



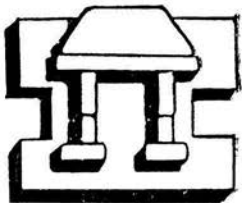
# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA

“INVERTEBRADOS ASOCIADOS AL SISTEMA  
RADICULAR DE *Eichhornia crassipes* (MART) SOLMS,  
DURANTE LA TEMPORADA DE NORTES (OCTUBRE  
2000 - MARZO 2001) EN EL SISTEMA LAGUNAR DE  
ALVARADO, VERACRUZ, MEXICO.”

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**B I O L O G O**  
P R E S E N T A :  
**ALEJANDRO RAMIREZ ROJAS**

DIRECTOR DE TESIS: M. en C. ARTURO ROCHA RAMIREZ



IZTACALA

LOS REYES IZTACALA

2002



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## C R E D I T O S

Tesis presentada por Alejandro Ramírez Rojas realizada en el Laboratorio de Ecología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM.

### **Director de Tesis**

M. en C. Arturo Rocha Ramírez

### **Sinodales**

M. en C. Rafael Chávez López

Biol. Ángel Morán Silva

Dr. Sergio Cházaro Olvera

M. en C. Jonathan Franco López

### **Soporte taxonómico.**

#### Acarii

Dra. Cristina Cramer (Lab. de Acarología "Anita Hoffman". Fac. Ciencias, UNAM)

#### Unirramia

M. en C. Gilberto Contreras Rivero (Lab. Ecología, FES Iztacala, UNAM) y M. en C. Sergio Stanford Camargo (Lab. Zoología, FES Iztacala, UNAM)


#### Cladocera

Dr. Manuel Elías Gutiérrez (ECOSUR, Chetumal)

#### Mollusca y Crustacea

M. en C. Arturo Rocha Ramírez y Dr. Sergio Cházaro Olvera (Lab. Ecología, FES Iztacala, UNAM)

## TABLA DE CONTENIDOS

Lista de Figuras		v
Lista de Tablas		vi
Resumen		vii
Introducción		1
Antecedentes		3
Área de estudio		5
Material y Métodos		7
Trabajo de campo		7
Trabajo de laboratorio		7
Tratamiento de datos		8
Resultados		9
Ocurrencia de <i>E. crassipes</i>		9
Parámetros fisicoquímicos		10
Meses oligohalinos		11
Meses mesohalinos		13
Análisis de Componentes Principales		15
Resultados biológicos		17
Test de asociación de Olmstead y Tukey		17
Análisis Canónico de Correspondencias		20
Discusión		23
Aspectos Físicoquímicos		23
Aspectos Biológicos		25
Especies Frecuentes y Abundantes		25
Especies Poco Frecuentes y Poco Abundantes		27
Relaciones ambientales		29
Conclusiones		31

Literatura citada	32
Apéndice 1: Lista de los taxa encontrados y descriptores de las especies identificadas.	36

## INDICE DE FIGURAS

Fig 1	Mapa del área de estudio y ubicación de las 12 estaciones de muestreo.	6
Fig. 2	Porcentaje mensual de ocurrencia de <i>E. crassipes</i> durante la temporada de nortes octubre 2000 a marzo 2001, en las 12 estaciones de muestreo.	9
Fig. 3	Correlación entre el volumen radicular y la abundancia de la fauna asociada al sistema radicular de <i>E. crassipes</i> .	10
Fig. 4	Fluctuación de la salinidad y conductividad promedio mensual, de las 12 estaciones de muestreo.	11
Fig. 5	Fluctuación de la conductividad y salinidad promedio por estación, durante la temporada de nortes (octubre 2000 a marzo 2001).	13
Fig. 6	Fluctuación de la conductividad y transparencia promedio mensual, de las 12 estaciones de muestreo, durante la temporada de nortes (octubre 2000 a marzo 2001).	15
Fig. 7.	Diagrama de ACP de los meses oligohalinos (octubre 2000 a enero 2001). Los dos ejes explican el 75.81% de la variación acumulada.	16
Fig. 8	Diagrama de ACP para los meses mesohalinos (febrero y marzo 2001), los dos ejes de ordenación explican el 83.75% de la variación acumulada.	17
Fig. 9.	Clasificación de las especies asociadas al sistema radicular de <i>E. crassipes</i> de acuerdo al criterio de Olmstead y Tukey, durante la temporada de nortes(octubre 2000 a marzo 2001).	19
Fig. 10	Fluctuación de la salinidad y densidad promedio de invertebrados en las estaciones de muestreo.	20
Fig. 11	Biplot de ordenación de ACC de las especies asociadas al sistema radicular de <i>E. crassipes</i> , durante la temporada de nortes(octubre 2000 a marzo 2001).	22

## INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Tabla 1.	Eigenvalores del ACP para los meses oligohalinos (octubre 2000 a enero 2001).	15
Tabla 2.	Eigenvalores del ACP para los meses mesohalinos (febrero y marzo 2001).	16
Tabla 3.	Clasificación de los taxa asociados al sistema radicular de <i>E. crassipes</i> de acuerdo al criterio de Olmstead y Tukey.	18
Tabla 4.	Correlaciones entre los parámetros fisicoquímicos y los valores de densidad de las especies, con los 3 ejes de ordenación del ACC.	21

## RESUMEN

El sistema radicular del lirio acuático, *Eichhornia crassipes* (Mart)Solms, ofrece un microhábitat para muchas especies de invertebrados de notoria importancia ecológica dentro de los sistemas lagunares costeros. Se analizó espacial y temporalmente la comunidad de invertebrados asociados al sistema radicular de *E. crassipes* durante la temporada de nortes (octubre 2000 a marzo 2001). Se determinó la relación existente entre esta comunidad y algunos aspectos fisicoquímicos del sistema lagunar, el cual presentó condiciones temporales oligohalinas y mesohalinas, que influyeron sobre la frecuencia de ocurrencia de lirio y de acuerdo al Análisis de Componentes Principales (ACP), un gradiente espacio-temporal explicado en términos de salinidad. Se registraron un total de 72 especies (Crustáceos, Quelicerados, Unirramios, Moluscos, Anélidos, Nematodos y Nemerteos), sin encontrarse correlación entre la abundancia y el volumen radicular. La prueba de asociación de Olmstead y Tukey mostró dos categorías con el mayor porcentaje de especies (Frecuentes y Abundantes, Poco frecuentes y poco abundantes, cada una con 40.27%). Por un lado se encuentran especies con valencias ecológicas amplias (*Munna* sp, *Gammarus mucronatus*, Chironomidae) que ocupan el sistema radicular principalmente como un medio de dispersión, por otro se encuentran especies, en su mayoría dulceacuícolas (Cladocera, Mollusca), que ven restringida su dispersión por medio del lirio. De acuerdo al Análisis Canónico de Correspondencias (ACC), son pocas las especies que se relacionan de forma significativa con alguno de los parámetros fisicoquímicos registrados, entre los cuales, la más importante fue la salinidad y en menor grado la temperatura. Durante la temporada de nortes *E. crassipes* funciona como un dispersor para especies. Las características fisicoquímicas de la laguna, principalmente la salinidad, es la barrera para la dispersión de muchas especies, las cuales van cambiando a lo largo de la temporada.

### Palabras clave:

Invertebrados, *E. crassipes*, Sistema Lagunar de Alvarado, Temporada de Nortes, Análisis Canónico de Correspondencias, Análisis de Componentes Principales.



## INTRODUCCIÓN

El lirio acuático *Eichhornia crassipes* (Mart)Solms, es una macrofita vascular flotadora, puede crecer en aguas con corrientes lentas o nulas. El sistema radicular esta bien desarrollado y se encuentra sumergido, se compone de una rama principal, de la cual nace un importante número de raíces adventicias con abundantes pelos epidérmicos, que representan del 20 al 50% de la biomasa total de la planta, esto depende de la temporada del año y del hábitat (Sculthorpe, 1967). Debido a su ciclo de vida y a sus estrategias de sobrevivencia ocupa fácilmente cualquier lugar disponible y se propaga con gran rapidez gracias a factores como su resistencia a la resequeidad, habilidad de enraizamiento, carencia de enemigos naturales, entre otros. En el país, se estima que aproximadamente 40 000 ha pertenecientes a lagos, canales, ríos y otros cuerpos de agua se encuentran cubiertos por esta especie de lirio (Gutiérrez *et al.*, 1996).

Se ha demostrado que el sistema radicular de *E. crassipes* es un hábitat importante para una gran variedad de invertebrados epibénticos, principalmente para anfípodos (Toft, 2000) y larvas de insectos (Sharitz y Batzer, 1999). Esta condición depende del área colonizable del sistema radicular; Dvorak *et al.* (1982) encontraron que las densidades altas son proporcionales al área, y la composición de especies varía con respecto a la profundidad. Por otra parte, la disminución de la concentración de oxígeno disuelto y el aumento en la depositación de detritus también depende del área radicular (Chamberlain, 1947, Gopal, 1987). Aunado a lo anterior, los patrones de inundación, la salinidad, pH, concentraciones de nutrientes y clorofila *a* afectan la estructura y diversidad de las comunidades de invertebrados (Rader, 1999).

Dentro de las lagunas costeras, los invertebrados son uno de los grupos más diversos y abundantes. Son importantes en el funcionamiento global de éstos ecosistemas ya que ocupan una posición central en la transferencia energética. Están integradas por organismos acuáticos y semiacuáticos, que primariamente

podieron haberse desarrollado en ríos o lagos y explotar de manera oportunista y exitosa las lagunas costeras (Sharitz y Batzer, 1999). Uno de los factores más importantes que influyen en la productividad de los invertebrados es la producción vegetal vía la cadena trófica del detritus, siendo la vegetación senescente una importante fuente de éste (Evans *et al.*, 1999; Hamilton *et al.*, 1990). Por otra parte los invertebrados asociados a *E. crassipes* y a otras plantas flotantes, incrementan la riqueza y abundancia de especies con relación al bentos por debajo de estas. Este es un factor importante en sistemas costeros; tal es el caso de los pantanos de baja salinidad del norte del Golfo de México, conocidos como bayous, en donde los invertebrados más conspicuos se encuentran asociados a plantas flotantes (Gaston, 1999). De esta forma queda enmarcada la importancia de los invertebrados dentro de los sistemas costeros y de cómo las plantas acuáticas flotantes, especialmente *E. crassipes*, pueden modificar de manera sustancial a estas comunidades de importancia central en este tipo de ecosistemas. Basado en el marco teórico expuesto, este trabajo tiene como objetivo principal: Analizar la distribución espacio-temporal de la comunidad de invertebrados asociados al sistema radicular de *E. crassipes* durante la temporada de nortes (octubre 2000 a marzo 2001), para lo cual se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Identificar los organismos asociados al sistema radicular de *E. crassipes* al nivel taxonómico más específico posible.
- Estimar la abundancia, densidad y frecuencia de las especies asociadas al sistema radicular de *E. crassipes* en las diferentes estaciones de muestreo.
- Estimar la frecuencia de ocurrencia de *E. crassipes* durante la temporada de estudio.
- Clasificar a las especies con base a su frecuencia y ocurrencia dentro del sistema.
- Caracterizar el sistema lagunar con base a los parámetros físico-químicos registrados.
- Analizar la relación existente entre las especies encontradas y los parámetros registrados.

## ANTECEDENTES

Existen una serie de trabajos relacionados a fauna asociada a raíces de lirio acuático en cuerpos de agua continentales. En el Río Paraná, Argentina, Poi de Neiff y Carignan (1997), encontraron que la abundancia de los organismos está relacionada directamente con la conductividad, el periodo hidrológico y el oxígeno disuelto, mientras que la temperatura no tiene relación alguna. Por su parte, Bechara (1996) contrastó la presencia de *E. crassipes* sobre la estructura de las comunidades macrobénticas resaltando la importancia de los factores abióticos del agua y del suelo sobre la variación temporal y espacial de las comunidades.

Entre los grupos más abundantes de invertebrados que se han reportado en ambientes lóticos se encuentran: en el río Correntoso, Argentina, copépodos, rotíferos, oligoquetos, tecamoebas, insectos, nemátodos y en menor proporción anfípodos y cladoceros (Paporello de Amsler, 1983); en el río Paraná, insectos, moluscos, oligoquetos, ácaros, ostracodos, anfípodos (Paporello de Amsler, 1986).

Por otra parte, también en un ambiente lótico, Bailey *et al.* (1993) encontraron como taxas dominantes, asociados al sistema radicular del lirio acuático, coleopteros, odonatos, gastropodos e hidracarinos, también reporta que la disminución de la abundancia está relacionada con la concentración de oxígeno disuelto y a la disponibilidad de alimento.

Masifwa *et al.* (2001) en su trabajo en el Lago Victoria (Uganda) reportaron a los taxa Chironomidae, Hirudinea, Ephemeroptera y Gastropoda como los más abundantes, concluyendo que las matas flotantes de lirio acuático proveen un nuevo hábitat colonizable para diversos invertebrados y que a menor concentración de oxígeno disuelto en el agua disminuye la abundancia y la diversidad de estos.

Weatherhead *et al.* (2001) mencionaron, en su trabajo realizado en nueve lagos, que el sustrato, la biomasa de macrofitas y el detritus son los factores más importantes que controlan la distribución y abundancia de los invertebrados. En lo que respecta a la distribución de las macrofitas y por lo tanto la de los invertebrados, señalaron como factores a la profundidad y la atenuación de la luz.

Rundle *et al.* (1998) muestran en su trabajo las diferencias existentes entre la comunidad bentónica de macroinvertebrados en una zona de transición estuarina, espacial y temporalmente, resaltando los cambios existentes en la comunidad a lo largo del gradiente. Mencionan como factores más importantes a la salinidad y al tipo de sustrato.

En trabajos llevados a cabo en los pantanos de Florida se ha resaltado la importancia de la vegetación acuática y su influencia en la diversidad de especies de zonas colonizadas por este tipo de vegetación. (Rader, 1999; Toft, 2000)

En nuestro país son escasas las investigaciones avocadas a este tópico, se pueden mencionar los realizados fundamentalmente en ambientes lénticos, se han reportado como grupos predominantes, a insectos, moluscos, anfípodos, seguidos por grupos como hirudíneos, isópodos, entre otros, en los canales del lago de Xochimilco, (Salcedo, 1978) .

En el Sistema Lagunar de Alvarado, se han efectuado estudios relacionados a la composición, distribución y estructura de invertebrados bentónicos y epibentónicos y asociados a praderas de pastos marinos (García-Montes, 1989), y estudios sobre peracáridos asociados a praderas de *Ruppia maritima* (Winfield *et al* 2001).

## ÁREA DE ESTUDIO

El sistema lagunar de Alvarado (Fig. 1) se encuentra entre los 18° 43' y 18° 52' de latitud norte y los 95° 42' y 95° 57' de longitud oeste. Posee una longitud aproximada de 26km desde el Oeste de Isla Vives hasta el Noroeste de la Laguna Camaronera. La anchura del sistema no excede los 5km y posee una profundidad promedio de 2m, alcanzando la mayor profundidad en la boca de comunicación con 15m. Dentro del sistema desemboca al Sureste los ríos Papaloapan, Acula y Martín Prieto, mientras que al Suroeste desembocan el Blanco y el Camarón. El eje principal de la laguna es paralelo a la línea de costa y presenta una boca de comunicación permanente con el mar de 400m de longitud frente a la desembocadura del río Papaloapan; además de un canal artificial de comunicación en la Laguna Camaronera (Contreras y Castañeda, 1995).

El clima es del tipo Aw2(i), que corresponde a un clima caliente subhúmedo, con una temperatura media anual de 26.4 °C. Las mayores precipitaciones en los meses de junio a septiembre variando entre los 1100 y 2000 mm. Los vientos presentan una dirección dominante de Este a Sureste durante la mayor parte del año. Durante la temporada de nortes (cuando se presentan las masas de aire frío provenientes de Norte), la velocidad del viento puede alcanzar intensidades de hasta 72 nudos y la dirección de los vientos cambia de Norte a Sureste. De acuerdo al patrón climático se pueden definir tres épocas climáticas: Secas de marzo a mayo; Lluvias de junio a septiembre y Nortes de octubre a febrero (García, 1973).



Fig. 1. Mapa del área de estudio y ubicación de las estaciones de muestreo. 1, ESCOLLERA. 2, PAPALOAPAN I. 3, PAPALOAPAN II. 4, ANEAS. 5, RÍO BLANCO. 6, RASTRO. 7, ARBOLILLO. 8, BUEN PAÍS II. 9, BUEN PAÍS I. 10, CAMARONERA III. 11, CAMARONERA II. y 12, CAMARONERA I.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Este trabajo formó parte del proyecto de investigación "Biodiversidad de la Laguna de Alvarado, Veracruz" del Laboratorio de Ecología de la FES Iztacala, UNAM.

### Trabajo de Campo.

Se ubicaron 12 estaciones (Fig. 1) cubriendo el Sistema, en las cuales se realizaron seis colectas mensuales del periodo Octubre 2000 a marzo 2001. En cada colecta se registró la presencia de lirio y se tomaron, en un contenedor plástico de 20 litros de capacidad, tres organismos de *E. crassipes*, dentro del cual se separó el sistema radicular desechando el resto de la planta. El contenido se filtró con una malla de 250µm. La muestra se fijó con etanol al 80% y se transportó al Laboratorio de Ecología de la FES Iztacala para su posterior estudio.

Simultáneamente, se registró en cada estación la temperatura con un termómetro Taylor de -10°C a 50°C, salinidad y conductividad con un salinómetro Yellow Spring A.C.T. modelo 33, oxígeno disuelto con un oxímetro Yellow Spring modelo 51b, y turbidez con un turbidímetro LaMotte modelo 2020.

### Trabajo de laboratorio.

Se obtuvo el volumen radicular de cada muestra por medio de desplazamiento de volumen. Se separaron todos los organismos asociados al sistema radicular, se depositaron en frascos plásticos y se fijaron con etanol al 80%, se contaron e identificaron mediante claves de identificación especializadas: Rocha *et al.*, 1996 para estadios larvales de caridéos, penéidos, anomuros y braquiuros; Burch y Cruz-Reyes (1987) para gasterópodos de agua dulce; Kensley y Schotle (1989) para isópodos; Pennak (1991) y Thorp y Covich (1991) para invertebrados de agua dulce. Asimismo se recurrió a especialistas para la determinación de los insectos, ácaros, ostracodos y cladóceros.

## Tratamiento de datos.

Se estimó la frecuencia de ocurrencia de *E. crassipes* durante la temporada de estudio, considerando la presencia del lirio en cada estación. Se realizó una correlación entre volumen radicular y abundancia. Con los datos de abundancia se calcularon los valores de densidad (org/ 500 ml de raíz).

Se aplicó la prueba de asociación por el Criterio de Olmstead y Tukey (en Sokal y Rohlf, 1995) con los datos de densidad (org/500 ml raíz) [ $\log(\text{densidad} + 1)$ ] y con el porcentaje de frecuencia de las especies, para estos efectos se empleó el programa Excel 2000 v. 9.0.2812 (Microsoft).

La caracterización fisicoquímica del sistema se realizó con los registros mensuales por estación, por medio de un Análisis de Componentes Principales (ACP) realizando el *eigenanálisis* de la matriz mediante el método de correlación, con la finalidad de identificar el comportamiento espacial y temporal de los sitios de muestreo. El análisis se realizó con el programa AnaCom v. 3.0 1993 (De la Cruz-Agüero).

Se efectuó un Análisis Directo de Ordenación por medio del Análisis Canónico de Correspondencias (ACC), que tiene la ventaja de ponderar la posición de las especies mediante una regresión múltiple con respecto a los parámetros mediante un proceso iterativo (Ter Braak, en Jongman *et al.*, 1997). Este se realizó con el programa AnaCom v. 3.0 1993 (De la Cruz-Agüero).



## RESULTADOS

### Ocurrencia de *E. crassipes*

El porcentaje de ocurrencia de *E. crassipes* durante la temporada de nortes en las estaciones de muestreo se presentó de la siguiente forma: En el mes de octubre con un 50%, en noviembre, que corresponde al porcentaje más alto de la temporada con 75%, en diciembre 66.6%, mientras que en enero 25%, siendo este el valor más bajo de ocurrencia de lirio durante toda la temporada; en el mes de febrero 41.6%, finalmente, en el mes de marzo el valor 33%.

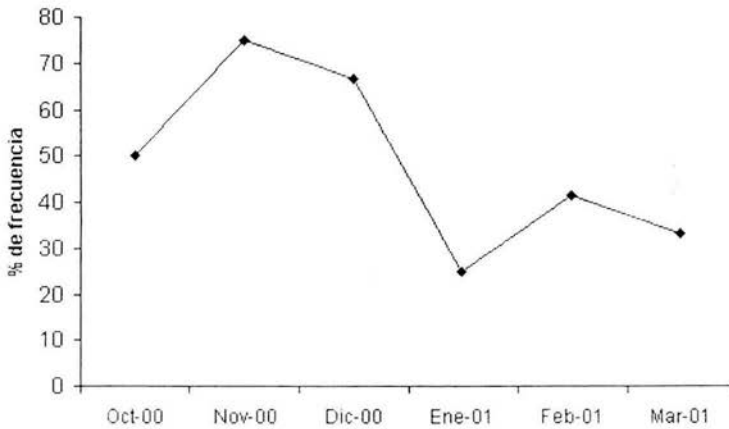


Fig. 2. Porcentaje mensual de ocurrencia de *E. crassipes* durante la temporada de nortes octubre 2000 a marzo 2001, en las 12 estaciones de muestreo.

IZT

El análisis de correlación (Fig. 3) demostró que no existe dependencia entre el volumen radicular y la abundancia de los organismos, ( $R^2 = 0.1657$ ,  $p > 0.05$ ).

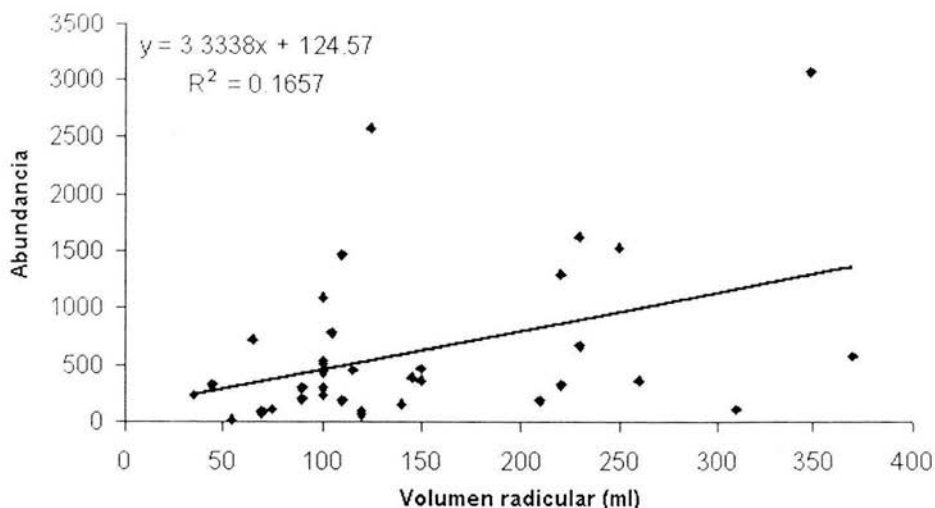


Fig. 3. Correlación entre el volumen radicular y la abundancia de la fauna asociada al sistema radicular de *E. crassipes* ( $p > 0.05$ )

### Parámetros fisicoquímicos

La fluctuación de la salinidad y conductividad promedio por mes (Fig. 4) durante el periodo de estudio mostró un incremento con valores de 1.642‰ y 2987.5 mhos/cm para el mes de octubre hasta llegar valores de 9.7‰ y 13916.667 mhos/cm en el mes de marzo. En cuanto a la salinidad y conductividad promedio por estación durante el periodo de estudio (Fig. 5), los valores oscilan entre 1.33‰ y 2408 mhos/cm en la estación Papaloapan I, hasta valores de 8.16‰ y 13166 mhos/cm en la estación Camaronera I. Los valores de transparencia y turbidez promedio por mes, de las 12 estaciones de muestreo, oscilan entre 29cm en Rastro hasta 80.5cm en Escollera y de 10.9 unidades nefelométricas de turbidez (UNT) en Río Blanco, hasta 33.2 UNT en Papaloapan I.

De acuerdo a la clasificación Carriker (en De la Lanza, 1996), es posible separar temporalmente al sistema en dos grandes grupos: Uno de carácter oligohalino, al

que corresponden los meses de octubre a enero y el otro grupo mesohalino al que incluye a los meses de febrero y marzo.

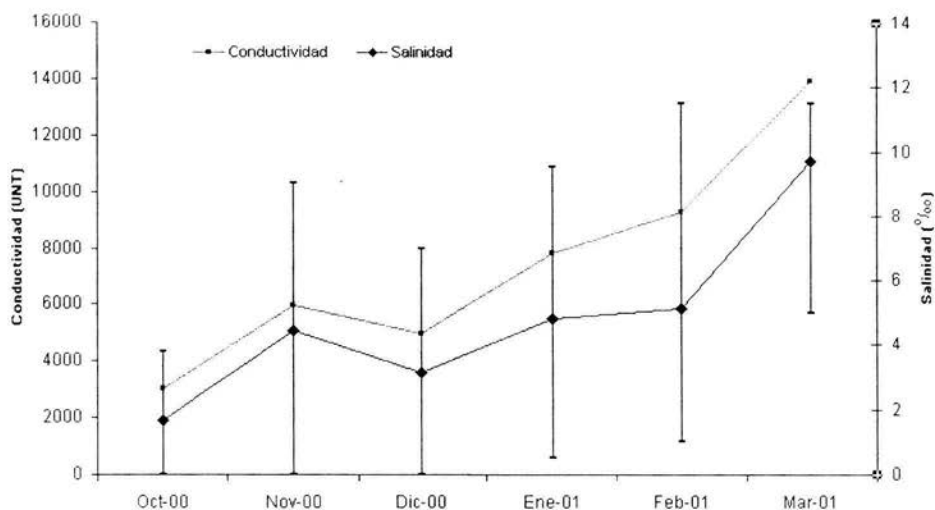


Fig. 4 Fluctuación de la salinidad y conductividad promedio mensual, de las 12 estaciones de muestreo. La salinidad muestra sus valores de máximos y mínimos.

#### Meses Oligohalinos.

Octubre. Los registros de salinidad variaron de 0‰ en la estación Río Blanco hasta un máximo de 5‰ en Camaronera I. La temperatura fluctuó de 28°C en dos estaciones (Papaloapan I y Papaloapan II) hasta 32°C en Rastro. Con respecto a las concentraciones de oxígeno disuelto, oscilaron desde 1.2 ppm en Aneas a 12.3 ppm en la estación Rastro. Los valores de turbidez arrojaron el valor mas bajo en la estación Camaronera II con 13.5 UNT, mientras que el valor más alto fue de 21.7 UNT en la estación Rastro. En cuanto a la transparencia el valor más bajo fue de 23cm en Papaloapan II y el valor más alto lo presentó Camaronera II con 43cm. La conductividad presentó el registro más bajo en la estación Papaloapan I con 650 mhos/cm, mientras que el valor más alto fue de 7000 mhos/cm en las estaciones Camaronera I y Camaronera II.

Noviembre. En este mes el valor más alto de salinidad se registró en Aneas con 9‰, mientras que el más bajo se registró en Papaloapan I con 0‰. El valor más bajo de temperatura se registró en las estaciones Buen País I y Camaronera I con 23°C, mientras que el más alto se registró en Arbolillo con 25°C. En cuanto al oxígeno disuelto, el valor más bajo se presentó en Rastro con 8 ppm, la estación Camaronera III registró el valor más alto con 11 ppm. Para la turbidez, el valor más bajo fue de 7.9 UNT en la estación Camaronera II mientras que el más alto fue de 68.9 UNT en Rastro. En cuanto a la transparencia, el valor más bajo fue de 15 cm en Rastro mientras que el valor más alto fue de 70 cm en Río Blanco. Finalmente, la conductividad registró el valor más bajo en Papaloapan I con 200 mhos/cm, mientras que en Camaronera I se registró el valor más alto con 50000 mhos/cm.

Diciembre. Para este mes el valor más bajo de salinidad se registró en 3 estaciones (Escollera, Papaloapan I y Papaloapan II) con 0‰, mientras que el más alto se registro también en tres estaciones (Camaronera I, Camaronera II y Camaronera III) con 7‰. El valor más bajo de temperatura se registró en Camaronera I con 21°C, mientras que el más alto se registró en Aneas con 26°C. En cuanto al oxígeno disuelto, el valor más bajo se presentó en Río Blanco con 9.5 ppm, las estaciones Escollera, Camaronera I y Camaronera II registraron el valor más alto con 11 ppm. Para la turbidez, el valor más bajo fue de 11.4 UNT en la estación Buen País II mientras que el más alto fue de 19.6 UNT en Río Blanco. En cuanto a la transparencia, el valor más bajo fue de 30 cm en Aneas mientras que el valor más alto fue de 61 cm en Buen País II. Finalmente, la conductividad registró el valor más bajo en Papaloapan II con 120 mhos/cm, mientras que en Camaronera II se registró el valor más alto con 11000 mhos/cm.

Enero. Los registros de salinidad variaron de 0.5‰ en la estación Río Blanco hasta un máximo de 9.5‰ en Camaronera II. La temperatura fluctuó de 22°C en tres estaciones (Escollera, Papaloapan I y II) hasta 27°C en Rastro. Con respecto a las concentraciones de oxígeno disuelto, oscilaron desde 8.9 ppm en

Papaloapan I a 10.3 ppm en las estaciones Rastro y Aneas. Los valores de turbidez arrojaron el valor mas bajo en la estación Papaloapan II con 5.93 UNT, mientras que el valor más alto fue de 80.3 UNT en la estación Papaloapan I. En cuanto a la transparencia el valor más bajo fue de 10 cm en Rastro y el valor más alto lo presentó Escollera con 140 cm. La conductividad presentó el registro más bajo en la estación Río Blanco con 100 mhos/cm, mientras que el valor más alto fue de 15000 mhos/cm en la estación Camaronera II.

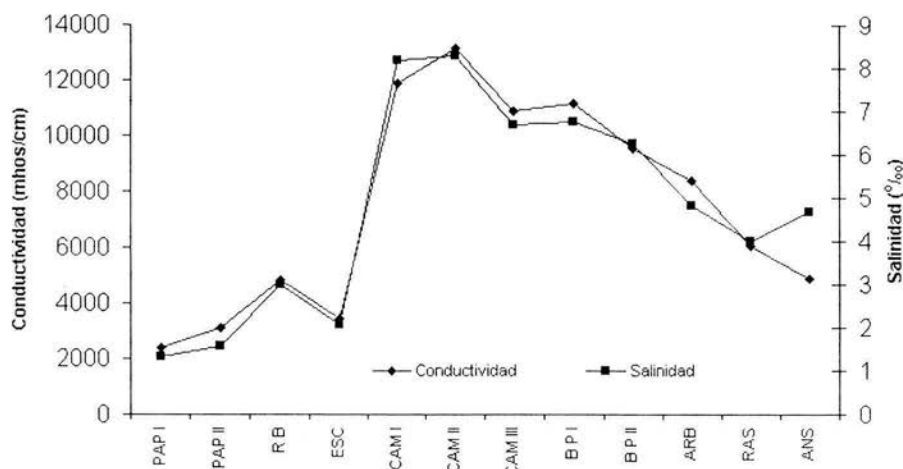


Fig. 5. Fluctuación de la conductividad y salinidad promedio por estación, durante la temporada de nortes (octubre 2000 a marzo 2001).

#### Meses Mesohalinos.

Febrero. Para este mes el valor más bajo de salinidad se registró en la estación Papaloapan I con 1 ‰, mientras que el más alto se registro en la estación Camaronera II con 11.5 ‰. El valor más bajo de temperatura se registró en 3 estaciones (Escollera, Papaloapan I y II) con 25°C, mientras que el más alto fue de 27°C, en las estaciones Buen País I, Camaronera I, Camaronera II, Camaronera III, Arbolillo, Rastro y Aneas. En cuanto al oxígeno disuelto, el valor más bajo se

presentó en 2 estaciones (Buen País II y Camaronera III) con 8 ppm, las estaciones Rastro y Aneas registraron el valor más alto con 12 ppm. Para la turbidez, el valor más bajo fue de 9.3 UNT en la estación Escollera mientras que el más alto fue de 33.3 UNT en Papaloapan I. En cuanto a la transparencia, el valor más bajo fue de 20 cm en Rastro mientras que el valor más alto fue de 100 cm en Papaloapan II. Finalmente, la conductividad registró el valor más bajo en Papaloapan I con 2600 mhos/cm, mientras que en Rastro se registró el valor más alto con 40000 mhos/cm.

Marzo. Los registros de salinidad variaron de 5 ‰ en las estaciones Papaloapan I y II hasta un máximo de 13 ‰ en Camaronera I. La temperatura fluctuó de 27°C en cinco estaciones (Papaloapan I, Papaloapan II, Río Blanco, Buen País I y Buen País II) hasta 30°C en Camaronera II. Con respecto a las concentraciones de oxígeno disuelto, oscilaron desde 8 ppm en Aneas a 10 ppm en la estación Camaronera I. Los valores de turbidez arrojaron el valor mas bajo en la estación Escollera con 4.14 UNT, mientras que el valor más alto fue de 18.6 UNT en la estación Rastro. En cuanto a la transparencia el valor más bajo fue de 40 cm en Camaronera III y el valor más alto lo presento Escollera con 110 cm. La conductividad presentó el registro más bajo en la estación Papaloapan I con 7000 mhos/cm, mientras que el valor más alto fue de 18000 mhos/cm en las estaciones Buen País I y Camaronera III.

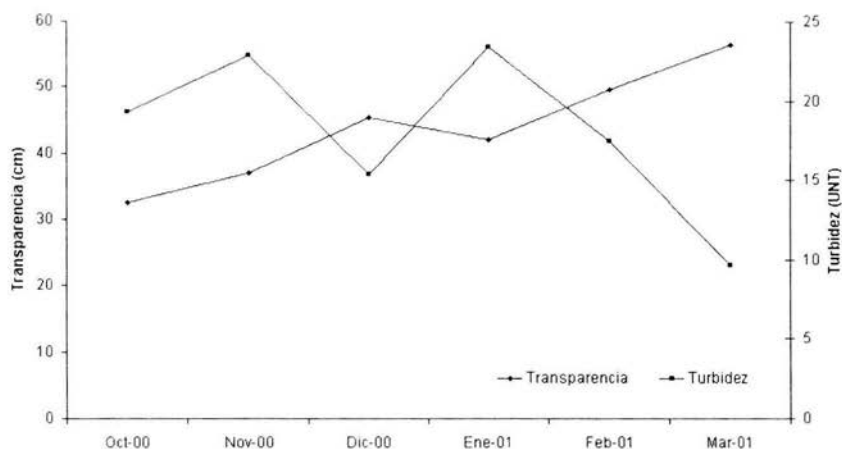


Fig. 6. Fluctuación de la conductividad y transparencia promedio mensual, de las 12 estaciones de muestreo, durante la temporada de nortes (octubre 2000 a marzo 2001).

### Análisis de componentes principales

Considerando la división temporal con base en la salinidad y conductividad (Fig. 4) se efectuó el ACP para cada grupo de meses (oligohalinos y mesohalinos), para este análisis se emplearon los seis parámetros ambientales registrados. Para los meses oligohalinos (octubre a enero), los dos primeros ejes de ordenación explican el 75.81% de la variación acumulada siendo estos la salinidad con un eigenvalor de 0.598 y el segundo eje la transparencia con un valor de  $-0.67$  (Tabla 1). El Diagrama de ACP se muestra en la figura 5.

Tabla 1. Eigenvalores del ACP para los meses oligohalinos (octubre 2000 a enero 2001), resaltando los valores de los dos primeros ejes de ordenación.

	CP 1	CP 2	CP 3
Eigenvalor	1.847	1.37	1.026
SALINIDAD	<b>0.598</b>	0.248	-0.041
TEMPERATURA	-0.499	0.132	-0.579
OXIGENO DISUELTO	0.222	-0.437	0.081
TURBIDEZ	-0.236	0.384	0.767
TRANSPARENCIA	0.128	<b>-0.67</b>	0.133
CONDUCTIVIDAD	0.521	0.367	-0.227

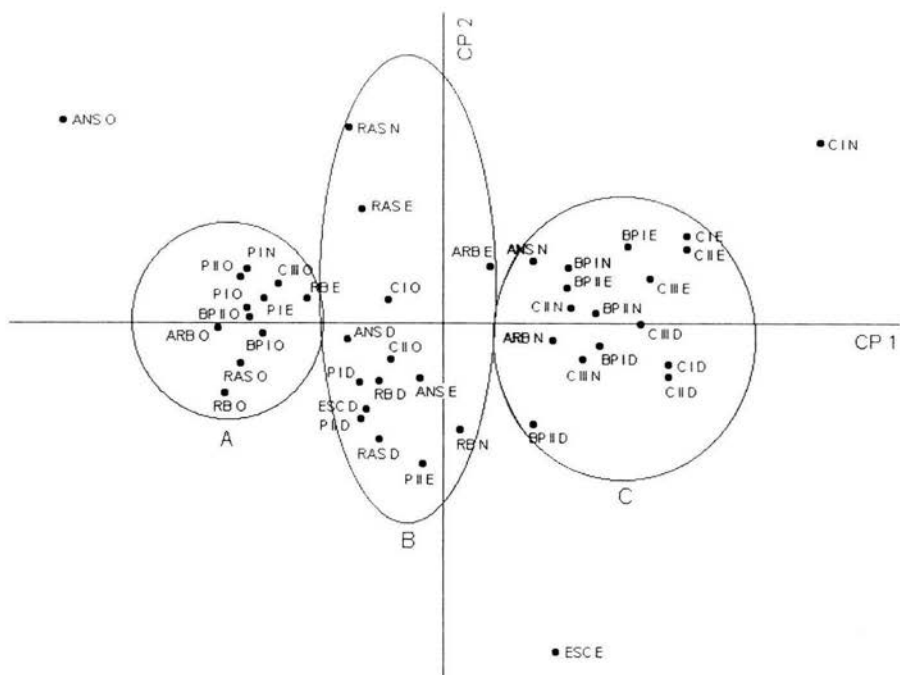


Fig. 7. Diagrama de ACP de los meses oligohalinos (octubre 2000 a enero 2001). Los dos ejes explican el 75.81% de la variación acumulada.

Para los meses mesohalinos (febrero y marzo 2001), los dos primeros ejes explican el 83.75% de la variación acumulada, en este caso el primer eje también fue la salinidad con un eigenvalor de 0.551 y el segundo la turbidez con un valor 0.647 (Tabla 2). El diagrama de ACP se muestra en la Figura 8.

Tabla 2. Eigenvalores del ACP para los meses mesohalinos (febrero y marzo 2001), resaltando los valores de los dos primeros ejes de ordenación

	CP 1	CP 2	CP 3
Eigenvalor	2.415	1.829	0.823
SALINIDAD	<b>0.551</b>	-0.341	-0.035
TEMPERATURA	0.532	-0.189	-0.03
OXIGENO DISUELTO	0.26	0.429	0.676
TURBIDEZ	-0.147	<b>0.647</b>	-0.119
TRANSPARENCIA	-0.296	-0.371	0.717
CONDUCTIVIDAD	0.486	0.328	0.11



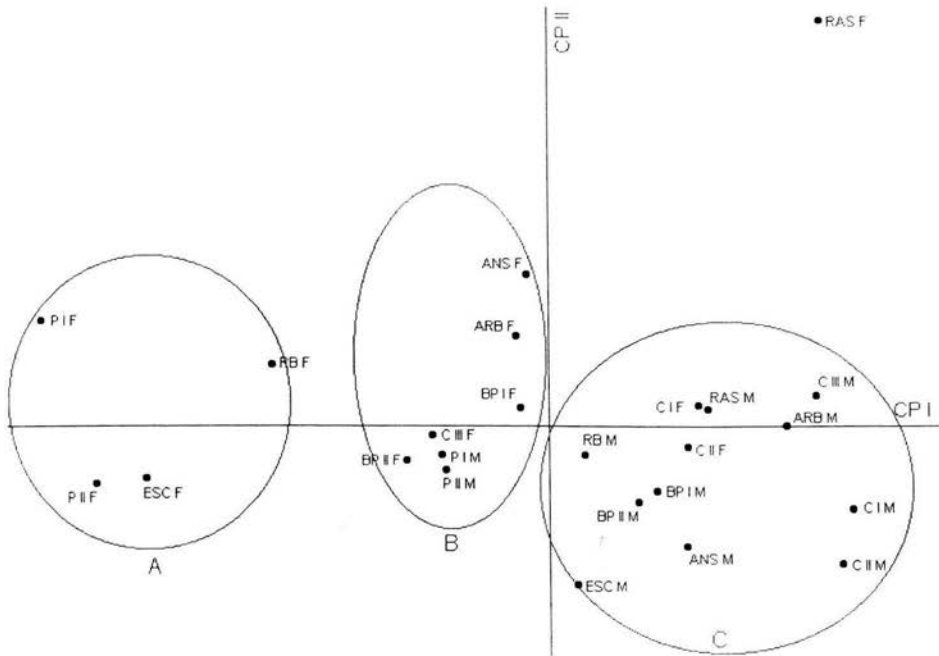


Fig. 8. Diagrama de ACP para los meses mesohalinos (febrero y marzo 2001), los dos ejes de ordenación explican el 83.75% de la variación acumulada.

### Resultados biológicos.

Los organismos registrados se determinaron como sigue: 34 a especie (Tabla. 3), 12 a género, 12 a familia, 1 a superfamilia, 8 a orden, 4 a clase, y 1 organismo a nivel de phylum, para completar un total de 72 tipos distintos de organismos. De los cuáles 35 organismos pertenecen al Subphylum CRUSTACEA, 12 al Subphylum CHELICERATA (Acari) y 9 al Subphylum UNIRRAMIA, 11 organismos corresponden al Phylum MOLLUSCA, 3 al Phylum ANNELIDA, 1 al Phylum NEMERTEA y 1 al Phylum NEMATODA.

La prueba de asociación de Olmstead y Tukey (en Sokal y Rohlf, 1995) (Fig. 9) mostró que las especies Frecuentes y abundantes y las especies Poco frecuentes y poco abundantes obtuvieron el 40.27% cada una, mientras que las 2 categorías

restantes, Poco frecuentes y abundantes y Abundantes y Poco frecuentes, obtuvieron cada una 9.72%.

Tabla 3\*\*. Clasificación de los taxa asociados al sistema radicular de *E. crassipes* de acuerdo al criterio de Olmstead y Tukey (en Sokal y Rohlf, 1995).

Frecuentes y abundantes	Frecuentes y poco abundantes	Poco frecuentes y abundantes	Poco frecuentes y poco abundantes
NEREIDAE	<i>Physella</i> sp	OSTRACODA 3	<i>Actynolaimus</i> sp
<i>Placobdella</i> sp	<i>Laevapex</i> sp	<i>Chydorus</i> sp	NEMERTEA
Gyraulius sp	ORIBATIDAE 2	<i>Melita longisetosa</i>	<i>Placobdella hollensis</i>
<i>Mytilus edulis</i>	ACARIFORMES 5	<i>Ancinus</i> sp	<i>Pyrgophorus</i> sp
<i>Fossaria</i> sp	HYDRACARINA	<i>Pachygrapsus gracilis</i>	<i>Neritina reclinata</i>
<i>Neritina virginea</i>	<i>Caecidotea occidentalis</i>	<i>Sesarma cinereum</i>	<i>Ischadium recurvum</i>
<i>Rangia cuneata</i>	TRICHOPERA	EPHEMEROPTERA	NUDIBRANCHIA
ORIBATIDAE			UROPODIDAE
ACARIFORMES 3			ACARIFORMES 7
HALACARIDAE			ACARIFORMES 8
OSTRACODA 1			ARRENURIDAE
OSTRACODA 2			SPERCHONTIDAE
<i>Gammarus mucronatus</i>			ACARIFORMES 12
<i>Apocorophium louisianum</i>			OSTRACODA 4
<i>Cerapus bentophilus</i>			<i>Simocephalus mixtus</i>
<i>Grandidierella bonnieroides</i>			<i>Alona cf davidi</i>
<i>Hyalella azteca</i>			<i>Latonopsis australis</i>
<i>Munna</i> sp			<i>Gitanopsis laguna</i>
<i>Cassidinidea ovalis</i>			<i>Sphaeroma terebrans</i>
<i>Leptocheilia savignyi</i>			<i>Excirolana braziliensis</i>
<i>Potimirin mexicana</i>			<i>Litopeneus setiferus</i>
<i>Macrobrachium acanthurus</i>			<i>Uca marguenta</i>
<i>Sesarma ricordi</i>			<i>Uca vocator</i>
<i>Sesarma reticulatum</i>			<i>Callinectes rathbunae</i>
<i>Podura aquatica</i> ?			<i>Eurypanopeus depressus</i>
<i>Sympetrum</i> sp			<i>Dyspanopeus texanus</i>
CHIRONOMIDAE			<i>Balanus</i> sp
DYTISCIDAE			CORIOXIDEA
HYDROPHILIDAE			CULICIDAE

\*\*El listado de especies y sus descriptores se encuentra en el Apéndice 1.

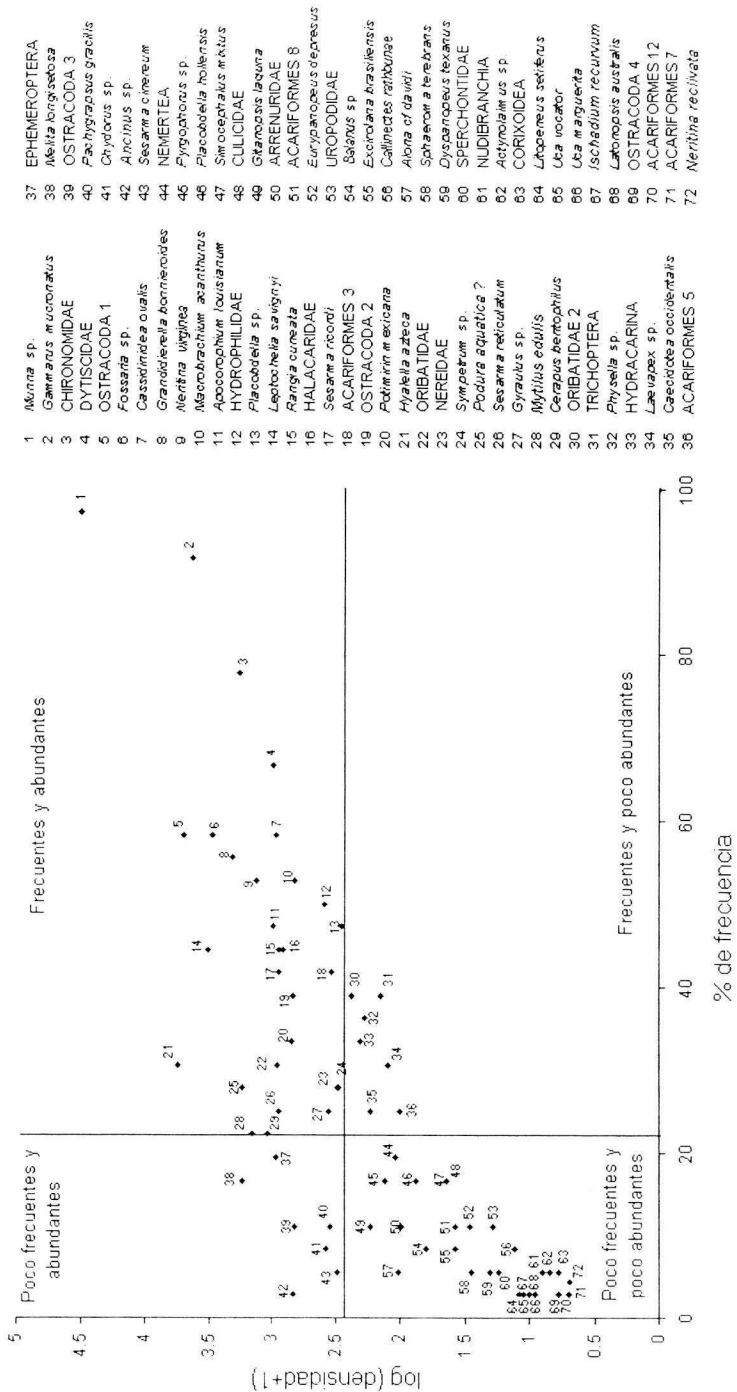


Fig. 9. Clasificación de especies por el criterio de Olmstead y Tukey (en Sokal y Rohlf, 1995) el 40.27% de las especies son frecuentes y abundantes, el 40.27% son especies poco frecuentes y poco abundantes, mientras que las dos categorías restantes (poco frecuentes y abundantes, frecuentes y poco abundantes) obtuvieron cada una 9.72%.

En cuanto a la densidad promedio por estación (Fig. 10) la estación Buen Pais I presentó la mayor densidad promedio (4996.33 org ± 4644 ) pero es a su vez la que presenta la desviación estándar más elevada (4644.78), mientras que Papaloápan II fue la estación con la densidad promedio más baja (799 org. ± 715 ) y la estación con la desviación estándar más baja fue escollera con 401.47 org. y una densidad promedio de 2399.66. Finalmente, la estación Camaronera I el registro de *E. crassipes* es cero durante el periodo de muestreo

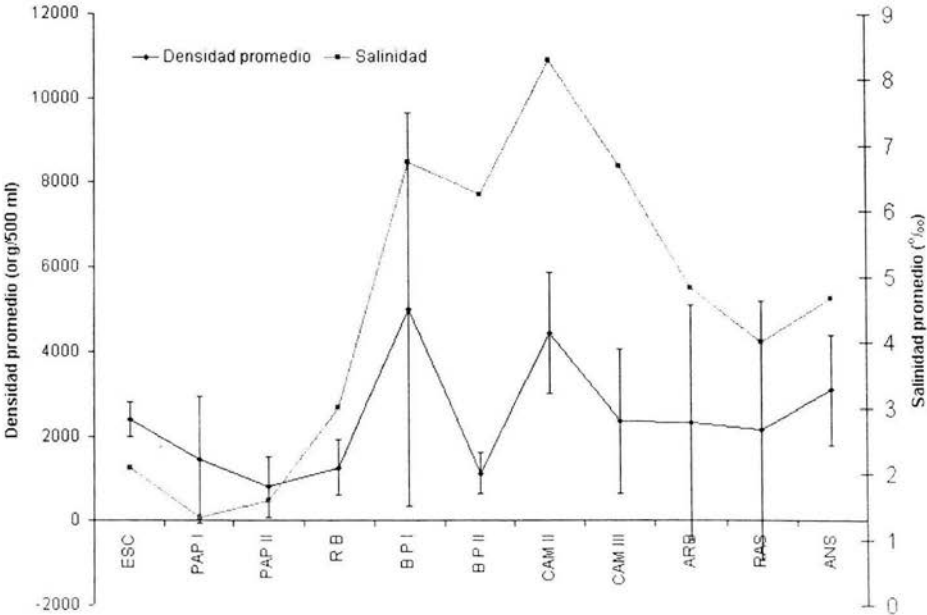


Fig. 10. Fluctuación de la salinidad y densidad promedio de invertebrados en las estaciones de muestreo, mostrando la desviación estándar de los promedios de salinidad.

**Análisis Canónico de Correspondencias.**

Los resultados obtenidos a partir del ACC muestran que los parámetros fisicoquímicos que se correlacionan de forma negativa en el primer eje de

ordenación (Tabla. 4) son Conductividad ( $r = -0.739$ ), salinidad ( $r = -0.667$ ) y temperatura ( $r = -0.528$ ). Mientras que las variables que se correlacionan de forma positiva son turbidez ( $r = 0.508$ ), transparencia ( $r = 0.38$ ) y oxígeno disuelto ( $r = 0.092$ ). Los dos primeros ejes de ACC explican un 78.13% de la varianza acumulada (Tabla 4).

Finalmente, el biplot del ACC (Fig. 11) muestra los parámetros fisicoquímicos y la posición de las especies con respecto a estos

Tabla 4. Correlaciones entre los parámetros fisicoquímicos y los valores de densidad de las especies, con los 3 ejes de ordenación del ACC.

Eje de ACC	I	II	III
Porcentaje de variación	48.08	30.05	21.86
PARÁMETRO			
Transparencia (cm)	0.38	0.67	0.524
Salinidad (‰)	<b>-0.667</b>	0.139	0.46
Oxígeno (ppm)	0.092	<b>-0.717</b>	0.024
Temperatura (°C)	-0.528	0.132	-0.514
Conductividad (mhos/cm)	<b>-0.739</b>	0.115	0.562
Turbidez (UNT)	0.508	0.302	0.052

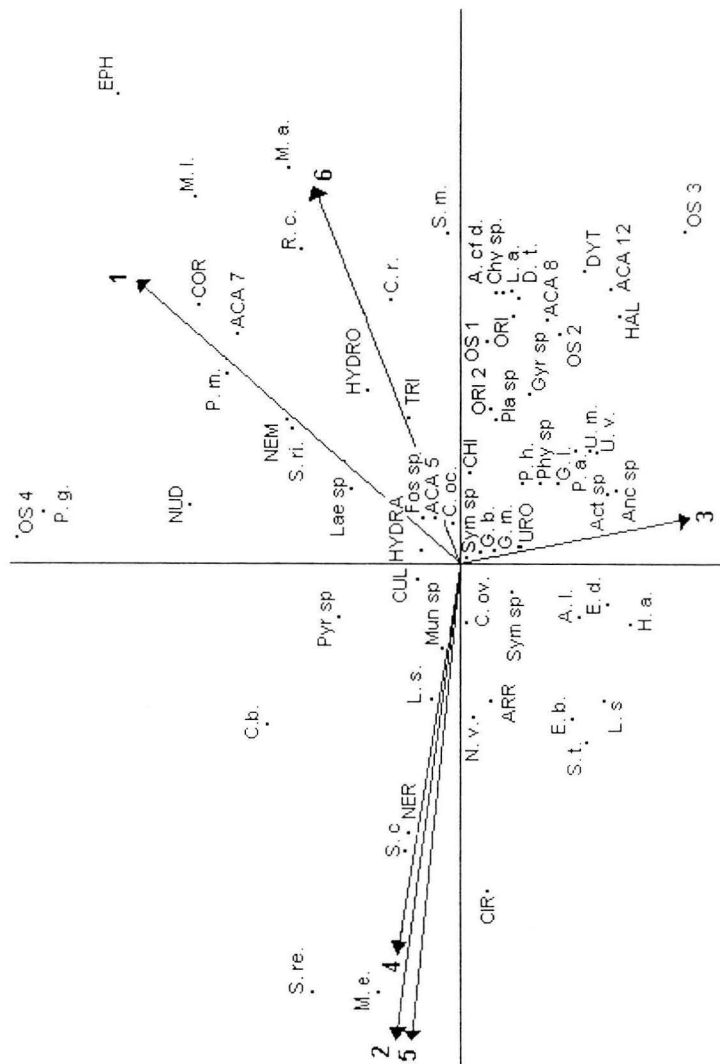


Fig. 11. Biplot de ordenación de A.C.C. Los vectores numerados indican: 1, Transparencia (cm), 2, salinidad (‰), 3, oxígeno disuelto (ppm), 4, temperatura (°C), 5, conductividad (mhos/cm) y 6, turbidez (UNT). Los nombres de las especies se encuentran abreviados.

## DISCUSIÓN.

### Aspectos Fisicoquímicos.

Las condiciones hidrológicas del sistema lagunar son consecuencia de las descargas pluviales y fluviales (Morán *et al.*, 1996). De acuerdo al análisis de los parámetros fisicoquímicos el sistema presentó un gradiente temporal, determinado fundamentalmente por la fluctuación de la salinidad y conductividad (Fig. 4) y un gradiente espacial demostrado por el ACP. (Figs. 7 y 8)

El gradiente temporal, explicado en términos de salinidad y conductividad, presentó niveles de salinidad oligohalinos durante los primeros cuatro meses de la temporada de nortes, resultado, en principio, del aporte dulceacuícola proveniente de los ríos que descargan sus aguas sobre el sistema lagunar, siendo los niveles de salinidad y conductividad los más bajos durante el mes de octubre, justo al término de la temporada de lluvias. Villalobos *et al.* (1975) mencionó esta condición oligohalina del sistema por el aporte de los ríos. La salinidad y la conductividad tienden a incrementar sus valores, resultado de una disminución en el aporte pluvial y fluvial. Durante los últimos dos meses de la temporada de estudio el sistema lagunar se caracterizó por poseer un carácter mesohalino siendo Marzo el mes con la mayor salinidad y conductividad promedio, condiciones que manifiestan el inicio de la temporada de secas, y que tienen relación directa sobre la presencia de *E. crassipes* en el sistema.

La ocurrencia de *E. crassipes* (Fig. 2) responde directamente al gradiente temporal mencionado, de esta forma al haber un mayor aporte dulceacuícola, hay un mayor porcentaje de ocurrencia de lirio dentro del sistema; así, los mayores porcentajes de ocurrencia se presentaron durante los primeros tres meses de la temporada de nortes, disminuyendo hacia los últimos tres meses. Esta es una evidencia indirecta de cómo se da el aporte continental hacia el sistema.

En estudios previos (Villalobos *et al.*, 1966) se han identificado dentro del sistema zonas con influencia marina, zonas con influencia dulceacuícola y una zona de gradiente. El ACP reveló una transición entre las estaciones con influencia dulceacuícola con respecto a aquellas que poseen influencia marina, este gradiente espacial, basado en los parámetros fisicoquímicos registrados, fue mejor explicado en términos de salinidad. Para los meses oligohalinos (Fig. 7), un extremo del gradiente (grupo A) incluyó estaciones con influencia dulceacuícola de los ríos Papaloapan y Blanco y a estaciones que corresponden al mes de octubre, justo al término de la temporada de lluvias. El extremo opuesto (grupo C) está ocupado por las estaciones Buen País I y Buen País II, así como las estaciones Camaronera I, Camaronera II y Camaronera III, ubicadas en la zona de influencia del canal artificial de comunicación entre la laguna y el mar, siendo el extremo del gradiente las que corresponden a los meses de diciembre y enero. La zona de transición (grupo B) incluyó a estaciones con influencia dulceacuícola (Papaloapan I, Papaloapan II, Río Blanco) y otras con influencia marina, tales como, Aneas y Arbolillo, las cuales también están presentes en los grupos A y C, pero para este caso, su posición dependió del mes.

Para los meses mesohalinos (Fig. 8), el gradiente está, en términos generales, representado de la misma forma que en los meses oligohalinos, un extremo (grupo A) esta representado por las estaciones Papaloapan I, Papaloapan II, Río Blanco y Escollera (febrero), mientras que el otro extremo (grupo C) esta formado principalmente por las estaciones con mayor influencia marina, tales como Camaronera I, Camaronera II y Camaronera III (marzo). La estación Escollera para el mes de marzo, se ubicó en este extremo, lo cual es evidencia de la entrada de aguas neríticas a causa de la influencia de los vientos y el comportamiento de las mareas, condiciones características de esta temporada (Morán *et al.*, 1996). Dentro de la zona de transición (grupo B) sobresalen las estaciones Papaloapan I y Papaloapan II (marzo) que obtuvieron un registro de 5 ‰, evidencia de la influencia mareal antes referida.



## Aspectos Biológicos

Generalmente la salinidad esta considerada como el factor ambiental dominante que regula la estructura de las comunidades acuáticas dentro de los ambientes salobres, por el estrés fisiológico que implica para muchos organismos (Verschuren *et al.*, 2000). La relación existente entre la salinidad y la densidad promedio de invertebrados por estación (Fig. 10) mostró, en términos generales, que al incrementarse los valores de salinidad la densidad se incrementa. Pero para los diferentes tipos de organismos, la respuesta en cuanto a este parámetro es diferente.

Con respecto a las especies encontradas y a su posición de acuerdo a la prueba de asociación de Olmstead y Tukey (Fig. 9), se encontró que el mayor porcentaje de las especies lo constituyen las Dominantes y las Raras cada una con 40.27 % del total.

### *Especies frecuentes y abundantes.*

De las ocho especies de peracáridos encontrados en esta categoría sobresalen *Munna* sp. (Isopoda) y *Gammarus mucronatus* (Amphipoda). Toft (2000) reportó isópodos y anfípodos como invertebrados predominantes en su estudio, resaltando la importancia de estos como presas de peces. También mencionó que las mayores concentraciones las localizó en el sistema radicular, que funciona como refugio ante la depredación. La presencia de *Munna* sp. y su carácter de ser la especie dominante en todo el estudio es doblemente importante, se colectó en todas las estaciones de muestreo, durante todos los meses, excepto en Papaloapan II (diciembre), y fue constante la presencia de hembras grávidas y de organismos de diferentes tallas. Esta evidencia, hace suponer que esta especie ha explotado el sistema radicular como un hábitat que le proporciona, en primer término, un medio de dispersión dentro del Sistema Lagunar, y posiblemente refugio y una fuente de alimento, ya que la evidencia sugiere que esta especie

puede llevar a cabo su ciclo de vida asociada a *E. crassipes*. Masifwa *et al.* (2001), concluyó la explotación de este hábitat para diversos invertebrados.

Las seis especies de peracáridos encontrados en esta categoría comparten, en menor proporción, la dispersión de *Munna* sp. y *G. mucronatus*, así como menores abundancias. Estas especies han sido encontradas en el sistema lagunar entre salinidades que oscilan entre 0 y 30‰ (Winfield *et al.*, 2001), esto muestra que los niveles de salinidad registrados en este estudio no representa una barrera para las capacidades de osmorregulación de estos organismos, y que su menor concentración obedece a otros factores bióticos o abióticos. La concentración de oxígeno disuelto es un factor que determina el decremento de las abundancias de ciertas especies (Poi de Neiff *et al.*, 1997; Masifwa *et al.*, 2001) y se ha reportado que el sistema radicular de *E. crassipes*, por su complejidad y densidad tiende a tener menores concentraciones de oxígeno disuelto que el agua circundante, llegando a tener concentraciones por debajo de 5 mg/l (Toft, 2000). Posiblemente, algunos de estos organismos respondan de forma negativa a este factor, aunque existe la posibilidad de que estos solo utilicen este hábitat como refugio pero no les proporciona una fuente de alimento.

Para el caso de los decápodos encontrados en esta categoría, *Sesarma ricordi* y *Sesarma reticulatum* (Braquiura) su distribución se registró en todas las estaciones, excepto en Buen País I y Buen País II, aumentando su abundancia para el mes de marzo principalmente en las estaciones de Rastro y Aneas. Fosker (1977) (en Williams, 1984) reportó una elevación en la densidad de larvas y megalopas y un favorecimiento a la retención de estas en estuarios a concentraciones de salinidad entre los 10 y 35‰. Durante el mes de marzo, las condiciones mesohalinas del sistema permitieron un incremento en la abundancia de estos organismos sobre todo en aquellas estaciones donde las salinidades fueron más altas. Los adultos de estas especies son de hábitos bentónicos, presentes en sustratos lodosos, tales como los de las estaciones donde se registraron las mayores abundancias, posiblemente emplean el sistema radicular

de *E. crassipes* como un refugio para evitar la depredación en sus estadios larvales y de megalopas y secundariamente como un medio dispersor, lo cual está restringido por la tolerancia de estas especies en cuanto a la salinidad. Para el caso de *Macrobrachium acanthurus* y *Potimirin mexicana*, especies estuarinas, su distribución abarca todas las estaciones a excepción de Buen País 2 y las abundancias de ambas se incrementan durante los meses mesohalinos. Es importante señalar que los organismos colectados correspondieron a postlarvas, las cuales, a diferencia de los adultos requieren para su desarrollo de concentraciones de salinidad superiores a 15 ‰ (Williams, 1984).

Los miembros de la clase Insecta (Chironomidae, Dytiscidae, Hydrophilidae y *Sympetrum* sp ) y Collembola (*Podura aquatica* ?), fueron registrados en su totalidad en algún estadio larval, presentaron una distribución amplia y en términos generales, las mayores abundancias de estos se presentaron en los primeros tres meses. El caso particular de *P. aquatica*, tiene un dato relevante en cuanto a abundancia se refiere, obteniendo en la estación Aneas (diciembre) 1062 organismos. Estas evidencias sugieren que durante el periodo oligohalino, estas especies no tienen limitada la distribución a lo largo del sistema, que está favorecida por el movimiento de *E. crassipes*, sus abundancias tienden a disminuir durante el periodo mesohalino. Este es el mismo caso de las cinco especies de moluscos registrados (*Neritina virginea*, *Rangia cuneata*, *Fossaria* sp, *Mytilus edulis*, *Gyraulus* sp) es esta categoría, los cuales siguen este mismo patrón.

#### *Especies Poco frecuentes y Poco Abundantes.*

Dentro de esta categoría encontramos a tres especies de cladóceros los cuales son organismos típicamente dulceacuícolas aunque algunos géneros pueden soportar salinidades más elevadas (Thorp, 1991). La presencia de las tres especies dentro de esta categoría es resultado de aparecer en las estaciones de influencia dulceacuícola (Papaloapan I y Papaloapan II, Río Blanco) y en los primeros meses de la temporada de muestreo, donde las lluvias son más intensas.

Esto supone que para estos, la salinidad funciona como una barrera de dispersión, a excepción de *Chydorus* sp. el cual esta dentro de la categoría de Poco frecuentes y abundantes con una distribución que se extendió hasta Rastro y Arbolillo, siendo esta última la estación más salina en donde se registró esta especie y evidencia la capacidad de osmorregulación de este organismo.

La salinidad es también un factor determinante en la residencia de organismos como algunos crustáceos decápodos en sistemas estuarino-costeros, de esta forma, las condiciones oligohalinas limita la migración de este tipo de organismos. (Monroy, 1996) De las nueve especies de decápodos braquiuros registradas, cinco se encuentran en esta categoría y sus registros mas elevados se efectuaron en los meses de febrero y marzo (meses mesohalinos) donde los niveles de salinidad son mas elevados y las condiciones sedimentológicas son predominadas por las arenas (Morán *et al.*, 1996) favoreciendo así la presencia de estos organismos en estaciones como Rastro, Aneas y Camaronera II. Incluso en el mes de marzo se obtuvo el registro más alto de *C. rathbunae* en la estación Escollera cuando la influencia mareal fue más elevada.

Dentro de los moluscos, solo tres especies se encuentran dentro de esta categoría (*Pyrgophorus* sp, *Neritina reclivata* e *Ischadium recurvum*) estas especies habitan aguas salobres y dulces, *N. reclivata* es común sobre la vegetación sumergida, mientras que *I. recurvum* forma parte de la epifauna (García-Cubas *et al.*, 1992). La presencia de estas especies se restringió a tan solo una estación, para el caso de *I. recurvum* en Buen País I y para *N. reclivata* en Río Blanco. Para *Pyrgophorus* sp. su dispersión fue mayor encontrándolo incluso en la estación Camaronera III (octubre), es decir, durante los meses de mayor aporte de los ríos y como consecuencia, mayor dispersión del lirio en el sistema. Para el caso de esta especie, este trabajo muestra que el lirio funciona como un medio de dispersión menos eficiente, ya que al avanzar la temporada (con una tendencia mesohalina) los registros de esta especie disminuyen pero no desaparecen.



## Relaciones ambientales

Con relación a los parámetros fisicoquímicos, el ACC (Fig. 11) mostró que la mayoría de las especies no se relacionan directamente con alguna de las variables consideradas. Poi de Neiff *et al.* (1997) mencionaron el decremento de oxígeno disuelto y el aumento de la conductividad como una condición que disminuye la densidad de invertebrados. Para este estudio, solo algunas especies se ven afectadas de manera importante por esta variable (*Actynolaimus* sp., *Ancinus* sp.). Estas diferencias están explicadas por las condiciones ambientales presentadas por las planicies de inundación de un río, donde el lirio forma grandes asentamientos de poca movilidad, mientras que en las lagunas costeras, el movimiento del lirio esta sujeto a movimientos constantes. El resultado es que esta clase de ecosistemas, el lirio sigue una dinámica diferente y que las especies responden a otro tipo de variables y no al oxígeno.

**IZT.**

A pesar de esto, la conductividad y la salinidad fueron los parámetros con la mayor correlación, lo anterior es evidencia de la importancia de estas dos variables en la conformación del gradiente ambiental en los sistemas lagunares costeros. Un modelo aproximado corresponde al trabajo de Rundle *et al.* (1998), donde denotaron como variables importantes a la salinidad y al sustrato en un gradiente estuarino. En la presente investigación se observó la presencia de organismos bentónicos (anfípodos, isópodos, decápodos) como parte dominante en la composición de las especies asociadas al sistema radicular. Esto es indicio de la colonización del sistema radicular del lirio por parte de organismos de hábitos bentónicos, que en algún momento se añaden a este y después son transportados a lo largo del sistema, tal como lo mencionaron Weatherhead *et al.* (2001), quienes encontraron que la posición de las macrofitas dentro del cuerpo de agua es un factor importante en la determinación de la composición de especies. La dispersión estará entonces limitada por las capacidades de los organismos de tolerar los cambios fisico-químicos. La barrera más importante identificada fue la salinidad, esta variable es la que mejor explica los cambios en la composición de

especies en la comunidad, sobre todo aquellos cambios que se dan en el gradiente temporal. Para este caso en la temporada de nortes, la disminución de la abundancia y el cambio en la estructura de las comunidades obedece al gradiente espacio temporal establecido por la salinidad y la conductividad.

Las evidencias de este trabajo apoyan la conclusión de Masifwa *et al.* (2001), ó la de Toft (2001), quienes establecen la importancia del sistema radicular de *E. crassipes* como un nuevo hábitat colonizable por una gran variedad de invertebrados en los ecosistemas a los que llega. Estudios posteriores podrían arrojar información acerca de la importancia de este como un alterador de la estructura de hábitats y como es que modifica la estructura de las cadenas tróficas, tanto acuáticas como terrestres, considerando las diferencias existentes entre los diferentes tipos hábitat que *E. crassipes* ha invadido, ya que cada uno presenta característica hidrológicas, biológicas y humanas diferentes.

## CONCLUSIONES.

La presencia de *E. crassipes* dentro del Sistema Lagunar, obedece al aporte de los ríos adyacentes, siendo mayor su porcentaje de ocurrencia al principio de la temporada de nortes.

El sistema lagunar presentó condiciones oligohalinas durante los meses de octubre, noviembre, diciembre 2000 y enero 2001 y mesohalinas durante los dos meses restantes de esta temporada.

El sistema lagunar presentó un gradiente espacial durante la temporada de estudios, con una zona de influencia dulceacuícola, una zona de influencia marina y una zona de transición.

El sistema radicular de *E. crassipes* funciona como un dispersor para diversas especies de invertebrados, dentro del cuerpo de agua, a pesar de no haber correlación entre el volumen radicular y la densidad de los invertebrados asociados a éste.

La abundancia y dispersión de especies de naturaleza dulceacuícola asociadas al sistema radicular de *E. crassipes* tiende a disminuir; primero, de acuerdo a la dispersión del lirio dentro del sistema y segundo, conforme avanza la temporada de nortes y el sistema presentó condiciones mesohalinas.

La abundancia y dispersión de las especies estuarinas y/o marinas aumentó al presentarse en el sistema las condiciones mesohalinas.

*Munna* sp, *G. mucronatus*, Chironomidae, son especies que presentaron abundancias elevadas y la más amplia distribución durante la temporada de estudio, evidencia que sugiere la colonización del sistema radicular de *E. crassipes* como un hábitat dentro del Sistema Lagunar.

## LITERATURA CITADA

- Bailey, R.G. and Litterick, M.R. 1993. The macroinvertebrate fauna of water hyacinth fringes in the Sudd swamps (River Nile, Southern Sudan). *Hydrobiologia*, 250: 97-103.
- Bechara, J.A. 1996. The relative importance of water quality, sediment composition and floating vegetation in explaining the macrobenthic community structure of floodplain lakes (Parana River, Argentina). *Hydrobiologia*, 333:95-109.
- Burch, J.B. y Cruz-Reyes, 1987. *Clave genérica para la identificación de gástrópodos de agua dulce en México*. Ins. Biol. Univ. Nal. Autón. México.
- Contreras, E.F. y Castañeda, L. O. (comp.)1995. Ecosistemas Costeros Mexicanos. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad CONABIO, México. Publicación Electrónica por PEMSA.
- De la Lanza, E. G. 1994. Química de las lagunas costeras y el litoral mexicano. En: *Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano*. De la Lanza, E.G. y Caceres, M.C. (eds.). *Univ. Autón. Baja California Sur*, 129-190
- Dvorak, J. and Best, E.P.H. 1982. Macro-invertebrate communities associated with the macrophytes of Lake Vechten: structural and functional relationships. *Hydrobiologia*, 95: 115-126
- Evans, D., Streever, W. and Crisman, T. 1999. Factors Influencing Aquatic Invertebrate Distribution and Comparisons Between Natural and Created Marsh Communities. In: *Invertebrates in Freshwater Wetlands of North America: Ecology and Management*. Batzer, D., Rader, R. and Wissinger, S. (eds) John Willey & Sons. 81-104
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. *Inst. Geol. UNAM*. México. p. 244
- García-Cubas, A., Reguero, M., Elizarrás, R. 1992. Moluscos del sistema lagunar Chica-Grande, Veracruz, México: Sistemática y Ecología. *An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*. 19 (1): 71-101
- García-Montes, J.F. 1989. Composición, distribución y estructura de las comunidades de macroinvertebrados epibénticos del sistema lagunar de Alvarado,



Veracruz. Tesis de Maestría, *Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*. p. 123

- Gaston, G. R. 1999. Distribution and trophic ecology of invertebrates. In: *Invertebrates in Freshwater Wetlands of North America: Ecology and Management*. Batzer, D.; Rader, R. and Wissinger, S. (eds) John Willey & Sons. 919-947
- Gutiérrez, E., Huerto, R., Saldaña, P., and Arreguín F. 1996. Strategies for waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*) control in Mexico. *Hydrobiologia*, 340: 181-185
- Hamilton, S. K., Sippel, S.J., Lewis, W.M. and Saunders, J.F. 1990. Zooplankton abundance and evidence for its reduction by macrophyte mats in two Orinoco floodplain lakes. *Journal of Plankton Research*, 12 ( 2 ): 345-363.
- Masifwa, W.F., 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. *Hydrobiologia*, 452: 79-88
- Monroy, V. L.V. 1996. Crustáceos decápodos del sistema lagunar de Alvarado y plataforma continental adyacente. Tesis Licenciatura (Biología). *ENEP Iztacala, Univ. Nal. Autón. México*. 167 p.
- Morán, S.A., Franco, L.J., Chávez, L.R., Altamirano, A.T., De Sucre, M.A. 1996. Aspectos generales del comportamiento hidrológico del sistema lagunar de Alvarado, Veracruz, México. *Revista de Zoología*, Núm Esp. (2): 1-16.
- Paporello de Amsler, G. 1983. Fauna asociada a las raíces de *Eichhornia crassipes* en el Río Correntoso (Prov. De Santa Fé): estudio preliminar. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 14(2): 133-147
- Paporello de Amsler, G. 1986. Fauna asociada a las raíces de *Eichhornia crassipes* en cauces secundarios y tributarios del Río Paraná en el tramo Goya-Diamante. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 18(1): 37-50
- Pennak, W.R. 1991. *Freshwater Invertebrates of the United States (Protozoa to Mollusca)*. 3ª Edición. John Wiley & Sons, Inc. E.U.A. 506 p.

•Poi de Neiff, A. and Neiff, J.J. 1980. Los camalotales de *Eichhornia crassipes* en aguas lóxicas del Parana y su fauna asociada. *ECOSUR*, 7(14): 185-199.

•Poi de Neiff, A., Neiff, J.J., Orfeo, O. and Carignan, R. 1994. Quantitative importance of particulate matter retention by the roots of *Eichhornia crassipes* in the Paraná floodplain. *Acuatic Botany*, 47: 213-223.

•Poi de Neiff, A. and Carignan, R. 1997. Macroinvertebrates on *Eichhornia crassipes* roots in two lakes of the Parana River floodplain. *Hydrobiologia*, 345: 185-196.

•Rader, R. B.1999. Natural variability, invertebrate diversity, and food web stability. In: *Invertebrates in freshwater wetlands of north America: Ecology and management*. Batzer D.P., Rader R.B. and Wissinger S.A.(Eds) John Willey & Sons. 25-54

•Rocha, R.A., Cházaro, O. S., Román, C. R. y Molina, B.H.M. 1996. Clave de identificación para estadios zoea, mysis, postlarvas (Caridea y Penaeida) y megalopas (Anomura y Brachyura) de la Laguna de Alvarado, Veracruz, México. *Rev. Zool. Univ. Nal. Autón. México*, Número especial 1: 1-22.

•Rundle, S.D., Atrill, M.J. and Arshad, A. 1998. Seasonality in macroinvertebrate community composition across a neglected ecological boundary, the freshwater-estuarine transition zone. *Aquatic Ecology*, 32: 211-216.

• Sharitz, R. R. and D. P. Batzer. 1999. An introduction to freshwater wetlands in North America and their invertebrates. In: *Invertebrates in freshwater wetlands of North America: Ecology and management*. Batzer D.P., Rader R.B., and Wissinger S.A.(Eds). John Willey & Sons. 1-21.

•Salcedo, S.V. 1978. Fluctuación de las poblaciones de la fauna asociada al lirio acuático (*Eichhornia crassipes* Kunht) y su relación con la contaminación en el Lago de Xochimilco. Tesis Licenciatura (Biólogo) *Fac. Cienc. Univ. Nal. Autón. México*, 53 p.

•Sculthorpe, M.A. 1967. *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. Koeltz Scientific Books. West Germany. p. 610

- Ter Braak, C.J.F.1997. Ordination. In: *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*. Jongman, R.H.G., Ter Braak, C.F.J, and Van Tongeren, O.F.R. (Eds.) Cambridge University Press. 91-169.
- Sokal, R.R. and Rohlf, F. J. 1995. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*. 3rd ed. W.H. Freeman and Company. San Francisco. p. 877
- Thorp, J.H., and Covich, A.P. 1991. *Ecology and Classification of North American of Freshwater Invertebrates*. Academic Press, Inc. U.S.A. p. 911
- Toft, J.D. 2000. Community effects of the non-indigenous aquatic plant water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in the Sacramento/San Joaquin Delta, California. Master of Sciences Thesis. *Univ. of Washington*, p. 86.
- Verschuren, D., Tibby, J., Sabbe, K., and Roberts, N. 2000. Effects of depth, salinity and substrate on the invertebrates community of a fluctuating tropical lake. *Ecology*, 81(1): 164-182.
- Villalobos-Figueroa, A., Suárez-Caabro, J.A., Gómez, S., De la Lanza, G., Aceves, M., Manrique, F. And Cabrera, J. 1966. Considerations on the Hydrography and Productivity of Alvarado Lagoon, Veracruz, México. *Proc. Gulf Carib. Fish. Inst.* 19th Ann. Sess. 75-85
- Villalobos, F.A., Gómez, S., Arenas, V., Cabrera, J., De la Lanza, G. y Manrique, F. 1975. Estudios Hidrobiológicos en la Laguna de Alvarado (Febrero – Agosto, 1966). *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México* 46, Se. Zool, (1): 1-34
- Weatherhead, M.A. and James, M.R. 2001. Distribution of macroinvertebrates in relation to physical and biological variables in the littoral zone of nine New Zealand lakes. *Hydrobiologia*, 462: 115-129
- Williams, A.B. 1984. *Shrimps, Lobsters and Crabs of the Atlantic Coast of the Eastern United States, Maine to Florida*. Smithsonian Institution Press. E.U.A. p.550
- Winfield, I., Escobar-Briones, E. y Álvarez, F. 2001. Crustáceos peracáridos asociados a praderas de *Ruppia maritima* (Ruppiales) en la laguna de Alvarado, México. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México, Serie Zoología*. 72(1): 29-41.

## APÉNDICE 1.

Listado de los taxa encontrados y descriptores de las especies identificadas.

TAXA	DESCRIPTOR
<i>Actynolaimus</i> sp.	
Nemertea	
Nereidae	
<i>Placobdella hollensis</i>	(Whitman, 1892)
<i>Placobdella</i> sp.	
<i>Physella</i> sp.	
<i>Gyraulus</i> sp.	
<i>Mytilus edulis</i>	Linnaeus, 1758
<i>Fossaria</i> sp.	
<i>Laevapex</i> sp.	
<i>Pyrgophorus</i> sp.	
<i>Neritina virginea</i>	Linnaeus, 1758
<i>Neritina reclinata</i>	Say 1822
<i>Rangia cuneata</i>	Sowerby 1831
<i>Ischadium recurvum</i>	(Rabinesque, 1820)
NUDIBRANCHIA	
ORIBATIDA	
UROPODIDAE	
ACARII 3	
ORIBATIDA	
ACARII 5	
HIDRACARINA	
ACARII 7	
ACARII 8	
HALACARIDAE	
ARRENURIDAE	
SPERCHONTIDAE	
ACARII 12	
OSTRACODA 1	
OSTRACADA 2	
OSTRACODA 3	
OSTRACADA 4	
<i>Ilyocriptus spinifer</i>	(Brady 1886)
<i>Simocephalus mixtus</i>	Sars 1903
<i>Alona cf davidi</i>	
<i>Chydorus</i> sp.	Leach 1816
<i>Sacitolana serricauda</i>	Sars 1901
<i>Latonopsis australis</i>	Sars 1888
<i>Gammarus mucronatus</i>	Say 1818
<i>Apocorophium louisianum</i>	(Shoemaker 1934)
<i>Cerapus bentophilus</i>	Thomas & Heard 1979
<i>Grandidierella bonnieroides</i>	Stephensen 1948
<i>Gitanopsis laguna</i>	McKinney 1978
<i>Mellita longisetosa</i>	Sheridan 1979

<i>Hyalella azteca</i>	Saussure 1857
<i>Munna</i> sp.	Kroyer 1839
<i>Cassidinidea ovalis</i>	Say 1818
<i>Caecidotea occidentalis</i>	(Williams)
<i>Sphaeroma terebrans</i>	Bate 1866
<i>Dynamenella cuadrilirata</i>	Kensley
<i>Exirolana braziliensis</i>	Richardson 1912
<i>Ancinus</i> sp.	
<i>Leptocheilia savignyi</i>	(Kroyer 1842)
<i>Potimirin mexicana</i>	(De Saussure 1857)
<i>Litopeneus setiferus</i>	(Linnaeus, 1767)
<i>Macrobrachium acanthurus</i>	Holthius 1952
<i>Uca marguerita</i>	Thurman 1981
<i>Uca (Minuca) vocator</i>	(Herbst 1804)
<i>Callinectes sapidus</i>	Rathbun 1896
<i>Pachygrapsus gracilis</i>	Saussure 1858
<i>Sesarma ricordi</i>	Milne Edwards 1853
<i>Sesarma (Chiromantes) cinereum</i>	Bosc 1802
<i>Sesarma (Sesarma) reticulatum</i>	(Say 1817)
<i>Eurypanopeus depressus</i>	(Smith 1869)
<i>Dyspanopeus texanus</i>	(Stimpson 1859)
CIIRIPEDIA	
<i>Podura aquatica</i> ?	
EPHEMEROPTERA	
<i>Sympetrum</i> sp.	
CORIXOIDEA	
TRICHOPTERA	
CULICIDAE	
CHIRONOMIDAE	
DYTISCIDAE	
HYDROPHILIDAE	