4
<i>Labrundinia sp.</i>	0,147	±	0,3074	0,422	±	0,616	0,488	±	1,391

8.3 Variaciones espaciales y temporales

8.3.1 Índice de Sorensen

Este índice (Is) muestra que para el período de AA la faunas colectadas en los tres sistemas son similares (Is>0,8), para el período de TAA existe alta similitud entre CCSA-CP (Is=0,88) y menor similitud de estos dos muestreos con el efectuado con la CPV, que para este periodo presenta claras diferencias de conductividad. Finalmente el análisis muestra que los dos muestreos son disímiles (Is=0,22).

Tabla 5 Valores del Índice de Sorensen en cada período de estudio TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005) (n=72). CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde.

Períodos de muestreo	Ciénagas	Is
AA	CCSA – CP	0,86
	CCSA – CPV	0,81
	CP – CPV	0,87
TAA	CCSA – CP	0,88
	CCSA – CPV	0,53
	CP – CPV	0,61
TAA – AA	CCSA	0,5
	CP	0,50
	CPV	0,38
TAA – AA	TOTAL	0,22

8.3.2 Kruskall - Wallis

Mediante el análisis de Kruskal-Wallis se establecieron las diferencias significativas entre las ciénagas entre los dos períodos de estudio a nivel de abundancia de especies ($\chi^2=11,070$, $p=0,012$). Verificando el resultado de las gráficas descriptivas donde se observan las diferencias significativas del total de individuos, del total de taxa y de abundancia a nivel de orden y familia.

8.3.3 Análisis de Kaandorp

Al comparar la composición de las estaciones (ciénagas) en los dos períodos de muestreo (TAA-AA), se encontró que la fauna se separó en dos grupos con un 35% de similaridad (Fig. 9) aproximadamente, este muestra que los dos momentos son diferentes entre si pero similares a nivel regional. Se formaron 2 grupos, el primer agrupamiento se dio para CCSA y CP del TAA (Grupo A) con un porcentaje de similaridad de 48,09%, y el segundo están CCSA, CP y CPV de AA y CPV de TAA (Grupo B). Las especies que hacen que se formen estos dos grupos son, para el grupo A: *Disparalona* sp., *Diacyclops* sp., *Sminthurus* sp., *Microvelia* sp., *Pelocoris* sp., *Neotrichia* sp2., *Dytiscus* sp., *Culex* sp., y *Probesia* sp. especies exclusivas de este grupo (Tabla 6), y para el grupo B: *Physurella* sp.,

Pseudosida sp., *Macrothrix rosea*, *Notonecta* sp., *Neoplea* sp., y *Bellostumus* sp. especies exclusivas del grupo B (Tabla 6).

A partir de el agrupamiento de estos dos grupos se realizó el análisis de Kaandorp (Tabla 6) en donde en general se observó que existen unas especies exclusivas del Grupo B como por ejemplo *Physurella* sp., *Pseudosida* sp., *Neoplea* sp., cada una con 100% y otras del Grupo A como *Spirosperma* sp, *Disparalona* sp, *Microvelia* sp. con 100% cada una. Para *Baetis* sp. y *Paraplea* sp. son especies generalistas, fueron las que no se vieron afectadas por la época no existe exclusión de estas por el paso de un período climático al otro, sus abundancias se encuentran distribuidas en los dos períodos climáticos (Tabla 6), el cambio se observa en aumento de microcrustaceos respecto a la entomofauna para AA. Así mismo se presentaron especies en ambos grupos pero por ejemplo *Acroperus elongata* con 99,30% se destaco por su abundancia relativa en el grupo A, seguida de *Caenis* sp. con 98,78% y *Neotrichia* sp1 con 94,27%.

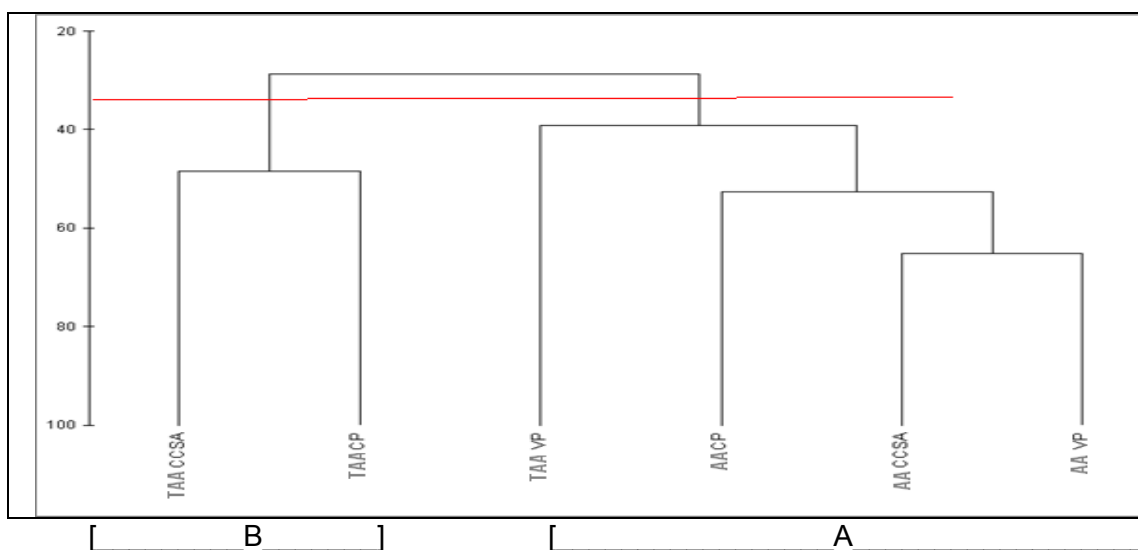


Figura 9 Dendrograma de similaridad estableciendo la similitud espaciotemporal de la fauna asociada a las raíces de *E. crassipes*. TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) al otro AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005). CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde.

Estas especies que están presentes en ambos grupos pero con diferente porcentaje como por ejemplo *Arrenurus* sp., donde para el grupo A con 69,12% y

para grupo B con 30,87% se destacan más para un grupo que para el otro, evidencian la permanencia de especies generalistas en más del 60% de los taxa.

Tabla 6 Análisis inverso de Kaandorp (n=72) indicando la agrupación de las estaciones de acuerdo a la composición de la fauna en las raíces de *E. crassipes*. Nótese que los rectángulos resaltados en gris indican las especies características entre los grupos.

ESPECIES	GRUPO A	GRUPO B
<i>Dero</i> sp.	37,817259	62,1827411
<i>Physurella</i> sp.	0	100
<i>Arrenurus</i> sp.	69,127517	30,8724832
<i>Acroperus elongata</i>	99,308642	0,69135802
<i>Disparalona</i> sp.	100	0
<i>Pseudosida</i> sp.	0	100
<i>Diacyclops</i> sp.	100	0
<i>Macrothrix rosea</i>	0	100
<i>Macrocyclops</i>	5,3571429	94,6428571
<i>Sminthurus</i> sp.	100	0
<i>Gammarus</i>	20	80
<i>Callibaetis</i> sp.	30	70
<i>Baetis</i> sp.	42,857143	57,1428571
<i>Caenis</i> sp.	98,785425	1,2145749
<i>Mythyria</i> sp.	80,930233	19,0697674
<i>Microvelia</i> sp.	100	0
<i>Notonecta</i> sp.	0	100
<i>Paraplea</i> sp.	50,60241	49,3975904
<i>Neoplea</i> sp.	0	100
<i>Pelocoris</i> sp.	100	0
<i>Tenagobia</i> sp.	89,140271	10,8597285
<i>Bellostumus</i> sp.	0	100
<i>Cyrnellus</i> sp.	84,834123	15,1658768
<i>Policentropus</i> sp.	100	0
<i>Oxyethira</i> sp.	84,210526	15,7894737
<i>Neotrichia</i> sp1.	94,271482	5,72851806
<i>Neotrichia</i> sp2.	100	0
<i>Dytiscus</i> sp.	100	0
<i>Hydroporus</i> sp.	22,95082	77,0491803
<i>Rhantus</i> sp.	8,6956522	91,3043478
<i>Tropisternus</i> sp.	27,659574	72,3404255
<i>Microchara</i> sp.	75	25
<i>Culex</i> sp.	100	0
<i>Mansonia</i> sp.	0,8510638	99,1489362
<i>Probesia</i> sp.	100	0
<i>Chironomus</i> sp.	17,73309	82,2669104

8.4 Interacción variables bióticas y abióticas

8.4.1 Variables fisicoquímicas

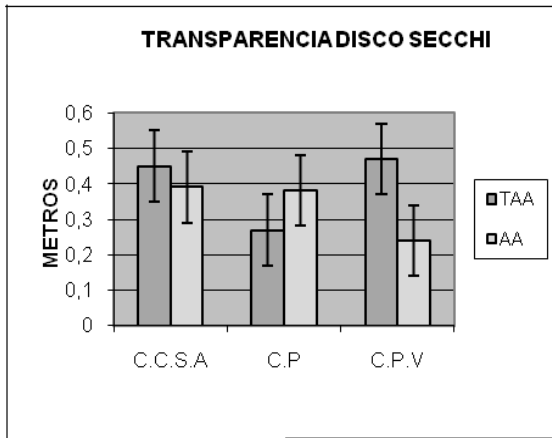
Las variables fisicoquímicas no presentan diferencias marcadas entre períodos climáticos, las diferencias significativas se observan en las variables de oxígeno disuelto y conductividad, las ciénagas PV y CCSA disminuyen los valores de conductividad para el período de AA resultado del ingreso del agua de río Magdalena. Para el complejo Pajarales (CP) la conductividad se incrementa para este periodo debido a que el canal de conexión con el río Magdalena se encontraba taponado para el momento de muestreo.

8.4.1.1 Transparencia

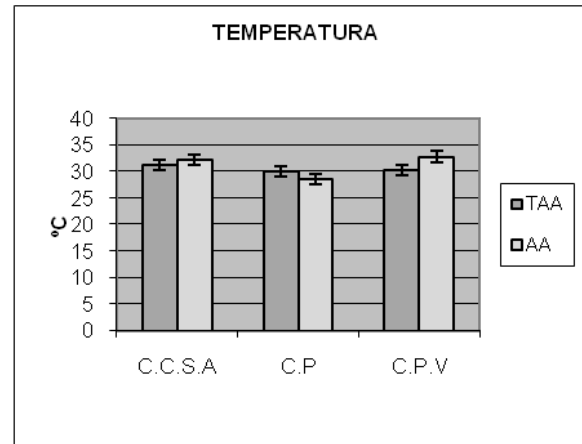
La profundidad de transparencia de Disco Secchi de la ciénaga de San Antonio entre los dos períodos climáticos (Fig. 10a) presentó una diferencia de tan solo 0,06m entre los períodos de estudio TAA-AA, en Pajarales donde se esperaba que la transparencia disminuyera por el aporte de sólidos, esta aumentó para AA 0,11m, posiblemente porque el caño aguas negras estaba taponado en el momento del muestreo y en Poza Verde es donde se observó un cambio marcado en donde la transparencia disminuye 0,23m para el muestreo AA.

8.4.1.2 pH

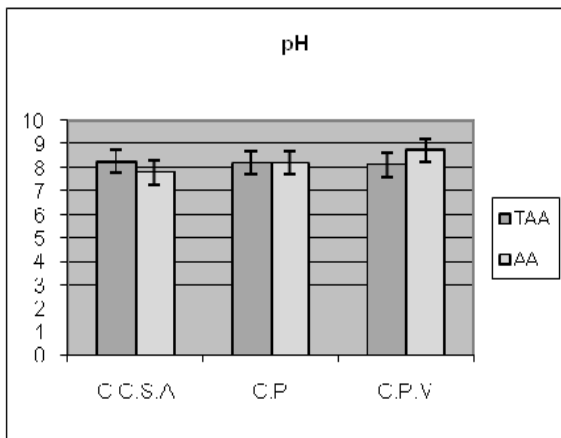
Los valores registrados en el pH para cada estudio (Fig. 10 c) mostraron una similaridad para la ciénaga Pajarales con un valor promedio de 8,2, lo contrario para la ciénaga de San Antonio en donde disminuye para el periodo de AA con una diferencia de 0,45 con relación a TAA y Poza verde el cual aumento 0,6 para el estudio de AA.



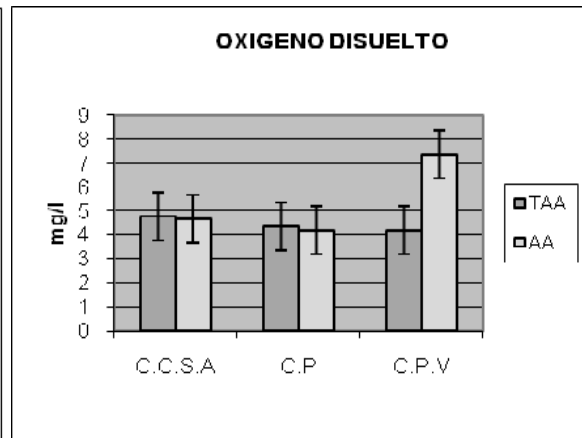
a)



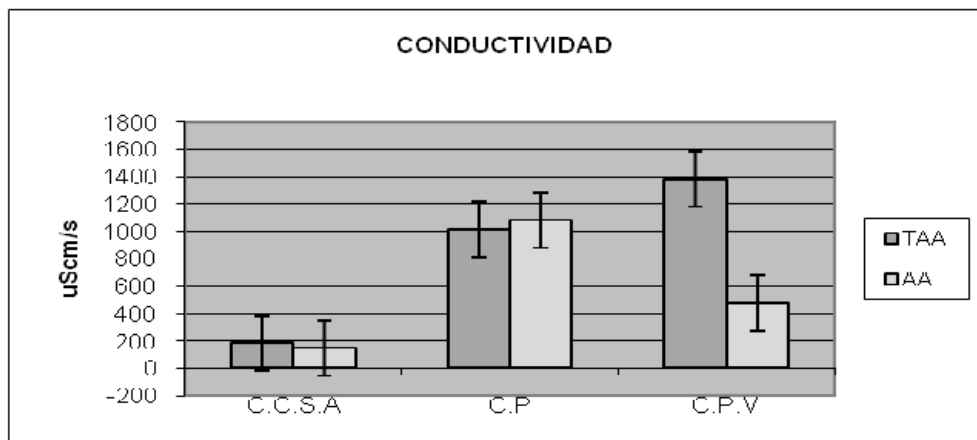
b)



c)



d)



e)

Figura 10 Variables fisicoquímicas para cada período climático de estudio TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005) para las tres ciénagas (C.C.S.A (Cienaga San Antonio), C.P (Complejo Pajarales) y V.P (Poza Verde). (a) Transparencia Disco Secchi, (b) Temperatura, (c) pH, (d) Oxígeno Disuelto, (e) Conductividad.

8.4.1.3 Temperatura

La ciénaga donde se observó una variación en la temperatura del período climático TAA a AA fue Poza Verde (Fig. 10 b) la cuál varió 2,61°C, las otras dos ciénagas no presentaron un cambio tan marcado, la temperatura en sistemas cálidos tropicales por encima de los 25°C implican mayor actividad metabólica y por ende menor concentración de oxígeno (Fig. 10d).

8.4.1.4 Conductividad

El sistema que presentó durante los dos períodos de estudio las más bajas conductividades (Fig. 10 e) fue San Antonio, en este para AA bajo 35,75 uScm/s en comparación con TAA, lo contrario para Poza Verde en el período de AA en donde se dio la mayor variación de la conductividad la cual disminuyó 906 uScm/s en comparación con TAA, esta disminución para estos dos sistemas son el resultado de la acción de la inundación del Río Magdalena ya que para PV donde debería haber aumentado su conductividad por ser un estuario disminuyo considerablemente posiblemente porque existió una obstrucción en el caño clarín que conecta directamente con el mar. Para Pajarales se observó una variación de 70,58 uScm/s en donde para el período de AA aumenta en comparación con TAA, como resultado del taponamiento del caño en el momento del muestreo causando mayor evotranspiración y por ende aumento en la conductividad.

8.4.1.5 Oxígeno Disuelto

Las ciénagas de San Antonio y Pajarales no presentaron un cambio marcado en el oxígeno disuelto (Fig. 10d) entre los dos períodos de estudio, en Poza Verde es donde se observó una variación para el período de AA aumentó 3,17mg/L en comparación con TAA, posiblemente por mayor circulación.

Para el muestreo AA las ciénagas presentaron diferencias fisicoquímicas en cuanto a su carga orgánica e inorgánica pero sin una tendencia común (Tabla 7). Los nutrientes NO₂, NO₃, PO₄ y Carbono para C.P presentan cambios marcados respecto a las otras ciénagas. Para C.P.V SiO₂ es el que presenta cambios respecto a las otras dos ciénagas. Estas diferencias parecen tener una influencia en la composición en la fauna asociada.

Tabla 7 Variaciones de las cargas orgánicas e inorgánicas del agua para el período AA (n=45). X: Promedio y DS: Desviación estándar. CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde.

VARIABLES	C.C.S.A.	C.P.	P.V.
	X - DS	X - DS	X - DS
NO ₂ [μM/L]	0,095 ± 0,033	0,290 ± 0,152	0,182 ± 0,073
NO ₃ [μM/L]	0,450 ± 0,279	3,047 ± 0,756	1,558 ± 2,127
NH ₄ [μM/L]	7,212 ± 6,387	8,276 ± 4,586	2,253 ± 1,400
PO ₄ [μM/L]	0,033 ± 0,062	0,916 ± 0,717	0,433 ± 0,349
SiO ₂ [μM/L]	218,452 ± 15,937	177,269 ± 28,352	164,666 ± 54,542
Carbono [mg/L]	4,000 ± 919,94	6,107 ± 2277,97	3,519 ± 933,10

8.4.2 Análisis de Correspondencia Canónico

Los Análisis canónicos de correspondencia mostraron diferencias fisicoquímicas y biológicas entre los muestreos de Transición (TAA) y Aguas Altas (AA) (Fig. 11 y 12). Esta diferencia está determinada por la conductividad para la ciénaga de CPV para el período de TAA, Disco Secchi en CP y CCSA para TAA, la temperatura en el CP y CCSA para AA, y el O.D en VIPIS para AA.

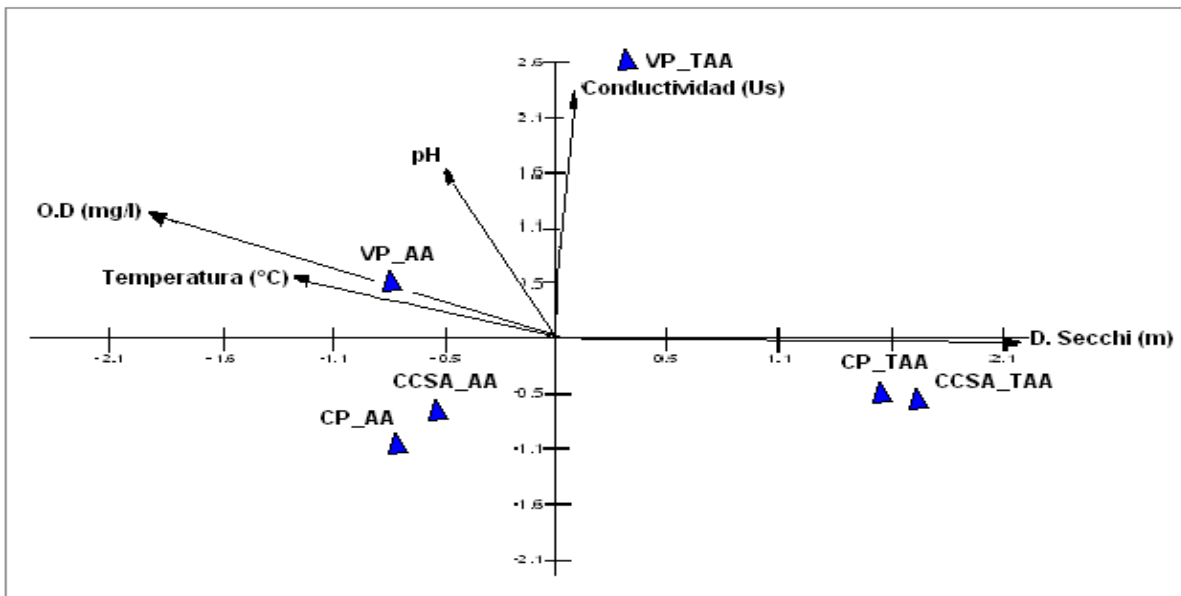


Figura 11 Gráfica del análisis de correspondencia canónica de los factores fisicoquímicos en tres sistemas cenagosos para cada período climático de estudio TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005). CCSA: Ciénaga del Cerro de San Antonio, CP: Ciénaga Complejo Pajarales y CPV: Ciénaga Poza Verde.

Las variables limnológicas de las ciénagas no están influyendo directamente en la distribución y abundancia de la colectividad, no hay diferenciación clara correspondiente a las variables fisicoquímicas (Fig. 12). Los géneros *Tenagobia* sp. y *Cyrnellus* sp. están representados por las familias Corixidae y Policentropodidae respectivamente para la Conductividad en el período de TAA, géneros que soportan fluctuaciones en la conductividad. Para el Disco Secchi las familias que están limitadas por esta variable fueron Cyclopodidae, Gammaridae, Staphylinidae, Planorbiidae y Noteridae.

Para AA la variable que varía significativamente fue O.D encontrándose asociados a esta variable los géneros *Caenis* sp., *Acroperus elongata* y *Microvelia* sp. Así mismo la Temperatura para *Neotrichia* sp., *Culex* sp. y de la familia Chironomidae los géneros *Tanytarsus* sp., *Parachironomus* sp. y *Polypedillum* sp. Para los demás invertebrados no se observó una clara influencia ya sea positiva o negativa de las variables ambientales medidas.

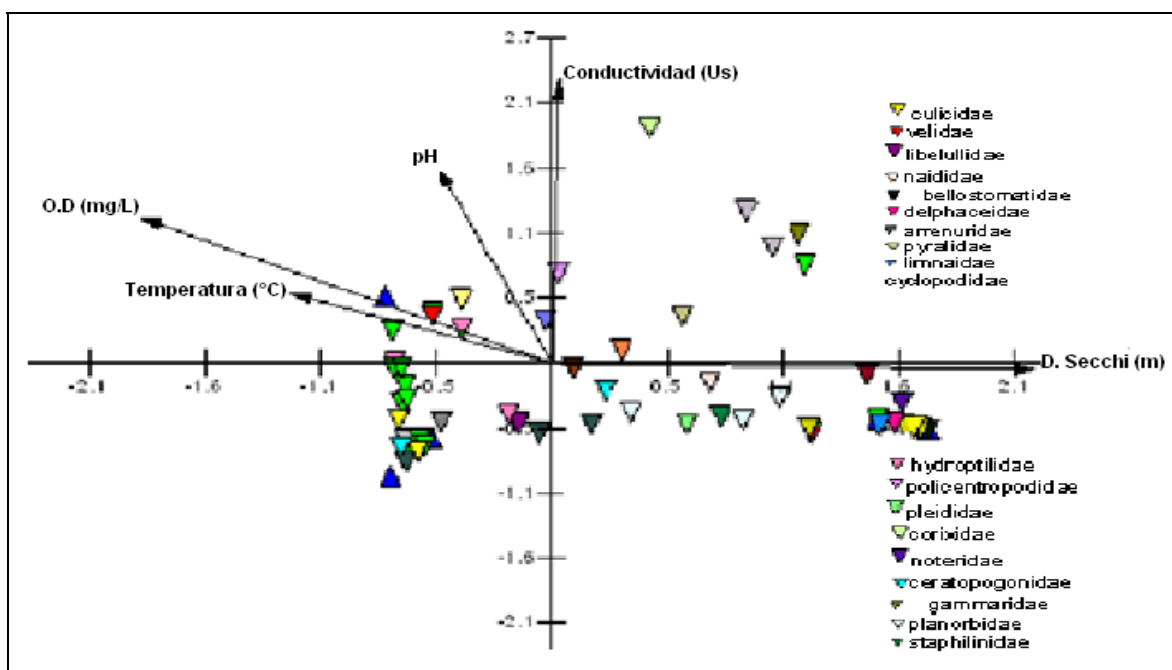


Figura 12 Gráfica del análisis de correspondencia canónico de la interacción entre las variables bióticas y abióticas para los dos períodos de muestreo TAA (muestreo transición aguas en ascenso, Agosto 2005) y AA (muestreo aguas altas, Diciembre 2005). Notese la distribución de las familias en su respectivo color.

9. DISCUSIÓN

9.1 Composición y estructura de la fauna colectada

De acuerdo con los diferentes estudios realizados en varias latitudes, donde se ha registrado gran riqueza de especies asociadas a las raíces de *E. crassipes*, no dudan en afirmar que esta macrófita dada su bioarquitectura (Dioni 1967 en Poi de Neiff *et al.* 1994) constituye un hábitat complejo con cambios espaciotemporales que producen un microhabitat para el establecimiento de una diversa fauna (Rocha *et al.* 2006).

Los resultados obtenidos de la fauna asociada (Anexo A) a las raíces de esta macrófita a nivel de familia para el presente estudio son similares a los registrados

en estudios previos (Tabla 8). Se comparte el 50% de las familias con las reportadas en Mexico por Rocha (2006) en sistemas costeros y con la fauna colectada en Argentina se comparte el 84% de las familias Poi de Neiff y Neiff (2006) para sistemas inundables del Río Paraná.

La colectividad de macroinvertebrados cambia en abundancia y diversidad dependiendo de los cambios en la dinámica de los sistemas acuáticos y las condiciones de las variables fisicoquímicas de acuerdo al período hidrológico, soporte de la geología de las áreas estudiadas, disponibilidad de nutrientes propios de las zonas geográficas donde se encuentran (Poi de Neiff y Neiff 2006), los cambios en la composición de macroinvertebrados en la mayoría de los casos están directamente relacionados con los niveles de tolerancia de cada especie (Rocha *et al.* 2006). Para este estudio el ingreso de materia orgánica proveniente del Río Magdalena, determinó una heterogeneidad de la dominancia de órdenes como: Ostrácoda, Conchostraca, Gasterópoda y Díptera los cuales aprovechan el aumento de materia orgánica para el período de AA como se mostró en el índice de Kownacki.

La colectividad hallada en las raíces de *E. crassipes* no solo es el resultado de movimientos del tapete a lo largo de la superficie del cuerpo de agua (transportador pasivo), que favorece la dispersión de organismos asociados (Rocha *et al.* 2006), sino que además es una hábitat propicio para el establecimiento de organismos en sus diferentes etapas de su ciclo de vida, esto se evidenció con los resultados obtenidos con el análisis de Kaandorp (Tabla 6), que mostró la permanencia de especies generalistas en más del 50%. Esta asociación se soporta por el hecho de encontrar estadíos que van desde larva hasta adulto, en especial en Dípteros y Coleópteros. Se ha establecido que estos organismos usan las macrófitas para la reproducción, ovoposición, protección y como un recurso de alimento de forma parcial o total de su ciclo de vida (Bailey y Littercik 1993). La compleja bioarquitectura radicular de *E. crassipes*, permite la retención de grandes cantidades de biomasa fitoplanctónica, sólidos en suspensión que enriquece la

condición de esta macrófita como hábitat propicio para el establecimiento de una diversa fauna de invertebrados (Poi de Neiff et al. 1994, Meerhoff y Mazzeo 2004).

Tabla 8 Estudios comparativos de Macroinvertebrados asociados a *E. crassipes*. (Modificada de Herrera 2007). Nótese que los rectángulos resaltados en gris los grupos más estables.

TAXA	Bailey y Litterick 1993	Rocha et al. 2006	Poi de Neiff y Neiff 2006	Herrera 2007	Presente estudio 2008
GORDIIDAE		-	*	*	-
<i>Dero</i> sp.		*	*	*	*
<i>Spirosperma</i> sp.				-	*
<i>Physurella</i> sp.	-	*	*	*	-
LYMNAEIDAE		*	*	*	-
ANCYLIDAE	-	*	*	*	-
PLANORBIDAE	*	*	*	*	*
HYDROBIIDAE	*	*	*	*	*
AMPULLARIDAE		*	-	*	-
ARRENURIDAE					
<i>Arrenurus</i> sp.	-	*	-	*	*
CYCLESTHERIIDAE					
<i>Cyclestheria</i> sp.	*	*	*	*	*
CYPRIDIDAE		*	*	*	*
LIMNOCYTHERIIDAE			*	*	*
CHYDORIDAE		*		*	*
<i>Acroperus</i> sp.	-	-	*	*	*
<i>Disparalona</i> sp.				-	*
SIDIDAE	-	-	-		-
<i>Pseudosida</i> sp.	-	-	-	*	-
CYCLOPODIDAE					
<i>Diacyclops</i> sp.				-	*
MACROTHRICIDAE					
<i>Macrothrix rosea</i>				*	-
DECAPODA	*	*	*	*	-
ISOPODA	*	*	*	*	*
COLLEMBOLA	-	*	*	*	
<i>Sminthurus</i> sp.				-	*
BAETIDAE	-	*		*	*
<i>Callibaetis</i> sp.	-	-	*	*	-
<i>Baetis</i> sp.	-	-	-	*	-
CAENIDAE					
<i>Caenis</i> sp.	*	-	*	*	*
ODONATA	*	*			
LIBELLULIDAE					
<i>Miathyria</i> sp.	-	-	*	*	*
COENAGRIONIDAE			*	*	-
<i>Telebasis</i> sp.	-	-	*	*	-
AESHNIDAE	*	-	*	*	-
HEMIPTERA	*	*	*	*	*
VELIDAE	*	-	*	*	*
<i>Microvelia</i> sp.				-	*
HEBRIIDAE	-	-	*	*	-

Continuación Tabla 8 Estudios comparativos de Macroinvertebrados asociados a *E. crassipes*. (Modificada de Herrera 2007). Nótese que los rectángulos resaltados en gris indican los grupos más estables.

TAXA	Bailey y Litterick 1993	Rocha et al. 2006	Poi de Neiff y Neiff 2006	Herrera 2007	Presente estudio 2008
NOTONECTIDAE	-	-	-	*	-
<i>Notonecta</i> sp.	-	-	-	*	-
PLEIDAE	-	-	*	*	*
<i>Paraplea</i> sp.	-	-	-	*	*
<i>Neoplea</i> sp.	-	-	*	*	-
NEUCORIDAE					
<i>Pelocoris</i> sp.				-	*
CORIXIDAE					
<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>Microchara</i> sp.	-	-	*	*	*
HYDRAENIDAE	*	-	*	*	-
DELPHACIDAE			*	*	-
TRICHOPTERA	*	*			*
POLYCENTROPODIDAE	*	*	*	*	*
<i>Cyrnellus</i> sp.	-		*	*	*
<i>Policentropus</i> sp.				-	*
HYDROPTILIDAE	-	-	*	*	*
<i>Neotrichia</i> sp.	-	-	*	*	*
<i>Oxyethriria</i> sp.	-	-	*	*	*
PYRALIDAE	-	-		*	*
DIPTERA					
CULICIDAE	-	*		*	*
<i>Culex</i> sp.				-	*
<i>Mansonia</i> sp.	-		*	*	*
<i>Deinocerites</i> sp.				-	*
CHIRONOMIDAE					

El aumento de colectores filtradores (2%) y raspadores (14%) para AA puede soportarse en el aumento en la capacidad de filtración de las raíces y el crecimiento del perífiton resultado del aporte de nutrientes y materia orgánica desde el Río Magdalena.

Las variables fisicoquímicas de las ciénagas no muestran una clara influencia en la distribución y abundancia de la colectividad, en este sentido este estudio ratifica claramente la condición de esta macrófita como un subsistema dentro del sistema (Esteves 1998).

9.2 Diferencias en la composición entre los momentos hidrológicos.

Los resultados de este estudio mostraron que las diferencias hidrológicas que sufren las ciénagas respecto al río entre los períodos analizados afectaron regionalmente toda la fauna, observándose diferencias temporales directamente en el aumento del número de taxa e individuos en el período de (AA), así se rechaza la hipótesis que plantea mayor riqueza y abundancia de los macroinvertebrados asociados a las raíces de *E. crassipes* en el período TAA. Esto sugiere que las macrófitas aumentan la heterogeneidad física del ambiente acuático. La distribución de los macroinvertebrados obedece a la presencia de vegetación flotante, de tal forma que las condiciones hidrológicas que regulan las poblaciones de macrófitos acuáticos sobre el gradiente espacio-temporal, son determinantes en la estructura de estas colectividades (Ramírez y Viña 1988).

Los cambios en dominancia según el índice de Kownacki (Tabla 3) de un período de muestreo al otro está marcado principalmente por los Ostrácodos y Gasterópodos, en donde pasan de subdominante y poco frecuente a dominante. Al producirse la época de aguas altas se manifiesta el reemplazo de los insectos por los crustáceos como grupo de mayor importancia los cuales son típicamente planctónicos y serían arrastrados hacia las raíces en los momentos de aguas altas, este comportamiento también ha sido reportado por Poi de Neiff *et al.* (1994) en el plano de inundación del Paraná para los momentos de máxima conexión

hidrológica. La tasa de colonización de los nuevos sustratos, esta influenciada por la movilidad, la tasa evolutiva, la heterogeneidad espaciotemporal y las tolerancias fisiológicas de las distintas especies. Es importante identificar las interacciones bióticas, la presencia de Depredadores, competidores, que presionan el establecimiento de estas especies (Poi de Neiff *et al.* 1994).

Junk (1977) demostró cómo en cuerpos de agua amazónica, el número de invertebrados disminuye con el aumento de materia suspendida inorgánica en el agua. Durante la época de aguas bajas, las concentraciones de iones se incrementan produciendo en algunas ocasiones mayores concentraciones de nutrientes y variaciones más drásticas en el oxígeno acorde no solamente con el ciclo diario sino con los procesos de eutroficación y de descomposición de macrófitos. La conductividad tiene un efecto negativo sobre los invertebrados en época de aguas bajas, el efecto es probablemente indirecto y puede ser explicado debido a que en aguas bajas los nutrientes se agotan (Poi de Neiff y Carignan 1997). Para el muestreo TAA aún se mantienen estas condiciones con relación a las condiciones de AA como se observó en los resultados fisicoquímicos, por ende al existir un estrechamiento del hábitat se encuentran menos individuos en TAA, para los organismos adaptados a medios con buena presencia de materia orgánica y menor cantidad de sólidos en suspensión, para estas condiciones encontramos a organismos de las familias: Cyclopodidae, Cypridae y Chironomidae. La abundancia para AA de la familia Chironomidae disminuyó con relación a TAA, esta se caracteriza por encontrarse en aguas con media a alta carga de materia orgánica, encontrándose en ambientes tanto lóticos como lénticos (Merrit y Cummins 1978).

En aguas con condiciones favorables de oxígeno, menos cantidad de materia orgánica, aguas en movimiento por corrientes, mayor cantidad de sólidos suspendidos se encuentran las familias Chydoridae, Cyclistheriidae y Dytiscidae como la mayoría de moluscos (Ramírez y Viña 1998). Para el caso de AA los gasterópodos y la familia Cyclestheriidae presentan un aumento significativo con

relación a TAA, *Cyclotheria* sp. abundante para ambos períodos normalmente se ha encontrado en la vegetación flotante de Africa y Sur America, esta especie tiene gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes, es una especie oportunista (Junk 1977). La composición y estructura de esta colectividad varía espaciotemporalmente, en forma significativa albergando una importante diversidad a nivel ecológico, incluso dentro de un mismo sistema.

9.3 Efecto de la salinidad sobre la composición

Para los muestreos el incremento de la conductividad hacia la zona estuarina constituyó una limitante para el establecimiento de la entomofauna e incrementando la presencia de microcrustáceos (Análisis de Kaandorp). La gran diversidad y abundancia de microcrustáceos para AA puede estar explicando la presencia de gran cantidad de materia orgánica particulada fina, transportada por el río Magdalena, constituyendo una oferta importante de alimento y a su vez organismos presa importantes en el sostenimiento de la red trófica (Poi de Neiff y Neiff 2006).

La mayor riqueza obtenida en la CSSA y CP estaría determinada por su menor fluctuación en la conductividad que se ha establecido como uno de los limitantes principales para el crecimiento de *E. crassipes* y por ende de la fauna asociada (Rocha *et al.* 2006). De igual forma la ubicación de la estación de muestreo cerca a la zona de ingreso de aguas con carga de materia orgánica y la mayor biomasa de raíces para esta ciénaga implicaría una mayor oferta de alimento, mayor partición de hábitat y recurso, lo que según Poi de Neiff (1994) se expresa en mayor diversidad.

9.4 Efecto de las condiciones limnológicas en la fauna

Para este estudio son pocas las especies que están relacionadas directamente con uno de los factores antes mencionados, las especies que muestran relaciones

con las variables ambientales según lo revelado por el CCA sugieren que las variables tienen diferentes efectos, las variables fisicoquímicas de las ciénagas no muestran influencia en la distribución y abundancia de la colectividad. Especies tales como *Tenagobia* sp. *Baetis* sp. y *Callibaetis* sp. están relacionadas positivamente con la conductividad para TAA. El oxígeno disuelto para AA estableció la distribución de *Caenis* sp., *Acroperus elongata* y *Microvelia* sp., para TAA la baja concentración de oxígeno causó una disminución de la abundancia total de invertebrados. La temperatura para *Neotrichia* sp., *Culex* sp. y de la familia Chironomidae los géneros *Tanytarsus* sp., *Parachironomus* sp. y *Polypedillum* sp. de AA. La temperatura en los sistemas lenticos estudiados no presenta una marcada variación a lo largo de la columna de agua, dado las bajas profundidades de estos cuerpos cenagosos por lo que las estratificaciones térmicas no juegan un papel ecológico tan importante como la descrita en zonas templadas.

Diversos estudios que se han realizado sobre las asociaciones de invertebrados a las raíces de esta importante macrófita han encontrado que las variables ambientales que más relación tienen con la distribución y densidad de especies de invertebrados son la conductividad y el oxígeno disuelto. Los patrones espaciales y temporales de la densidad de los invertebrados pueden ser explicadas por la variación temporal de estas variables ambientales. Junk (1977) considera que la densidad de la población depende del tipo, morfología de la vegetación y las propiedades fisicoquímicas del cuerpo de agua, afectando la estructura de la fauna asociada. La cantidad de oxígeno disuelto, el grado de acidez o basicidad (pH), la temperatura, la cantidad de iones disueltos (conductividad) son a menudo los parámetros a los cuales son más sensibles los organismos (Rosenberg y Resh 1993, Roldán 1992), para algunos estudios se han encontrado que son distintas las variables ambientales que inciden en la distribución, diversidad y abundancia de invertebrados tal es el caso de los valores de Temperatura, Conductividad y pH para el estudio de De Marco *et al.* 2001 en Rocha *et al.* 2006. Para Poi de Neiff y Carignan 1977 el oxígeno disuelto.

La pobre correlación de la estructura de la colectividad con la conductividad rechaza la hipótesis donde los cambios en la conductividad como resultado del paso del período TAA al período AA influye en la composición taxonómica de los macroinvertebrados asociados a las raíces de *E. crassipes*, por ende no existirá permanencia de la colectividad a nivel espaciotemporal, indicando que sea otro factor ambiental el que este influyendo en la distribución de especies, tal como puede ser la concentración de nutrientes, hay que tener en cuenta que las alteraciones químicas de la composición del detritus durante la descomposición de *E. crassipes* tiene una importante significancia ecológica (Webster 1983).

10. CONCLUSIONES

La riqueza taxonómica, abundancia y diferencias espaciales entre la fauna de macroinvertebrados asociados a *E. crassipes* es menor en el período TAA existiendo diferencias del 16,55% del total de invertebrados con relación al muestreo AA, estos están dados por los cambios de las variables fisicoquímicas de cada ciénaga (independencia hidrológica) que limitan el establecimiento de *E. crassipes* y por ende el de los organismos asociados a esta.

La permanencia de la colectividad asociada a las raíces de *E. crassipes* evidencian el hábitat que proporciona esta macrófita para una gran diversidad de organismos que hayan en esta alimentación y refugio rechazando la hipótesis donde los cambios en la conductividad como resultado del paso del período TAA al período AA influye en la composición taxonómica de los macroinvertebrados asociados a las raíces de *E. crassipes*, por ende no existirá permanencia de la colectividad a nivel espaciotemporal.

La mayoría de organismos presentan alta correlación con las plantas flotantes, al encontrarse diferentes estadios, desde larva, pupa y adulto. Y por ende no es posible afirmar del todo que *E. crassipes* es una maleza acuática ya que alberga organismos importantes en la red trófica, punto que se tiene que tener en cuenta en el momento de hablar de su erradicación.

En época de AA se manifiesta el reemplazo de los insectos por los crustáceos como grupo de mayor importancia, la tasa de colonización de los nuevos sustratos, está influenciada por la movilidad, la tasa evolutiva, la heterogeneidad espaciotemporal y las tolerancias fisiológicas de las distintas especies.

Los cambios en la conductividad como resultado del paso del período TAA al período AA no están claramente relacionados con la composición taxonómica de los macroinvertebrados asociados a las raíces de *E. crassipes*, es posible que

exista otra variable tal como nutrientes que me estén influyendo en la composición de la colectividad.

11. RECOMENDACIONES

Impulsar y ampliar más estudios sobre los macroinvertebrados no solo en estudios de calidad del agua, sino también en los hábitats en que se encuentran gran diversidad de organismos de importancia ecológica, biológica y médica.

Realizar estudios ecológicos de *E. crassipes* que concienticen de la importancia de esta macrófita y el provecho que se le puede dar si en lugar de pensar en eliminarla se aprovecha, como ya se está haciendo en México donde la utilizan para forraje, alimentación animales de engorde, producción de papelería, hilado y cuerda, fertilizante, entre otros, y en la Universidad de la Sabana donde encontraron utilidad para sustrato de hongos comestibles.

Se sugiere realizar un estudio comparativo de los macroinvertebrados asociados a las raíces de *E. crassipes* en sistemas templados y tropicales para observar las influencias de las características limnológicas sobre la composición de la fauna.

Preservar e implementar programas de control de crecimiento de *E. crassipes* en las estaciones que presentaron alta diversidad de macroinvertebrados.

12. BIBLIOGRAFÍA

- ALBA, J. 1996. Macroinvertebrados Acuáticos y Calidad de las Aguas de los Ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía, Almería, Vol II: 203-213p.
- AMAT Y QUITIAQUEZ. 2000. Un Estudio de la Entomofauna de Humedales- El Humedal Juan Amarillo en Bogotá.
- BAILEY, R. AND LITTERICK, M. 1993. The Macroinvertebrate Fauna of Water Hyacinth Fringe in the Sudd Swamps (River Nile, southern Sudan). *Hydrobiología* 250: 97- 103p.
- BALLA, S. Y DAVIS, J. 1995. Seasonal variation in the macroinvertebrate fauna of wetlands of differing water regime and nutrient status on the Swan Coastal Plain, Western Australia. *Hydrobiología* 299: 147- 161p.
- BOLIVAR, A. RUEDA- DELGADO. G. 2002. Métodos para el Estudio de la Comunidad de Macroinvertebrados Asociados a Macrófitos. ACL-Limnos. Ed. ISBN: 958-33-3463-4. Bogotá. 41-46p.
- BRINKHURST, R. Y MERCHESSE, M. 1993. Guía para la Identificación de Oligoquetos Acuáticos Continentales de Sud y Centroamérica. Asociación de Ciencias Naturales del Litoral. Argentina. 207p.
- CASCO, S., POI DE NEIFF, A. Y FRANCESCHINI, M. 2004. Crecimiento de las hojas de *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) y daño ocasionado por *Cornops aquaticum* (Orthoptera: Acrididae) en lagunas de la planicie del río Paraná. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones científicas y tecnológicas. Argentina. 1-4p.

- COLE, G. A 1988. Manual de Limnología. Editorial Hemisferio sur S.A. primera edición. Buenos Aires. 405 p.
- COOK, C. 1990. Aquatic plant book. – SPB Academia publishing.
- DE MARCO, P., ARAUJO, M., BARCELOS, M. Y DOS SANTOS, M. 2001. Aquatic invertebrates associated with the water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in an eutrophic reservoir in tropical Brazil. Studies in Neotropical Fauna & environment 36 81: 73-80p.
- DOMÍNGUEZ, E., MOLINERI, C., PESCADOR, M.L., HUBBARD, M. D., y 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. ww.pensoft.net ISSN 1312-0174. 642p.
- ESCOBAR, A. 1990. Clorofila “a” materia en suspensión, DBO, nutrientes e hidrografía del complejo de Ciénagas de Pajara, Caribe Colombiano. En Memorias VII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar. Comisión Colombiana de Oceanografía. Cali. 67-83p.
- ESTEVES, F. 1998. Limnología Tropical. Editorial Interciencia. Río de Janeiro. Brasil. 350p.
- FERNANDEZ, H. Y DOMINGUEZ, 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. 282p.
- FRANCO, A. 2005. Oceanografía de la ensenada de Gaira: El Rodadero, más que un centro turístico en el Caribe Colombiano. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 58p.

- GARCÉS, D. Y DE LA ZERDA, S. 1993. Gran libro de los Parques Nacionales de Colombia. Círculo de lectores. Colombia. 230p.
- GARCÉS, K., GUTIÉRREZ, R., KOHLMANN, B., YEOMANS, J., Y BOTERO, R. 2006. Caracterización del Sistema de Descontaminación Productivo de Aguas Servidas en la Finca Pecuaria Integrada de la Universidad Earth *Las Mercedes de Guácimo*, Tierra Tropical 2 (2): 141-147p.
- GOPAL, B. 1987. *Water Hyacinth*, Aquatic Plant Studies. ELSEVIER Science Publishers, Amsterdam.471p.
- GUISANDE, C. 2006. Tratamiento de Datos. Ediciones Díaz de Santos. Universidad de Vigo. España. 356p.
- HALL, L., KRAUSMAN, P. Y MORRISON, M. 1997. The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin* 25(1):173-182p
- HERRERA, E. 2007. Macroinvertebrados que viven en las raíces de *Eichhornia crassipes* (mart) solms- laubach 1883, en Ecosistemas Cenagosos del Caribe Colombiano. Proyecto de trabajo de grado para optar al título de Biólogo con Énfasis en Recursos Hídricos. Universidad del Magdalena. Santa Marta. 85p.
- HOLM. L., PLUCKNETT, D., PANCHO, J. Y HERBERGER,J. 1977. *The World's Worst Weeds. Distribution and Biology*. The University Press of Hawaii, Honolulu.
- IDEAM. 1996. Registro promedio mensual 1993-1996 de precipitación y evapotranspiración. Estación Aeropuerto Simón Bolívar. Santa Marta Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Ministerio del Medio Ambiente. Grupo de Información y Atención al Usuario. Colombia.

- _____ 2004. Informe Anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables de Colombia. ISBN 958-8067-11-. Bogotá. 256p.
- JEPPESEN, E., LAURIDSEN, T., KAIRESALO, T. Y ROW M.R. 1998. Impact of submerged Macrophytes on fish-zooplankton interactions in lakes. In: Jeppesen, E., Sondergaard, Ma., Sondergaard, Mo. and Christoffersen, K. The Structuring Role of Sub-merged Macrophytes in Lakes. Springer-Verlag, New York, USA. 91–114 p.
- JUNK, W. 1977. The invertebrate fauna of the floating vegetation of Bung- Borapet, a reservoir in Central Thailand. *Hydrobiología* 53: 229-238p.
- _____ 1997. The Central Amazon Floodplain. Ecological Studies, Vol. 126. Germany. 525p.
- KAANDORP, J. 1986. Rocky substrate communities of the infralittoral fringe of the Boulonnais coast, NW France: a quantitative survey. Marine Biology, vol. 92. 255-265p.
- KLEMM, D., LEWIS, P., FULK, F. Y LAZORCHAK, J. 1990. Macroinvertebrate field and Laboratory Methods for Evaluating the Biological Integrity of Surface Waters. EPA/ 600/ 4-90/030. OHIO. 252p.
- LOPRETTO, E. Y TELL, G. 1995. Ecosistemas de Aguas Continentales. Metodologías para su estudio. Tomo III. Ediciones Sur. 855- 1397p.
- MARGALEF, R. 1983. Limnología. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. 1010p.
- MASIFWA, W., TWONGO, T. AND 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. Rev. Hydrobiología 452: 79-88p.

- McCAFFERTY, W.P. 1981. Aquatic Entomology. Science Books International. Boston. Massachusetts. 448p.
- MEERHOFF, M. Y MAZZEO, N. 2004. Importancia de las plantas flotantes libres de gran porte en la conservación y rehabilitación de lagos someros de Sudamérica. Rev. Ecosistemas Vol XIII. No. 002. España. www.aeet.org ISSN 1697-2473. 12p.
- MERRIT, R. Y CUMMINS, K. 1978. An Introduction to the Aquatic Insect of North America. Second Edition. Kendall/ Hunt publishing Company. 722p.
- MITCHELL, D. S. AND P. A. THOMAS. 1972. Ecology of Water Weeds in the Neotropics. UNESCO, Paris, France.
- MORENO, C. 2001. Métodos para medir la Biodiversidad. M y T- Manuales y Tesis SEA, Vol 1. Zaragoza. 84p.
- MUÑOZ, D. Y OSPINA, R. 1999. Guía para la identificación generica de los Ephemeroptera de la sabana de Bogotá, Colombia. Ninfas y algunos géneros adultos. Actualidades Biológicas 21(70):47-60.
- PAPORELLO DE AMSLER, G. 1987. 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(1): 37–50p.
- _____ 1987 b. Fauna Asociada a las Raíces de *Eichhornia crassipes* en una laguna del valle aluvial del río Parana “Los Matadores” Santafe, Argentina. Rev. Asocc. Cien. Nat. Litoral 18(1): 93-103 p.

- PATIÑO, P. OQUENDO, G. y RUEDA-DELGADO, G. 1991 Estudio de la comunidad de invertebrados asociados a macrófitas en tres lagunas del páramo de chisacá (Cundinamarca: Colombia). Tesis de grado. Universidad Pedagógica Nacional, programa de Licenciatura en Biología. Bogotá. 175p.
- PENNAK, R. 1989. Fresh invertebrates of the United States. Third Edition. United States. 628p.
- POI DE NEIFF, A. Y BRUQUETAS DE ZORAYA, I. 1989. Efecto de las crecidas sobre las poblaciones de invertebrados que habitan macrófitas emergentes en islas del río Paraná. Rev. Hydrobiología tropical 2.2 (1): 13-20p.
- POI DE NEIFF, A. Y CARIGNAN, R. 1997. Macroinvertebrados on *Eichhornia crassipes* roots in two lakes of the Paraná River floodplain. Rev. Hydrobiología 345: 185-196p.
- POI DE NEIFF, A. Y NEIFF, J. 2006. Riqueza de Especies y Similitud de los Invertebrados que Viven en Plantas Flotantes de la Planicie de Inundación del Río Paraná (Argentina). Rev. Mar. Vol. 31 (3): 220-225p.
- POI DE NEIFF, A., NEIFF, J., ORFEO, O. Y CARIGNAN, R. 1994. Quantitative importance of particulate matter retention by the roots of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms in the Paraná floodplain. Aquatic Botany 47: 213-223p.
- POI DE NEIFF, A. Y SOLÍS DE CHIOZZA, D. 1994. Aporte de las plantas de *Eichhornia crassipes* a la acumulación de materiales orgánicos e inorgánicos
- RAMIREZ, A. Y VIÑA, G. 1998. Limnología Colombiana. Panamericana. Colombia. 293p.

- REDDY, K., AGAMI, M. Y TUCKER, J. 1991. Influence of nitrogen supply rates on growth and nutrient storage by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) plants. *Aquatic Botany* 36: 33-43p.
- RICKLEF, R. E. 1998. Invitación a la Ecología: La Economía de la naturaleza. Cuarta Edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid. 692p.
- ROCHA, A., RAMIREZ, A., CHAVEZ, R. Y ALCOCER, J. 2006. Invertebrate assemblages associated with root masses of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach 1883 in the Alvarado Lagoonal System, Veracruz, México. *Aquatic Ecology*. 6p.
- ROLDAN, G. 1992. Fundamentos de Limnología neotropical. Edit. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. 529p.
- ROLDAN, G. Y RUIZ, E. 2001. Development of Limnology in Colombia. Ed. Wetzel, R.G. and Gopal, B. *Limnology in Developing Countries* 3: 69-199p.
- ROLDAN, G., ALVAREZ, L., ARANGO, M. Y GOMEZ, M. 2002. Implementación de sistema de tratamiento de aguas residuales industriales empleando filtros biológicos. 98p.
- RONDON, E. 1991. Estimación de la productividad fitoplanctónica en Ciénagas del Complejo Pajarales. Caribe Colombiano. Tesis Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Biología. Bogotá. 80p.
- ROSENBERG, D. y RESH, V. 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman y Hall (Eds.). 488p.
- RUMI, A., BECHARA, J., HAMANN, M. Y NUÑEZ, M. 2002. Ecology of potential hosts of schistosomiasis in urban environments of Chaco, Argentina. *Malacología* 44 (2): 273- 288p.

- SAVAGE, H., REJMANKOVA, E., JIMENEZ, J., ROBERTS, D. Y RODRIGUEZ, M. 1990. Limnological and botanical characterization of larval habitats for 2 primary malarial vectors, *Anopheles albimanus* and *Anopheles pseudopunctipennis*, in coastal areas of Chiapas State, México. *Journal of the American Mosquito Control Association* 6 (4): 612-620p.

- SCHEFFER, M., HOSPER, S., MEIJER, M., MOSS, B. Y JEPPESEN, E. 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends Ecol. Eval.* 8: 275–279p.

- SCHMIDT – MUMM, U. 1988. Notas sobre la vegetación acuática de Colombia. Estructura. *Rev. Fac. Cien.Univ. Javeriana.* Vol 1 (3): 85 – 119p.

- SUAREZ, M., QUIÑONES, M., FLEMING, G. Y ROBAYO, M. 1988. Guía Introductoria a la morfología de *Anopheles*. Ministerio de Salud. Dirección de campañas directas. Programa antimalárico. Bogotá. 69p.

- TAKEDA, A., SOUZA FRANCO, G., MELO, S., MONKLOSKI, A. 2003. Invertebrados asociados as macrófitas aquáticas da planície de inundação do alto rio Paraná (Brasil). En Thomaz SM, Bini LM (Eds) *Ecologia e Manejo de macrófitas aquáticas*. EDUEM. Maringa, Brasil. 243-260p.

- TANIGUCHI, H. Y TOKESHI, M. 2004. Effects of habitat complexity on benthic assemblages in a variable environment. *Freshwater Biology* 49: 1164–1178P.

- THATCHER, V. 2006. *Amazon Fish Parasites*. 2da Edition. Series Editors: Joachim Adis, Jorge R. Arias, Guillermo Rueda-Delgado y Karl Matthias Wantzen. Vol. 1. Sofia. Bulgaria. 508p.

- THROP, J. Y COVICH, A. 2001. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Second Edition. London. 1056p.

- WANTZEN, K. Y JUNK, W.J. 2006. Aquatic-terrestrial linkages from streams to rivers. biotic hot spots and hot moments. Archiv für Hydrobiologie Supplements 158(4), Large Rivers 16(4): 595-611p.
- WARD, J. 1992. Aquatic Insect Ecology. Fort Collins. Colorado. 438p.
- WATSON, M., Y COOK, G.1982. The development of spatial pattern in clones of an aquatic plant, *Eichhornia crassipes* Solms. *American Journal of Botany* 69: 248-253 p.
- WEBSTER, J. 1983. The Role of Benthic Macroinvertebrates in Detritus Dynamics of Streams: A Computer Simulation. *Ecological Monographs*. Vol. 53, No. 4: 383-404p.
- WILSON, J., HOLST, N., AND REES, M. 2005. Determinants and patterns of population growth in water hyacinth. *Aquatic Botany*. Vol:81.(1): 51-67p.
- WETZEL, R. 1981. Limnología. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. 679p.
- ZAR, J. H. 1999. Biostatistical analysis. 4th edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 663p.
- ZUÑIGA DE CARDOZO, M., ROJAS, A., Y CAICEDO, G. 1997. Indicadores ambientales de calidad del agua en la Cuenca del río Cauca. *Bioindicadores Ambientales de Calidad del Agua*. CICCA, Universidad del Valle, Cali.150p.

ANEXOS

ANEXO A Algunas fotografías de la fauna colectada en el periodo de AA.



Pupa Culicidae



Paraplea sp.



Caenis sp.



Tenagobia sp.



Myathyria sp.



Larva Noteridae



Larva Hydrophilidae



Pelocoris sp.



Larva Curculionidae



Probesia sp.



Oxyethira sp.



Cyclestheria sp.

ANEXO B Índice de Dominancia de Kownacki del AA (Kownacki 1971 En Paporello de Amsler 9)4: Dominante, 3: Subdominante, 2: Poco frecuente, 1: Raro, (n=36).

TAXA	A.A	FRECUENCIA	D	RANGO
LIMNOCYTHERIIDAE	513	27	1,415	4
HIDROBIIDAE	1117	26	1,363	4
<i>Parachironomus sp.</i>	301	26	1,363	4
CYPRIDIDAE	591	25	1,310	4
<i>Cyclestheria sp.</i>	1216	24	1,258	4
PLANORBIDAE	114	22	1,153	4
CERATOPOGONIDAE	68	2	1,153	4
<i>Dero sp.</i>	149	20	1,048	4
<i>Arrenurus sp.</i>	103	20	1,048	4
<i>Macropelopia sp.</i>	120	20	1,048	4
<i>Hydrocantus sp.</i>	56	19	0,996	4
<i>Caenis sp.</i>	236	18	0,943	4
<i>Myathyria sp.</i>	87	18	0,943	4
<i>Acroperus elongata</i>	486	17	0,891	4
<i>Diacyclops sp.</i>	71	15	0,786	3
<i>Probesia sp.</i>	46	15	0,786	3
<i>Spirosperma sp</i>	68	14	0,734	3
Oribatei morfo C	81	14	0,734	3
<i>Paraplea sp.</i>	21	13	0,681	3
<i>Neotrichia sp1</i>	184	13	0,681	3
<i>Neotrichia sp2</i>	151	13	0,681	3
<i>Nanocladius sp.</i>	668	13	0,681	3
Acarii morfo B	16	11	0,577	2
JANIRIDAE	107	11	0,577	2
<i>Labrundinia sp.</i>	37	11	0,577	2
<i>Polypedilum sp.</i>	72	11	0,577	2
Acarii morfo A	34	9	0,472	2
<i>Disparalona sp.</i>	48	8	0,419	2
<i>Tenagobia inmd.</i>	9	8	0,419	2
Schoenobiinae	16	7	0,367	1
<i>Tenagobia sp.</i>	7	6	0,314	1
<i>Tanytarsus sp.</i>	15	6	0,314	1
<i>Cynellus sp.</i>	38	5	0,262	1
<i>Oxyethira sp.</i>	8	5	0,262	1
<i>Hydroporus sp.</i>	7	5	0,262	1
<i>Rhantus sp.</i>	5	5	0,262	1
<i>Celina sp.</i>	6	4	0,210	1
<i>Dytiscus sp.</i>	6	4	0,210	1

Continuación Anexo B Índice de Dominancia de Kownacki del AA (Kownacki 1971 En
Paporello de Amsler 9)4: Dominante, 3: Subdominante, 2: Poco frecuente, 1: Raro,
(n=72).

<i>Policentropus sp.</i>	12	3	0,157	1
<i>Microchara sp.</i>	3	3	0,157	1
<i>Culex sp.</i>	3	3	0,157	1
<i>Tropisternus sp.</i>	3	2	0,105	1
<i>Sminthurus sp.</i>	2	2	0,105	1
BAETIDAE	1	1	0,052	1
<i>Microvelia sp.</i>	1	1	0,052	1
<i>Pelocoris sp.</i>	1	1	0,052	1
STAPHYLINIDAE	1	1	0,052	1
ELMIDAE	1	1	0,052	1
CURCULIONIDAE	1	1	0,052	1
<i>Deinocerites sp.</i>	1	1	0,052	1
<i>Mansonia sp.</i>	1	1	0,052	1
<i>Paralauterborniella sp.</i>	4	1	0,052	1
<i>Tanytarsini Rheotanytarsus</i>	1	1	0,052	1