



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

Distribución de macroinvertebrados y peces del Río  
Máquinas, Los Tuxtlas, Veracruz, como información  
base para la creación de un Índice de Integridad  
Biótico.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**BIÓLOGOS**

PRESENTAN:

**LILIA ANGÉLICA MILLÁN NARVÁEZ**

Y

**JUAN CARLOS OJEDA ESCOTO**

TUTOR

Dr. FERNANDO ÁLVAREZ NOGUERA

2007





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ**  
Jefe de la División de Estudios Profesionales  
Facultad de Ciencias  
Presente.

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

**"Distribución de macroinvertebrados y peces del Río Máquimas, Los Tuxtlas, Veracruz, como información base para la creación de un Índice de Integridad Biótico"**

realizado por **Ojeda Escoto Juan Carlos y Millán Narváez Lilia Angélica**, con números de cuenta **096260900** y **095310143** respectivamente, quienes optan por titularse en la opción de Tesis en la licenciatura en **Biología**. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Propietario Dra. Guillermina Alcaraz Zubeldía

Propietario Dra. Leticia Huidobro Campos

Tutor(a)  
Propietario Dr. Fernando Álvarez Noguera

Suplente M. en C. José Luis Bortolini Rosales

Suplente M. en C. María del Carmen Hernández Álvarez

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPIRITU"  
Ciudad Universitaria, D. F., a 25 de octubre del 2007  
EL COORDINADOR DE LA UNIDAD DE ENSEÑANZA DE BIOLOGÍA

DR. ZENÓN CANO SANTANA

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA  
DE BIOLOGÍA

Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

***Por Ti, Universidad***

*Donde acaba la biología comienza la religión.*

*Anónimo*

*Mientras que el sexo es la banalidad de los ignorantes, la ciencia es el orgasmo supremo de las mentes pensantes.*

*Anónimo*

*Cada vez que la ciencia abre una puerta nueva, encuentra a Dios, hasta que descubre la verdad.*

*Anónimo*

*La religión explica los miedos del hombre, la ciencia descubre las verdades de la naturaleza, la ciencia es para valientes.*

*Anónimo*

*El verdadero amante de la vida es el científico, pues es el único que se ocupa de descubrir sus misterios.*

*Anónimo*

*Para las personas creyentes, Dios esta al principio. Para los científicos está el final de todas sus reflexiones.*

*Max Planck*

*En el punto donde se detiene la ciencia, empieza la imaginación.*

*Heyendhal*

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A LA FACULTAD DE CIENCIAS**

Gracias a esta escuela e institución por darnos la oportunidad de superarnos y adquirir conocimientos que nos servirán en el futuro, dándonos la oportunidad de ser profesionistas.

### **A NUESTROS TUTORES**

Doctor Fernando Álvarez y Doctora Guillermina Alcaraz

Por ser piezas fundamentales en el desarrollo y culminación de la presente investigación, pero sobre todo por ser excelentes personas. Gracias por su tiempo, experiencia, conocimientos, dedicación y paciencia empleados en este logro. Con todo nuestro respeto y admiración.

### **A NUESTRO JURADO**

Doctora Leticia Huidobro, M. en C. José Luis Bortolini y M. en C. Carmen Hernández.

Gracias por guiarnos con sus conocimientos en la elaboración de la presente investigación, pero sobre todo por permitirnos conocer las grandes personas que son. Con respeto y admiración.

### **AL PROYECTO**

IN208702-3 "Adaptaciones ecofisiológicas de langostinos: implicaciones para su conservación" financiado por el programa PAPIIT, DGAPA-UNAM, del cual formó parte esta investigación.

## DEDICATORIAS

*Lilia*

### **A MI PIMPOLLITO**

Gracias por el esfuerzo y dedicación puestos en este proyecto, pero sobre todo por ser quien eres, una persona honesta, trabajadora, inteligente y cariñosa. SIN TI este trabajo no hubiese sido posible, con admiración, respeto, pero sobre todo amor gracias JUAN. *Porque tus triunfos son también los míos.*

### **A MIS PADRES**

Porque me enseñaron que todo en la vida es posible. Porque me dieron libertad para decidir. Porque con su enseñanza, amor y confianza, fortalecieron mi vida. Porque son los mejores padres que pude tener. Porque con sus esfuerzos y sacrificios, logré el triunfo que hoy les brindo. Porque me dieron la herencia más grande del mundo educación, valores y amor. Con amor, admiración y respeto, mil GRACIAS.

### **A MIS HERMANOS**

A mi hermano Daniel por enseñarme con su ejemplo que el esfuerzo, la perseverancia y la dedicación son las bases para lograr las metas más deseadas. A mi hermano Carlos por enseñarme que no existen límites cuando se desea algo y que en la vida lo más importante es la confianza que nos tenemos nosotros mismos. Pero sobre todo doy gracias a la vida por tenerlos como hermanos. Con amor, admiración y respeto. *Que en la vida encuentren siempre lo que buscan.*

### **A MI FAMILIA**

A mis tías y tíos, a mis primas y primos, a toda la gente que aunque no lleva mi sangre me quieren y las quiero como si fueran mi familia. A todas ellas les agradezco la confianza y la gran estima que me tienen. Desconozco si la fe mueve montañas... y no me importa averiguarlo, me es suficiente saber que la fe que me tienen, me mueve a mí. Gracias.

**Juan Carlos**

### **A MI BBSITA**

Mi vida has cambiado por completo, contigo he aprendido que sobran las palabras cuando se trata de expresar los sentimientos que aguardan en el corazón. Quiero dedicarte este logro, por enseñarme lo maravillosa que es la vida cuando se está con la persona que amas. Gracias por todo lo bueno y lo malo que me has permitido pasar a tu lado, por todo ese cariño, comprensión y amor que día a día me das y que es el motor que mueve mi vida, que me inspira y da fuerzas para enfrentar los nuevos retos que en el futuro se presenten. Sin ti no hubiera sido posible alcanzar esta meta, te amo bbsita.

### **A MIS PADRES**

Gracias: por darme la oportunidad de existir, traerme a este vasto mundo lleno de retos y de metas por alcanzar. A lo largo de mi vida he ido superando obstáculos que se han presentado para llegar finalmente a este momento, la culminación de mi carrera. No es fácil llegar, se necesitó de ahínco, lucha y deseo, pero sobre todo apoyo, como el que he recibido durante este tiempo. Por su sacrificio en algún tiempo incomprensido, por su ejemplo de superación incansable, por su comprensión y confianza, porque sin su apoyo no hubiera sido posible alcanzar este logro.

### **A MIS HERMANOS**

Tere, Rodrigo y Agustín, la humildad es virtud que tiene la sabiduría para reconocer el verdadero amor. Agradezco humildemente todos los esfuerzos que realizaron, en los momentos más difíciles y más felices a lo largo de mi carrera, pero sobre todo de mi vida para que yo pudiera alcanzar la más preciada meta... ¡Ser Profesional!

### **A MI SOBRINITA**

Monse, haz sido esa lucecita que guía mi camino cuando el panorama se oscurece, tu ternura y cariño me han dado fuerzas para seguir adelante y darme cuenta que hasta las cosas mas sencillas tienen un valor incalculable. No importa que tan lejos o difíciles de alcanzar parezcan estar nuestros más grandes sueños, así como en los cuentos de hadas, todo puede hacerse realidad.

### **A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS.**

Mencionarlos uno a uno es algo que quiero evitar, pues corro el riesgo de olvidarme de alguno de ustedes. Les quiero agradecer por compartir esta experiencia conmigo, dentro y fuera de las aulas, por los buenos y malos ratos que pasamos, por los consejos buenos y malos, pero sobre todo por su apoyo y por todo lo que aprendimos y convivimos durante toda nuestra vida en la fac.



## ÍNDICE

Resumen .....	V
Introducción .....	1
¿Qué es el Índice de Integridad Biológica (IIB)? .....	2
Los peces como indicadores de la calidad ambiental .....	2
Adaptación y caracterización del IIB .....	3
Riqueza y composición de especies .....	3
Estructura trófica .....	4
Abundancia y condición .....	6
Método de obtención del IIB .....	6
Antecedentes .....	8
La fauna acuática de Los Tuxtlas .....	8
Estudios previos de Índice de Integridad Biológica en México. ....	10
Objetivos .....	12
Objetivo general .....	12
Objetivos particulares .....	12
Área de Estudio .....	13
La región de Los Tuxtlas .....	13
Clima .....	15
Geología .....	16
Hidrografía .....	16
Localidades de muestreo .....	17
Material y Método .....	20
Parámetros físico-químicos .....	20
Trabajo de Campo .....	20
Trabajo de laboratorio .....	21
Búsqueda de registros previos .....	21

Resultados .....	22
Distribución y abundancia de las especies colectadas .....	23
Distribución temporal de los diferentes estadios de las especies colectadas .....	24
Dominancia por Grupo Taxonómico .....	25
Diversidad por Grupo Taxonómico .....	26
Crustáceos .....	29
Peces .....	34
Moluscos .....	37
Distribución a lo largo del año .....	40
Discusión .....	42
Patrón de distribución y abundancia de las especies por localidad .....	42
Distribución temporal de las especies por estadios .....	44
Distribución y abundancia de las especies por grupo .....	45
Crustáceos .....	45
Peces .....	48
Moluscos .....	50
Distribución temporal de los diferentes estadios por grupo .....	53
Crustáceos .....	53
Peces .....	55
Moluscos .....	57
Distribución global .....	58
El Índice de Integridad Biológica para el río Máquina .....	58
Adaptación y aplicación (tentativo) del IIB al río Máquinas .....	60
Conclusiones .....	63
Apéndice 1 .....	65
Registro de la CNCR del IB-UNAM .....	65
Registro de Peces .....	66
Registro de Moluscos .....	67

Apéndice 2 .....	68
Clasificación Taxonómica .....	68
Crustáceos .....	68
Peces .....	69
Moluscos .....	70
Literatura Citada .....	71

### **Índice de Tablas**

Tabla 1. Parámetros utilizados en el desarrollo de IIB .....	5
Tabla 2. Clases de integridad biótica, atributos y puntuaciones (Karr, 1981) .	7
Tabla 3. Especies en riesgo .....	9
Tabla 4. Parámetros físico-químicos promedio por localidad .....	22
Tabla 5. Especies de crustáceos colectadas en el río Máquinas .....	29
Tabla 6. Especies de peces colectadas en el río Máquinas .....	34
Tabla 7. Especies de moluscos colectadas en el río Máquinas .....	37

### **Índice de Láminas y Figuras**

Lámina 1. Sitios de muestreo .....	19
Lámina 2. Crustáceos capturados en el río Máquinas .....	33
Lámina 3. Peces capturados en el río Máquinas .....	36
Lámina 4. Moluscos capturados en el río Máquinas .....	39
Figura 1. Área de estudio en la región de Los Tuxtlas .....	14
Figura 2. Localidades de muestreo en el río Máquinas .....	17
Figura 3. Distribución y abundancia de las especies colectadas por localidad .....	23
Figura 4. Distribución y abundancia temporal de los diferentes estadios de las especies colectadas .....	24

Figura 5. Dominancia por grupo taxonómico .....	25
Figura 6. Distribución y abundancia de los grupos taxonómicos .....	26
Figura 7. Riqueza de especies por grupo taxonómico .....	26
Figura 8. Distribución de la riqueza a lo largo del río Máquinas .....	27
Figura 9. Distribución del número de especies por grupo basado en el tipo trófico .....	28
Figura 10. Dominancia de las especies de crustáceos .....	30
Figura 11. Dominancia de crustáceos omitiendo los grupos abundantes .....	31
Figura 12. Distribución y abundancia de crustáceos .....	31
Figura 13. Distribución y abundancia de crustáceos omitiendo los grupos abundantes .....	32
Figura 14. Dominancia de las especies de peces .....	35
Figura 15. Distribución y abundancia de peces .....	35
Figura 16. Dominancia de las especies de moluscos .....	37
Figura 17. Distribución y abundancia de moluscos .....	38
Figura 18. Distribución temporal de los diferentes estadios de crustáceos .....	40
Figura 19. Distribución temporal de los diferentes estadios de peces .....	41
Figura 20. Distribución temporal de los diferentes estadios de moluscos .....	41

## RESUMEN

El río Máquinas es un cuerpo de agua que presenta zonas protegidas, debido a que una porción se encuentra dentro de la reserva de los Tuxtlas y otra en la zona agrícola, sin embargo, se desconoce hasta que punto el efecto antropogénico ha modificado el ecosistema. Las poblaciones de crustáceos, peces y otros organismos se han visto afectadas de forma alarmante ya que se realiza la pesca en este sitio. Se desconoce la distribución global de las poblaciones de crustáceos, peces y moluscos, así como la posible pérdida de especies endémicas o cuasi endémicas de dichos grupos. Se colectó un total de 20,327 individuos, de los cuales 12,825 son crustáceos, 308 peces y 7,194 moluscos. Los crustáceos están representados por 11 especies, peces 10 y moluscos 7. La categoría que sobresale por su número de individuos fue *Macrobrachium* sp., que representó el 90% de los crustáceos colectados. La parte baja del río alberga cerca del 99% de los individuos incluidos en esta categoría, registrándose su periodo reproductivo de junio a agosto. De los 11,908 individuos de las especies de *Macrobrachium*, el 98% fueron juveniles, 2% adultos, de los cuales el 11.5% fueron hembras ovígeras. En el caso de peces se observó la dominancia de tres especies: *Gobiomorus dormitor* que representó el 37% del total de individuos colectados, *Eleotris pisonis* el 19% y *Heterandria bimaculata* el 16%. Los peces fueron el grupo menos abundante, pero de los más diversos. Para el grupo de moluscos se registraron por primera vez en el río Máquinas las especies *Neritina reclinata*, *Tarebia granifera*, *Corbicula fluminea*, *Pachychilus indiorum*, *Pachychilus turatti* y *Thiara melanoides*. *Tarebia granifera* fue la especie dominante de este grupo y con amplia distribución, representó el 97% del total de moluscos colectados. De manera global el río Máquinas se divide en dos secciones, la primera corresponde a la parte alta, caracterizada por tener zonas de baja riqueza, abundancia y productividad, albergó al 30% de la riqueza registrada. La segunda sección corresponde a la parte baja considerada como la más diversa y de alta productividad, con el 70% de las especies registradas. Como análisis tentativo, en la adaptación y aplicación del Índice de Integridad Biológica se obtuvo un valor de 48 puntos que coloca al río Máquinas en la categoría de Bueno.

## **INTRODUCCIÓN**

El crecimiento exponencial que experimentó la población humana en las últimas décadas ha tenido efectos desastrosos sobre la pérdida de la biodiversidad, hecho que ha sido ampliamente documentado en los ecosistemas terrestres, particularmente para el grupo de los vertebrados (mamíferos y reptiles). La pérdida de la biodiversidad en ambientes acuáticos ha recibido comparativamente poca atención, aún cuando la degradación física, química y biológica en estos ambientes es ampliamente reconocida como un problema mayor. Los ecosistemas acuáticos soportan una extraordinaria variedad de especies, muchas de las cuales están perdiéndose, junto con la degradación de sus hábitats, aún antes de ser descritas. Como sucede con los ecosistemas terrestres, los ambientes acuáticos están sometidos a la influencia del hombre. Esto ha resultado en distintos grados de perturbación o degradación, causando algunos cambios irreversibles, sobre todo en aquellos ecosistemas cercanos a los centros urbanos, en donde el vertido de drenajes, la canalización y extracción de aguas, el turismo y el propio crecimiento urbano han alterado los ciclos naturales de circulación de las corrientes y nutrientes, así como la migración de las especies (Velázquez y Vega-Cendejas, 2004).

Como respuesta, surgió la necesidad de realizar un monitoreo de los recursos biológicos con el propósito de detectar cambios significativos en la abundancia del recurso, entender las causas que provocan esos cambios, determinar los efectos del manejo sobre la dinámica de las poblaciones, comunidades y sugerir preguntas clave en las investigaciones aplicadas (Menges y Gordon, 1996). De ahí que las evaluaciones regionales de las condiciones ambientales sean necesarias para la restauración de los ecosistemas y el mantenimiento de la calidad ambiental o la integridad biótica, particularmente en los sistemas acuáticos.

## **¿Qué es el Índice de Integridad Biológica?**

La integridad biológica ha sido definida como "la capacidad de un ecosistema para soportar y mantener una comunidad adaptada, integrada y balanceada de organismos que tienen una composición de especies, diversidad y organización funcional comparable a los hábitats naturales de la región". La integridad biológica de un sitio es una medida de su estado de salud, la cual está asociada con las poblaciones de las especies nativas que interactúan, sigue procesos naturales y funcionales de la comunidad. El Índice de Integridad Biótica (IIB) es una herramienta metodológica que integra diferentes atributos de las comunidades y provee además una herramienta rápida y de bajo costo relativo para evaluar la salud general de un ecosistema acuático determinado (Karr, 1981).

El IIB fue propuesto para evaluar los efectos de actividades humanas sobre los ecosistemas acuáticos, ya que las comunidades biológicas que éstos albergan son sensibles a los cambios en los factores ambientales debido a impactos antropogénicos. Este índice se ha utilizado particularmente para evaluar ambientes lóticos dulceacuícolas de Norteamérica (Velázquez y Vega-Cendejas, 2004).

El concepto de IIB fue desarrollado por R. J. Karr en 1981 y modificado posteriormente por autores como Salgado (1999), Kesminas y Virbickas (2000), Contreras-Balderas *et al.*, (2002), Mercado-Silva (2002), Mercado-Silva *et al.*, (2002) y Mebane *et al.*, (2003). Un índice es un calificativo, en consecuencia, el IIB califica las condiciones de la biota en un sitio contaminado. La integridad biótica debe medirse en el sitio y se tendrá que comparar contra un área semejante pero no impactada (Mejía *et al.*, 2002).

## **Los peces como indicadores de la calidad ambiental**

Son varios los grupos de organismos que han sido propuestos como indicadores de la calidad ambiental en ecosistemas acuáticos. Sin embargo, las comunidades de peces son idóneas como indicadores para los programas de monitoreo biológico por diversas razones entre las que se incluyen las siguientes: son organismos relativamente fáciles de capturar e identificar; existe una amplia

información sobre las historias de vida de muchas especies; las comunidades generalmente comprenden una amplia variedad de especies que representan diferentes niveles tróficos (especies que consumen alimento tanto acuático como terrestre); son los organismos mejor conocidos de estos hábitats, tanto por el público en general, como por los científicos; están presentes en los pequeños cuerpos de agua aún en aquellos ecosistemas con ciertos niveles de contaminación (Velázquez y Vega-Cendejas, 2004).

En función de lo anterior, los peces han sido ampliamente utilizados para evaluar la integridad biótica en arroyos y ríos de Norteamérica (Karr, 1981), México (Contreras-Balderas *et al.*, 2002) y Brasil (Araújo, 1998). Los peces se han utilizado para evaluar la calidad ambiental en lagos (Minns *et al.*, 1994) y recientemente en estuarios de Norteamérica (Deegan *et al.*, 1997) y Europa (Gerson *et al.*, 2000).

En la mayor parte de los estudios realizados se ha tenido que recurrir a la búsqueda de información histórica que permita conocer las condiciones naturales de los ecosistemas y poder obtener el número de especies de peces que componían la comunidad, para relacionarlos con la situación actual. Un común denominador es que éstos han sido desarrollados en zonas de gran impacto humano, donde la contaminación y la introducción de especies exóticas son aspectos en común, los sitios prístinos son casi imposibles de hallar para usarse como sitios de referencia (Velázquez y Vega-Cendejas, 2004).

### **Adaptación y caracterización del Índice de Integridad Biológica**

El IIB está diseñado y adaptado a partir de tres atributos básicos de las comunidades de peces: a) riqueza y composición de especies, b) estructura trófica, c) condición y abundancia de los peces (Velázquez y Vega-Cendejas, 2004).

#### **Riqueza y composición de especies**

La elección de la riqueza de especies y el número total de individuos fue el primer criterio, debido a consideraciones biogeográficas, estacionales y de



características del área (tamaño), por ejemplo, un trecho medio de un río en Illinois puede albergar entre 10 y 15 especies, pero un trecho bajo del mismo río puede soportar el doble de especies (Karr, 1981).

Cada especie de pez tiene características propias de tolerancia a factores físico-químicos del agua, el hábitat u otras condiciones. Con el IIB son evaluados diferentes parámetros de la composición de especies para conocer la tolerancia de cada especie (Tabla 1) (Velázquez y Vega-Cendejas, 2004).

La presencia de especies intolerantes es un criterio importante para evaluar el estado de salud de un cuerpo de agua. En cada eco-región existen especies fácilmente identificables que son las primeras en desaparecer con un aumento en las alteraciones causadas por el hombre. La declinación puede deberse a la mala calidad del agua, a la degradación del hábitat o a la combinación de estos dos factores, por lo que el reconocimiento de especies intolerantes encontradas en cada región deberá ser consultada para la asignación de los grados de tolerancia. Otro parámetro que debe ser considerado es la abundancia de especies tolerantes a los ambientes degradados. Estas especies son aquellas que permanecen después de que la mayoría desaparece por efectos de ambientes degradados (Velázquez y Vega-Cendejas, 2004).

### **Estructura trófica**

Un indicador favorable de la calidad del agua de un sistema puede obtenerse al examinar la estructura trófica de la comunidad que alberga. Las alteraciones de la calidad del agua u otras condiciones del hábitat, incluyendo el uso de suelo en las cuencas, comúnmente resultan en la disminución de muchos recursos alimenticios para los peces. Los cambios resultantes en las comunidades de peces pueden ser medidas mediante una serie de indicadores tróficos. Se ha encontrado que un sitio declina en calidad a medida que la proporción de omnívoros se incrementa (Karr, 1981). La dominancia de estas especies crece presumiblemente como resultado de la degradación de la base alimentaria, especialmente invertebrados. En consecuencia, las especies oportunistas aumentan en número y proporción.

Karr (1981) estableció que muestras con menos de 20% de individuos omnívoros son buenas, mientras que aquellos sitios con más de 45% de omnívoros están ampliamente degradados. Otro criterio importante es la proporción de peces insectívoros o de consumidores de invertebrados en general (invertívoros). En términos generales, existe una fuerte correlación negativa entre la abundancia de peces invertívoros y la de omnívoros.

La presencia de carnívoros es otro parámetro indicador de la calidad de un ambiente. Poblaciones viables y saludables de estas especies (carnívoros tope)

**Tabla 1.** Parámetros frecuentemente utilizados en el desarrollo de los IIB, basados en la comunidad de peces.

---

Composición y riqueza de especies
a) Número de especies
b) Presencia de especies intolerantes
c) Número de especies sensitivas (intolerantes)
d) Número de especies bénticas
e) Número de especies locales (como centrárquidos, ciprínidos)
f) Número de especies exóticas
g) Índice de diversidad (Shannon-Wiener)

---

Composición Trófica
h) Proporción de omnívoros
i) Proporción de detritívoros
j) Proporción de invertívoros
k) Proporción de carnívoros tope

---

Abundancia y condición de los peces
l) Número de individuos
m) Proporción de peces con anomalías

---

indican una comunidad saludable y diversificada; a medida que la calidad del agua declina, las poblaciones de esas especies disminuyen o desaparecen. Una proporción mayor de 5% de estos individuos indica ecosistemas saludables, mientras que muestras con menos de 1% de estos organismos indican condiciones de mala salud del ecosistema.

### **Abundancia y condición**

Las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) elevadas están frecuentemente asociadas a ecosistemas ricos y de buena calidad del agua, mientras que las CPUE bajas son comunes en sistemas severamente degradados o sometidos a una pesquería intensiva. La reducción del número esperado de individuos para un determinado esfuerzo de muestreo podría indicar alguna forma de estrés que estaría afectando los requerimientos de sobrevivencia de una comunidad de peces (Paller *et al.*, 1996).

Un criterio adicional que parece estar ligado a la clasificación de un ambiente es la frecuencia de peces con alteraciones físicas y estructurales, tales como la presencia de tumores, lesiones en las aletas o deformidades, parásitos u otros defectos del cuerpo. Araujo (1998), ha documentado la existencia de un gran número de peces con anormalidades asociadas a una variedad de contaminantes en el río de Paraíba (Brasil).

### **Método de obtención del Índice de Integridad Biológica**

Para cada uno de los criterios, el investigador asigna un valor a la muestra: un signo menos (-), un cero (0) o un signo más (+). Este enfoque propuesto por Karr (1981), permite la flexibilidad para acomodar la variación evolutiva y las historias ecológicas de los peces entre las cuencas. Arbitrariamente se han asignado valores a cada uno de los grados a partir de la propuesta original (-) = 1, (0) = 3, (+) = 5. Otros autores (Contreras-Balderas *et al.*, 2002), prefieren usar (-) = 0, (0) = 5, (+) = 10. Estos valores son sumados para todos los criterios

(parámetros) y para cada uno de los sitios o localidades muestreadas, y la suma total nos da el índice de calidad de la comunidad.

El sistema original propuesto por Karr (1981), clasifica el ambiente en seis clases de calidad (excelente, bueno, razonable, pobre, muy pobre, ausencia de peces) basadas en doce atributos de la comunidad (Tabla 2).

**Tabla 2.** Clases de integridad biótica, atributos y puntuaciones, según la propuesta de Karr (1981).

Clases de integridad	Atributos
Excelente (57-60)	Comparables a las mejores condiciones naturales, sin influencias del hombre; todas las especies nativas esperadas para el hábitat o tamaños del cuerpo de agua presentes, incluyendo las formas intolerantes, estructura trófica balanceada.
Buena (48-52)	Riqueza de especies un tanto por debajo de lo esperado, debido especialmente a la pérdida de las formas intolerantes; algunas especies con distribución de la abundancia o de tamaño inferior al óptimo; la estructura trófica muestra algunos signos de estrés.
Regular (39-44)	Signos de deterioro adicional, incluye pocas especies intolerantes; estructura trófica más alterada (p. ej., aumento en la frecuencia de omnívoros); las mayores clases de edad de carnívoros tope pueden ser raras.
Pobre (28-35)	Dominada por omnívoros, especies tolerantes a la contaminación y de hábitat generalistas, pocos carnívoros tope; tasas de crecimiento y factores de condición comúnmente disminuidos; presencia de formas híbridas y peces con enfermedades.
Muy pobre (<24)	Pocos peces presentes, la mayoría introducidos o en formas muy tolerantes; los híbridos son comunes; parásitos y enfermedades frecuentes, los daños en las aletas y otras anomalías (tumores) son comunes.
Ausencia de peces (0)	Los peces están ausentes en repetidos muestreos.

## ANTECEDENTES

### La fauna acuática de Los Tuxtlas

Los crustáceos de Los Tuxtlas han sido estudiados desde diferentes puntos de vista. Entre los trabajos realizados en la zona se encuentran: el estudio de *Smalleyus tricristatum* y *Pseudothelphusa parabelliana* nuevas especies de Brachyura de Los Tuxtlas, Veracruz (Álvarez, 1989), distribución de *Loxothylacus texanus* parásito de cangrejos del género *Callinectes* (Álvarez y Calderón, 1996), listado de los cangrejos verdaderos obtenidos de la Colección Nacional de Crustáceos del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (Álvarez y Villalobos, 1996), *Discapseudes holthuisi* como hospedero intermediario de *Caballerorhynchus lamothei* (Escobar-Briones *et al.*, 1999), lista y comentarios sobre los crustáceos decápodos de Veracruz (Álvarez *et al.*, 1999), una nueva especie de *Macrobrachium* con desarrollo abreviado de Veracruz (Villalobos y Álvarez, 1999), una nueva especie de cangrejo (Decapoda: Cambaridae) del Lago de Catemaco, Veracruz (Rojas *et al.*, 2000), distribución y predominio de dos parásitos de crustáceos (*Cirripedia: Rhizocephala*) (Álvarez *et al.*, 2001), fecundidad y distribución de camarones de agua dulce del género *Macrobrachium* en el río Huitzilapan, Veracruz, (Mejía-Ortiz *et al.*, 2001), desarrollo larval abreviado de *Macrobrachium tuxtlaense* (Álvarez *et al.*, 2002), consumo de oxígeno del cangrejo *Callinectes rathbunae* parasitado por *Loxothylacus texanus* (Robles *et al.*, 2002), osmoregulación y consumo de oxígeno de *Macrobrachium tuxtlaense* a varias salinidades (Ordiano *et al.*, 2005), cambios en la comunidad de crustáceos del área tropical rocosa (Hernández y Álvarez, 2007) entre otros.

La ictiofauna en Los Tuxtlas incluye especies que se distribuyen en aguas dulces y estuarios, se registran 109 especies y 78 géneros que representan a 36 familias (Espinosa, 1997; Fuentes y Espinosa, 1997). La familia de peces Characidae incluye a la especie conocida localmente como “pepesca”, de las cuales *Bramochrarax caballeroi* es endémica del Lago de Catemaco y *Astyanax fasciatus* es de origen sudamericano. De la familia Atherinopsidae dentro del grupo conocido localmente como “charales”, *Atherinella ammophila* es endémica

de la región en el río La Palma. La ictiofauna marina que llega a aguas continentales representa un 73% del total, con 63 géneros y 33 familias (Espinosa, 1997; Fuentes y Espinosa, 1997). Cuatro especies de origen marino son registros accidentales, 7 especies son endémicas, 2 especies son exóticas y 3 especies están amenazadas (INE, 2002). Según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, hay 3 especies en peligro para el área de estudio (Tabla 3).

La familia Poeciilidae, conocida localmente como “topotes”, los Characidae (sardinitas) y los Cichlidae (mojarras), son abundantes y apreciadas como alimento de la región. Algunos factores que contribuyen a la disminución de estos recursos son la contaminación de cuerpos de agua, la sobre pesca y la introducción de especies exóticas. Entre los estudios que se realizan actualmente destaca el Listado Sistemático de los peces de México, a cargo de Espinosa y Huidobro en la Colección Nacional de Peces de la Universidad Nacional Autónoma de México (CNPE, UNAM). De los estudios realizados en la región se encuentran: Introducción a los peces de Los Tuxtlas (Espinosa, 1997), Peces de agua dulce y estuarinos (Fuentes y Espinosa, 1997).

El estudio de los moluscos ha sido limitado en la región de Los Tuxtlas, pero con base en colectas anteriores se ha documentado la presencia de 26 familias que representan un total de 90 especies de las cuales 14 son terrestres

**Tabla 3.** Especies en riesgo.

<b>Especie</b>	<b>Categoría</b>	<b>Distribución</b>
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	Pr	endémica
<i>Priapella olmecae</i>	A	endémica
<i>Xiphophorus milleri</i>	P	endémica

P: en peligro de extinción; A: amenazada; Pr: sujeta a protección especial.

nueve dulceacuícolas y tres marinas (Naranjo y Polaco, 1997). Este grupo es uno de los menos conocidos de la región a pesar de su indudable importancia biológica, médica, agrícola y económica. Los hábitos de los moluscos dulceacuícolas son muy variados, algunos pueden asociarse con un hábitat particular, hay los que prefieren los pantanos, los estanques o arroyos (Burch, 1960), otros viven en la interfase a varios centímetros del agua, en ambos sentidos horizontal o verticalmente y son considerados anfibios. Entre los moluscos de la región destacan los planórbidos, por su importancia como vectores de tremátodos y causantes de graves enfermedades en el hombre, y los uniónidos, ampulários y paquiquílicos por su valor como alimento (Naranjo, 2003). Se registra por primera vez para el área a los moluscos acuáticos *Pachychilus turatii*, *Nerita fulgurans*, *N. punctulata* y *Theodoxus reclinatus* en arroyos de la Estación Biológica de Los Tuxtlas (Naranjo y Polaco, 1997; Cruz *et al.*, 2003).

### **Estudios previos de Índice de Integridad Biológica en México**

En México la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Instituto Politécnico Nacional (IPN), entre otras instituciones educativas y de investigación del país han realizado estudios de IIB para estimar los impactos potenciales de introducir especies exóticas en sistemas naturales nativos, y para establecer registros de las especies que habitan en los diversos ecosistemas del país.

En el río Pánuco, se realizó un IIB para tener registros de las comunidades de peces en las regiones altas (Salgado, 1999). Para desarrollar un IIB de la cuenca del río Usumacinta y Grijalva, un grupo de investigadores del Colegio de la Frontera Sur (Unidades San Cristóbal de Las Casas y Chetumal), de la Universidad Juárez del Estado de Tabasco (UJAT) y del Instituto Nacional de Investigación y Recursos Bióticos (IREBIT), se reunieron en Villahermosa y realizaron un recorrido por los ríos y arroyos de la cuenca del Usumacinta entre el 17 y 27 de marzo de 1999. El IIB se desarrolla en las cuencas del río Lerma y del

río Pánuco y se han logrado establecer los lugares con menor impacto para iniciar labores de restauración y conservación (Salgado, 1999; Mercado-Silva y Lyons, 2002).

Se han desarrollado investigaciones de índices de integridad biótica para los arroyos y ríos de México central y los estados de Jalisco, Querétaro y Tabasco, basados en peces, como una medida de calidad del ecosistema y determinar el área geográfica donde es eficaz dicho índice. Los ríos estudiados fueron Armería, Ameca, Coahuayana, Marabasco, Purificación, Grande de Morelia, Grande de Santiago, Lerma, Balsas y Pánuco (Mercado-Silva y Lyons, 2002) y el río Sabinas en Coahuila (Contreras-Balderas, 2002).

De igual manera se han presentado protocolos para la evaluación de riesgos en sistemas contaminados en San Luis Potosí, tomándose en cuenta el IIB (Mejía *et al.*, 2002). Estudios de IIB basados en peces se han desarrollado en varios estados, principalmente del centro y sureste del país, pero hasta la fecha no se ha documentado un estudio de este tipo en el estado de Veracruz.

El río Máquinas es un cuerpo de agua que presenta zonas protegidas, debido a que una porción se encuentra ubicada dentro de la reserva de los Tuxtlas y otra en la zona agrícola; sin embargo, se desconoce hasta que punto el efecto antropogénico ha modificado el ecosistema. Principalmente la población de langostinos, peces y otros organismos se han visto afectadas de forma alarmante ya que se realiza la pesca en este sitio. Durante los últimos cinco años se ha observado una disminución en estas poblaciones. A pesar de tener información valiosa sobre las principales especies de invertebrados y peces que habitan el río, se desconoce su distribución así como la posible pérdida de especies endémicas o cuasi endémicas.



## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

El objetivo de este trabajo es obtener un perfil general de la composición biológica del ecosistema, principalmente la distribución de las especies de peces, crustáceos y moluscos a lo largo del río Máquinas, con la finalidad de sentar las bases para la posterior aplicación de un IIB.

### **Objetivos particulares**

1. Realizar un censo de la diversidad de especies de crustáceos, peces y moluscos a lo largo del río Máquinas en diferentes épocas del año.
2. Establecer las zonas de distribución de los organismos a lo largo del río.
3. Determinar la abundancia de las especies.
4. Determinar la abundancia de los diferentes estadios (juveniles, adultos y hembras ovígeras), de las especies que sea posible.
5. Comparar las especies colectadas con las existentes en los registros previos, para determinar posible disminución o aumento de la diversidad.

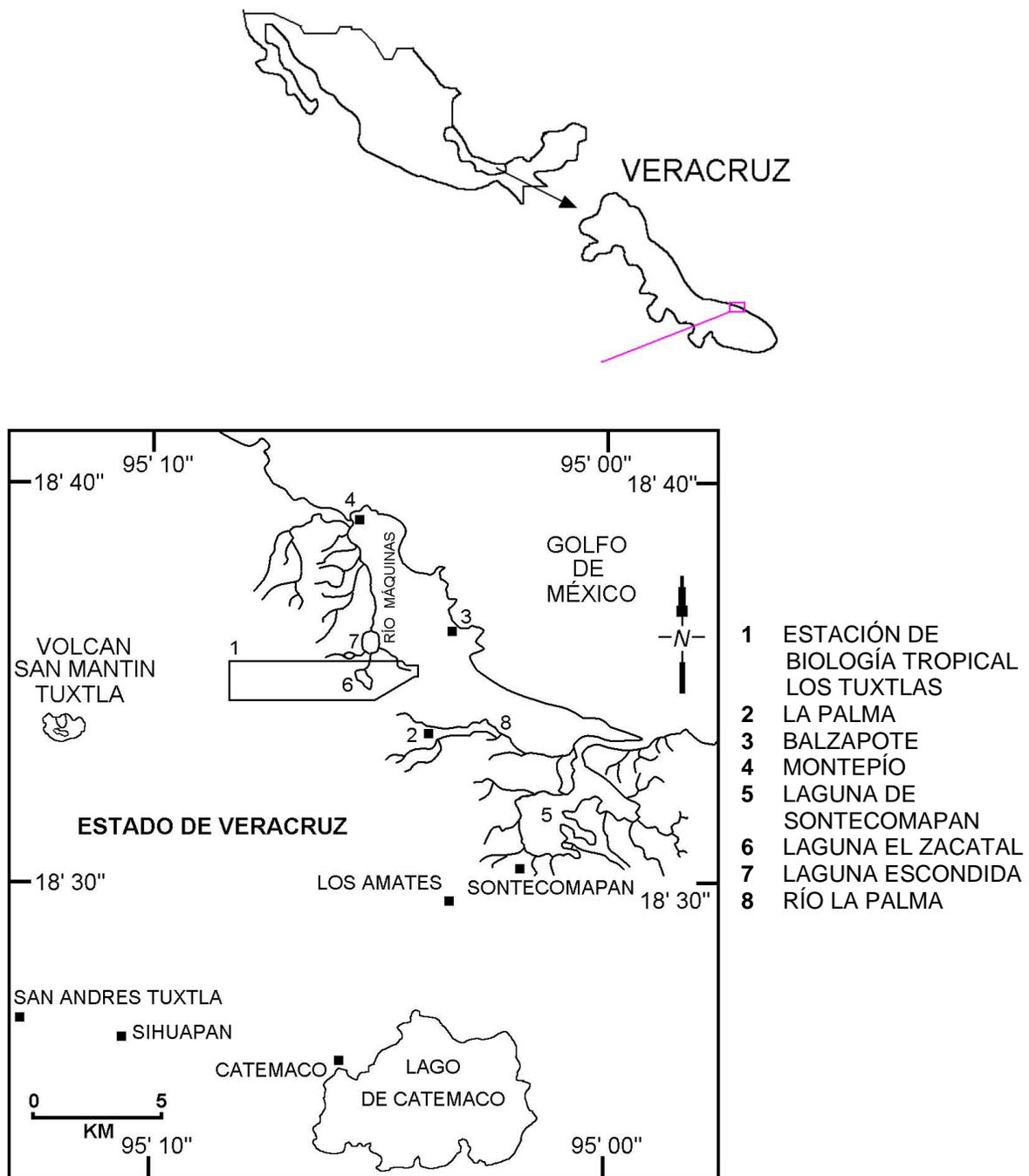
## ÁREA DE ESTUDIO

### La región de Los Tuxtlas

La Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas (fig. 1), forma parte de la selva húmeda neotropical. Este hábitat alcanza en la región de Los Tuxtlas, Veracruz, el límite norte de su distribución geográfica. Esta región se caracteriza por la notable diversidad vegetal y animal, porque representa el límite boreal extremo de la selva húmeda neotropical en el continente americano. Los Tuxtlas es un ecosistema clave que constituye el área de mayor importancia en la región para la captación de agua de lluvia y la principal fuente proveedora de agua para ciudades importantes de los alrededores tales como Coatzacoalcos, Minatitlán, Acayucan, San Andrés Tuxtla y Catemaco (González *et al.*, 1997).

Dentro de los límites del área protegida de Los Tuxtlas existen 121 comunidades establecidas legalmente, cada una con menos de 1000 habitantes excepto Sontecomapan que tiene más de 2000. El total de personas que viven dentro de los límites del área natural protegida es de 25,447, según el conteo del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2000). Sin embargo, la población total de los ocho municipios, de los cuales parte de su superficie pertenecen a la reserva, es de 127,639 habitantes, quienes ejercen una fuerte presión sobre la misma (INEGI, 2000).

La ganadería de tipo vacuno principalmente se realiza de forma extensiva en la región y es una de las principales causas de la pérdida de cobertura forestal en Los Tuxtlas. El deterioro ecológico que se observa en la región es consecuencia, en gran parte, de las políticas equivocadas de impulso a un desarrollo agropecuario mal planificado. La continua sustitución de la agricultura de autoconsumo por la ganadería, ha tenido como consecuencias: la pérdida de la autosuficiencia en productos básicos y la sustitución de técnicas tradicionales y de estrategias diversificadas, las cuales son mejores para las condiciones del trópico húmedo (González *et al.*, 1997).



**Figura 1.** Área de estudio en la región de los Tuxtlas, al sur del estado de Veracruz, México.

La contaminación de cuerpos de agua como el lago de Catemaco, la laguna de Sontecomapan, así como los mantos freáticos de la región, es causada por la descarga de aguas residuales de los ingenios azucareros, por la utilización de agroquímicos para la agricultura y cultivos de tabaco. Por consecuencia cuando el agua de lluvia cae en los suelos descubiertos, éstos son lavados y los contaminantes arrastrados hasta los cuerpos de agua (González *et al.*, 1997).

Actualmente la pesca es una actividad que se realiza en los cuerpos de agua dentro de la reserva como las lagunas de Sontecomapan y del Ostión, además de un número significativo de pequeños lagos o embalses, numerosos ríos y arroyos. Hasta ahora no se tiene un ordenamiento de la actividad pesquera, se desconoce el número de personas que de ella viven. Datos de la administración de pesquerías de la delegación de SEMARNAP (1999) en el estado de Veracruz determinaron una población mínima de 1419 personas dedicadas a la pesca, tanto en el mar como en aguas continentales. Aunque información extraoficial menciona que el número puede ser el doble. Para la región de Los Tuxtlas los municipios de Catemaco y San Andrés Tuxtla contribuyen con el 86% y 70%, respectivamente, de la producción pesquera total, lo cual nos da una idea del tipo de aprovechamiento que se realiza en la zona.

## **Clima**

El clima en el área es cálido-húmedo. Basado en los datos recopilados de cinco años (1997-2001) en la Estación de Biología, del Instituto de Biología, UNAM, el promedio de la temperatura máxima es 27.3 °C y el promedio de la temperatura mínima es 21.5 °C, con una precipitación anual de más de 4500 mm. Hay una época de “lluvias” que va de junio a febrero, y una época de “secas” de marzo a mayo. El mes más seco generalmente es el de mayo y los meses más lluviosos por lo común son los de agosto, septiembre, octubre y noviembre (Guevara *et al.*, 2004).

## **Geología**

La región de Los Tuxtlas, que sigue el contorno de la costa ocupa una extensión aproximadamente de 90 km de largo por 50 km de ancho, está casi totalmente cubierta por depósitos piroclásticos y derrames de lava, en la cual aparecen esporádicamente ventanas de sedimentos marinos del Terciario (Ríos MacBeth, 1952). La localización geográfica aproximada de la Sierra de Los Tuxtlas está entre los 18° 10' y 18° 45' de latitud norte, 94° 42' y 95° 27' de longitud oeste. El sustrato geológico subyacente está constituido básicamente por rocas basálticas y andesíticas mezcladas de cenizas volcánicas. Entre los afloramientos de estos materiales volcánicos, se encuentran rocas sedimentarias, tales como calizas, arcillas y areniscas (Flores, 1971). Estudios iniciales han mostrado que los suelos son latosoles de migajón arcilloso, moreno rojizos, de pH ligeramente ácido y de profundidad variable (Sousa, 1968; Flores, 1971). Las rocas basálticas aflorantes son abundantes en sitios con pendiente fuerte, donde los suelos son someros.

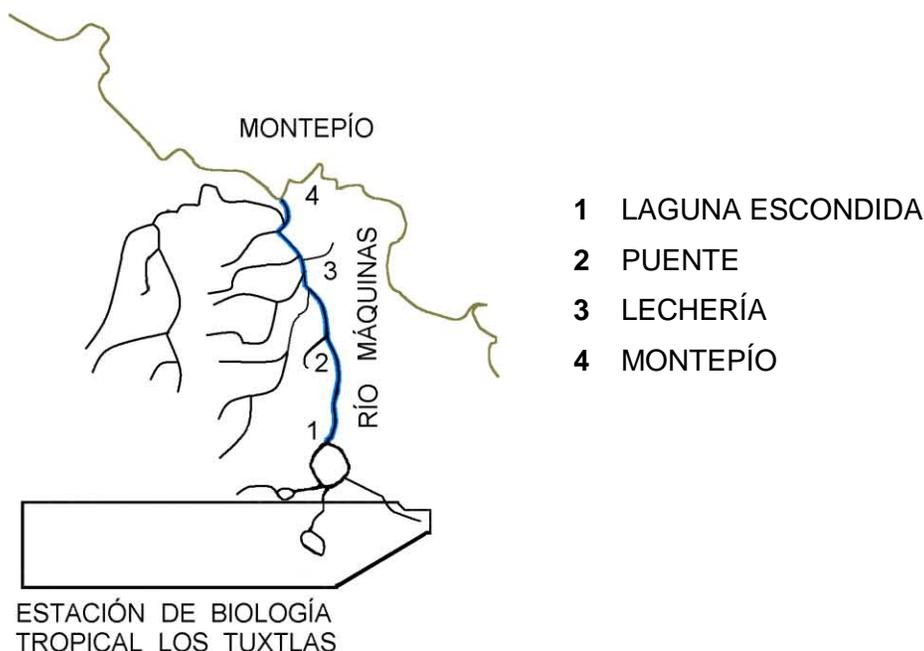
## **Hidrografía**

El macizo volcánico de Los Tuxtlas se localiza entre las grandes zonas aluviales formadas por las cuencas de los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos. Dada su peculiar orografía, los aportes fluviales dispuestos radialmente en la región constituyen una gran llanura con abundantes pantanos, sobre todo hacia la vertiente sur, donde se localiza la laguna Ostión (Coll de Hurtado, 1970). Los desagües hacia el Golfo de México se llevan a cabo precisamente a través de la mencionada laguna y por la barra de la laguna de Sontecomapan, localizada en la vertiente al norte del volcán de Santa Marta. En la vertiente norte, los principales ríos y arroyos son los ríos Máquinas, Col, de Cañas y arroyo de Lisa, en la vertiente sureste el río Grande de San Andrés originado en el Lago de Catemaco (Lot-Helgueras, 1976).

## Localidades de muestreo

Se delimitaron cuatro puntos de muestreo sobre el río (fig. 2), el primer sitio de muestreo identificado como Laguna Escondida, se ubica dentro de la Reserva Ecológica de los Tuxtlas, localizada a  $18^{\circ}35'53.32''$  N,  $95^{\circ}06'01.52''$  W, altitud, 166.42 msnm. Para el acceso a la localidad se requiere cruzar un camino ya establecido por los pobladores, en el trayecto se observó vegetación seriamente dañada por el paso tanto de personas como de animales domésticos. El punto donde se realizó el muestreo se observó una vegetación en general estable en los márgenes del río, principalmente pastos, con algunas áreas taladas (Lámina 1a y 1b).

El Puente se encuentra fuera de la reserva y cruza un área destinada a potreros, por lo que la presencia diaria de ganado es visible. Hay zonas con abundante vegetación (hierbas y arbustos) y algunas otras áreas con algunos árboles que forman parte de las cercas que dividen las parcelas. La ubicación es:  $18^{\circ}37'16.1''$  N,  $95^{\circ}05'26.5''$  W, altitud, 36.27msnm (Lámina 1c y 1d).



**Figura 2.** Localidades de muestreo en el río Máquinas, los Tuxtlas, Veracruz.

Lechería se encuentra fuera de la reserva, gran parte de la zona aledaña se encuentra talada, con ingreso constante de vehículos así como ganado, además de ser utilizada como centro recreativo y área de pesca local. La vegetación es principalmente herbácea. La ubicación es: 18° 38' 10.97" N, 95° 05' 56.12"W, altitud, 11.28msnm (Lámina 1e y 1f).

Montepío presenta gran actividad de tipo pesquera, ya que es utilizada para el cultivo extensivo de carpa, así como la extracción de algunos crustáceos (principalmente langostinos) para venta y consumo local, dada la cercanía al área turística de Montepío. El estuario sostiene una abundante vegetación acuática que sirve como forraje para caballos y ganado de los pobladores. La ubicación es: 18° 38' 32.8" N, 95° 05' 49.7" W, altitud, 0 msnm (Lámina 1g y 1h).

**Lámina 1.** Sitios de muestreo: a y b, Laguna Escondida; c y d, Puente; e y f, Lechería, g y h, Montepío.





## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se realizaron seis colectas a lo largo del río Máquinas en Los Tuxtlas, Veracruz, entre febrero del 2003 y septiembre del 2004. En cada muestreo se midieron los parámetros físico-químicos, así mismo, se colectaron organismos (peces, crustáceos y moluscos) para su posterior identificación en el laboratorio.

### **Parámetros físico-químicos**

La medición de parámetros físico-químicos en los sitios de muestreo se realizó con diferentes equipos según el parámetro a medir, temperatura y salinidad fueron registrados con el salinómetro digital marca **YSI** modelo 30/10 FT, la concentración de oxígeno disuelto con el oxímetro marca **YSI** modelo 5100, con sensor marca **YSI** modelo 5905, la velocidad de corriente y profundidad con el flujómetro marca **Global Flow Probe** modelo FP101-FP201.

### **Trabajo de campo**

Para la colecta de crustáceos se utilizaron redes de cuchara con malla de dos diferentes aberturas (de 0.5 mm y 5 mm) abarcando 10 metros del río por localidad. La colecta de peces se realizó con red tipo chinchorro en zonas con fondo menos rocoso, el arrastre se realizó de dos metros de ancho desde el centro del río hacia la orilla, recorriendo una distancia de tres metros y con redes de cuchara en zonas rocosas con la misma técnica utilizada en crustáceos. Los moluscos se colectaron con ambas técnicas.

Todas las muestras biológicas se colocaron en contenedores etiquetados (fecha, localidad, colector, parámetros fisicoquímicos) con fijador R-F o alcohol al 70%, para su traslado al laboratorio y su posterior identificación. Se realizaron un total de seis colectas por localidad, con una duración de 2 horas cada una, con el esfuerzo de trabajo de 5 personas en promedio en cada muestreo.

## **Trabajo de laboratorio**

La identificación del material biológico colectado se llevó a cabo con la consulta de las siguientes claves taxonómicas. Las especies de crustáceos fueron identificadas con los siguientes estudios: Rathbun (1918), Holthuis (1952, 1994), Andrews (1971), Williams (1984), Abele y Kim (1986), Villalobos-Hiriart (1998) y Martín y Davis (2001), los langostinos fueron identificados basados en la forma y tamaño de quelas y rostro. Para peces, Álvarez del Villar (1970), Miller (1974), Walls (1975), Dickson-Hoese y More (1998) y Castro-Aguirre *et al.*, (1999), la identificación de algunas especies se basó principalmente en la morfología del gonopodio (para Poeciliidae). Los moluscos fueron identificados según Burch (1960) y Burch y Cruz-Reyes (1987), basados en la forma y diseño de la concha, en algunos casos fue necesario hacer la disección del individuo debido a que la morfología de la concha presentaba mutilaciones o deformaciones.

Todos los organismos se determinaron a género y en su mayoría a especie. Adicionalmente se registró el número de individuos por especie llenando una matriz de datos. Posterior a su identificación, los organismos fueron lavados y preservados en alcohol etílico al 70%. Todo el material fue depositado en las Colecciones Nacionales de Crustáceos (CNCR), de Moluscos (CNMO) y de Peces (CNPE) del Instituto de Biología, UNAM.

## **Búsqueda de registros previos**

Para conocer sobre las especies que habitan en el río Máquinas, su biología y distribución, se realizó una búsqueda de registros previos en la Colección Nacional de Crustáceos (CNCR), de Peces (CNPE) y Moluscos (CNMO) del Instituto de Biología, UNAM (ver apéndice), y en registros de la CONABIO. Así como búsqueda bibliográfica de libros y artículos científicos citados al final de este trabajo.

## RESULTADOS

Se obtuvo un promedio de los parámetros físico-químicos por localidad de las seis salidas al campo, ya que las diferencias fueron mínimas entre los parámetros obtenidos (Tabla 4).

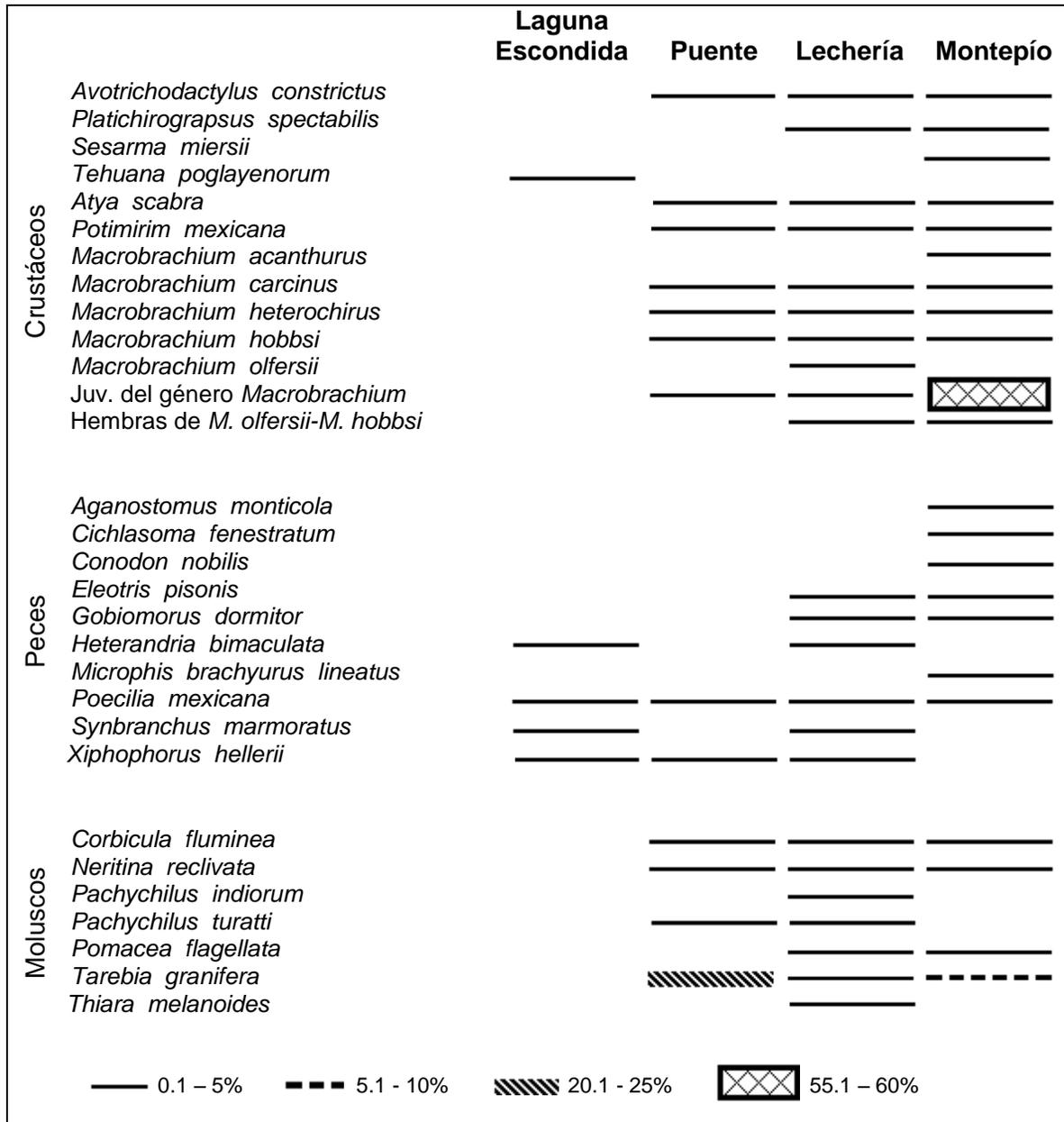
Se colectó un total de **20,327 organismos**, de los cuales **12,825** son crustáceos, **308** peces y **7,194** moluscos. Los crustáceos están representados por **6** familias, **7** géneros y **11** especies. Los peces **7** familias, **10** géneros y **10** especies. Los moluscos **5** familias, **6** géneros y **7** especies (Apéndice 2).

**Tabla 4.** Parámetros físico-químicos promedio por localidad.

	Laguna Escondida	Puente	Lechería	Montepío
Temperatura	21 °C	22.2 °C	21.8 °C	24.6 °C
Salinidad	0.1 ppm	0.24 ppm	0.14 ppm	0.16 ppm
Oxígeno disuelto	5.56 mg/l (68% de saturación)	5.53 mg/l (67.1% de saturación)	6.03 mg/l (74.1% de saturación)	5.0 mg/l (61% de saturación)
Velocidad de corriente	7.3–7.8 km/h	25.6–26.6 km/h	7.44–8.6 km/h	0 Km/h
Profundidad	53 cm	45 cm	78 cm	70 cm
Generalidades	zona somera, ancho 3 m, pendiente 10°, suelo rocoso, rocas de no más de 30 cm de diámetro, intensidad de corriente media.	áreas profundas y someras, ancho de 6 m, pendiente 35°, suelo rocoso de grava a rocas de 80 cm de diámetro, intensidad de corriente alta.	profundidad constante, ancho 8 m, pendiente 10°, suelo rocoso, rocas de 3 a 80 cm de diámetro, intensidad de corriente media.	áreas profundas y someras, pendiente casi imperceptible, suelo arcilloso, intensidad de corriente baja o nula.

### Distribución y abundancia de las especies colectadas

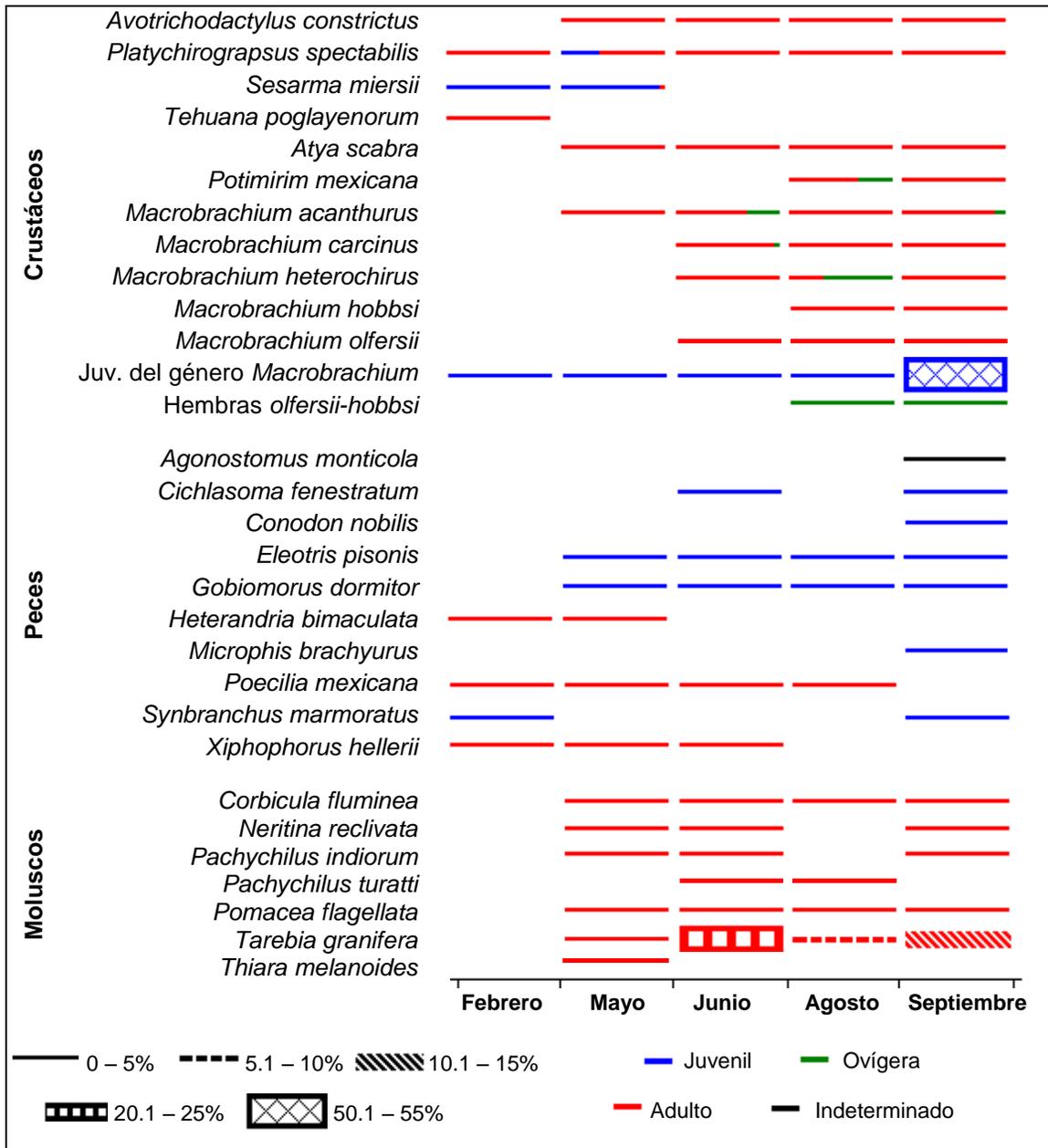
Las áreas de mayor abundancia y riqueza del río Máquinas considerando crustáceos, peces y moluscos, son las localidades Lechería y Montepío que corresponden a la parte baja (fig. 3).



**Figura 3.** Distribución y abundancia de las especies colectadas por localidad.

### Distribución temporal de los diferentes estadios de las especies colectadas

Los crustáceos presentaron mayor abundancia en el segundo semestre del año, mismo periodo en que se registraron hembras ovígeras de *Potimirim mexicana*, *Macrobrachium acanthurus*, *M. heterochirus*, *M. offersii* y *M. hobbsi* (fig. 4).



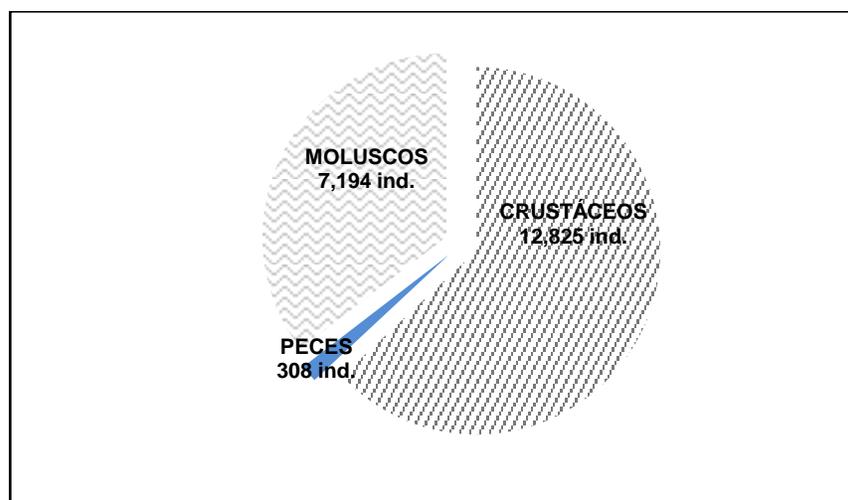
**Figura 4.** Distribución y abundancia temporal de los diferentes estadios de las especies colectadas.

En el caso de peces, sólo *Agonostomus monticola*, *Conodon nobilis* y *Microphis brachyurus lineatus* fueron colectados en el mes de septiembre, las otras especies tuvieron una distribución temporal amplia, *A. monticola* no fue posible determinar el estadio en que se encontró, del resto de las especies se colectaron estadios juveniles y adultos.

Los moluscos presentaron una amplia distribución temporal excepto por *Thiara melanooides* que se presentó sólo en el mes de mayo, además en este grupo no fue posible determinar diferentes estadios, por lo que todos fueron considerados adultos (fig. 4).

### Dominancia por Grupo Taxonómico

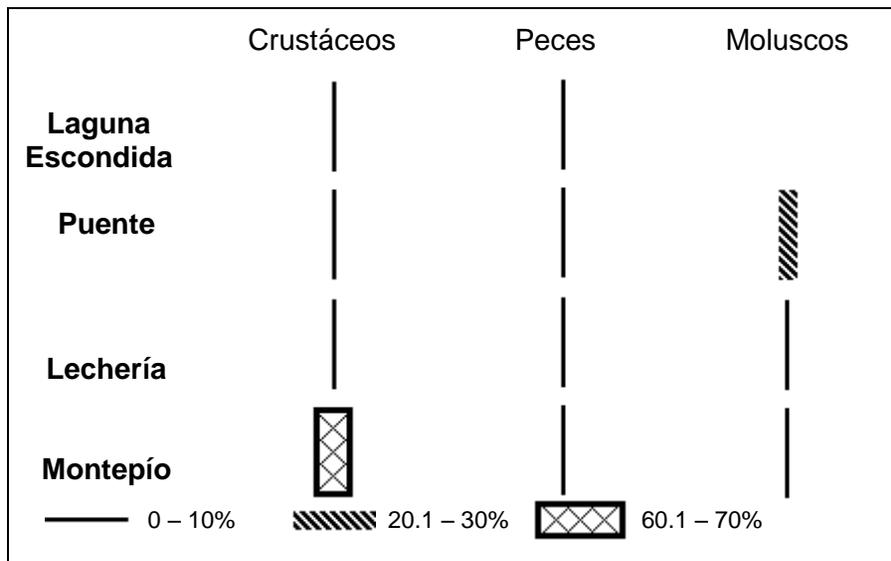
Con respecto a la proporción de individuos de cada grupo, se observó como dominante a los crustáceos con 12,825 individuos, seguidos por los moluscos con 7,194 individuos y los peces con 308 individuos (fig. 5). La distribución de los individuos de cada grupo marcaron claramente su dominancia por localidad. El 98% de los crustáceos se localizaron en Montepío, el 63% de peces se localizaron en Montepío y el 66% de los moluscos en el Puente (fig. 6).



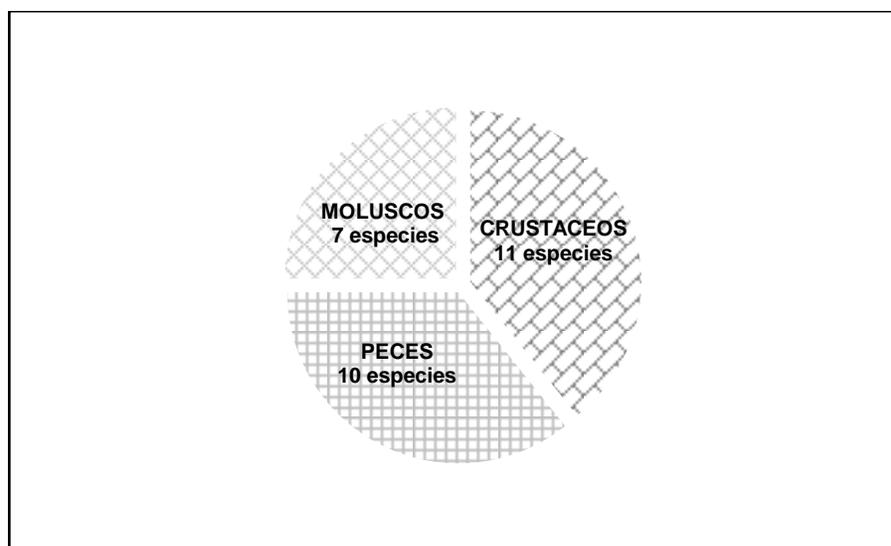
**Figura 5.** Dominancia por grupo taxonómico basado en la abundancia.

### Diversidad por Grupo Taxonómico.

La riqueza de especies entre grupos taxonómicos es homogénea, ya que crustáceos y peces contaron con 11 y 10 especies colectadas respectivamente a lo largo del río Máquinas, en el caso de moluscos se registraron siete especies, dando un total de 28 (fig. 7).



**Figura 6.** Distribución y abundancia de los diferentes grupos taxonómicos a lo largo del río Máquinas.



**Figura 7.** Riqueza de especies por grupo taxonómico.

Considerando a los diferentes grupos (crustáceos, peces y moluscos) las localidades con mayor riqueza fueron Lechería y Montepío con 21 especies cada una, de las 28 colectadas (fig. 8).

Del total de especies colectadas, 15 son omnívoras, ocho filtradoras, cuatro carnívoras y una detritívora (fig. 9, Tablas 5, 6 y 7).

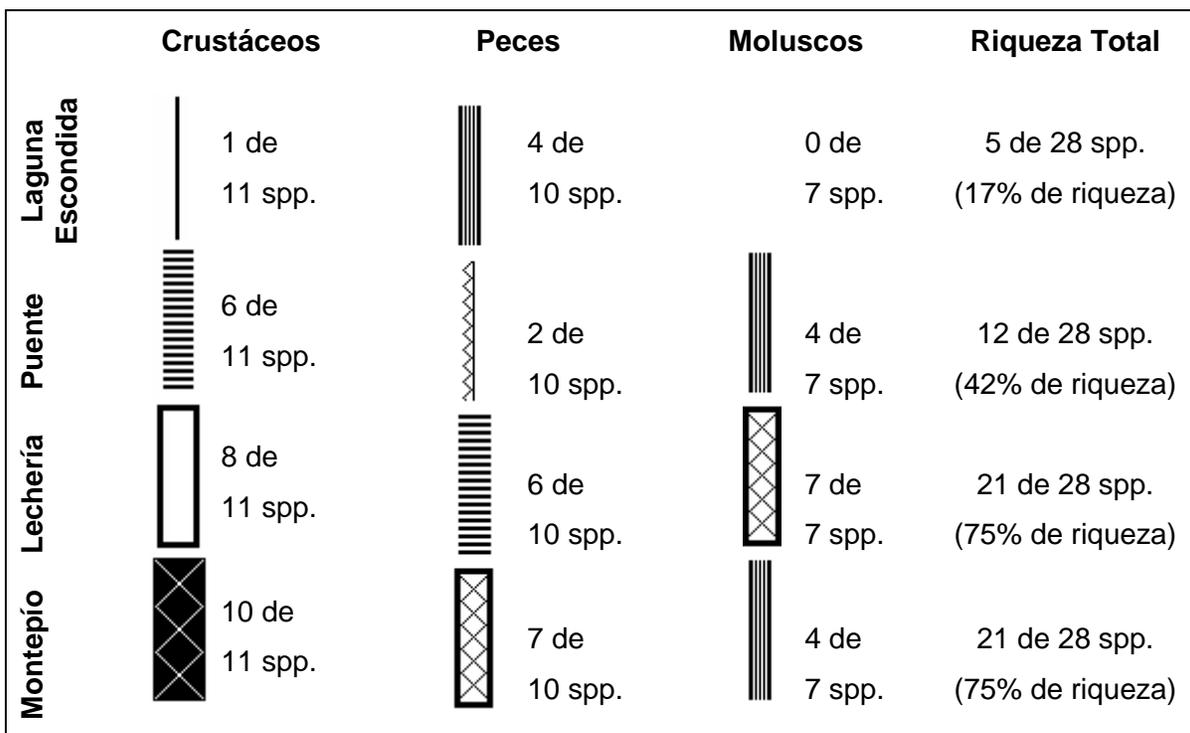


Figura 8. Distribución de la riqueza a lo largo del río Máquinas.



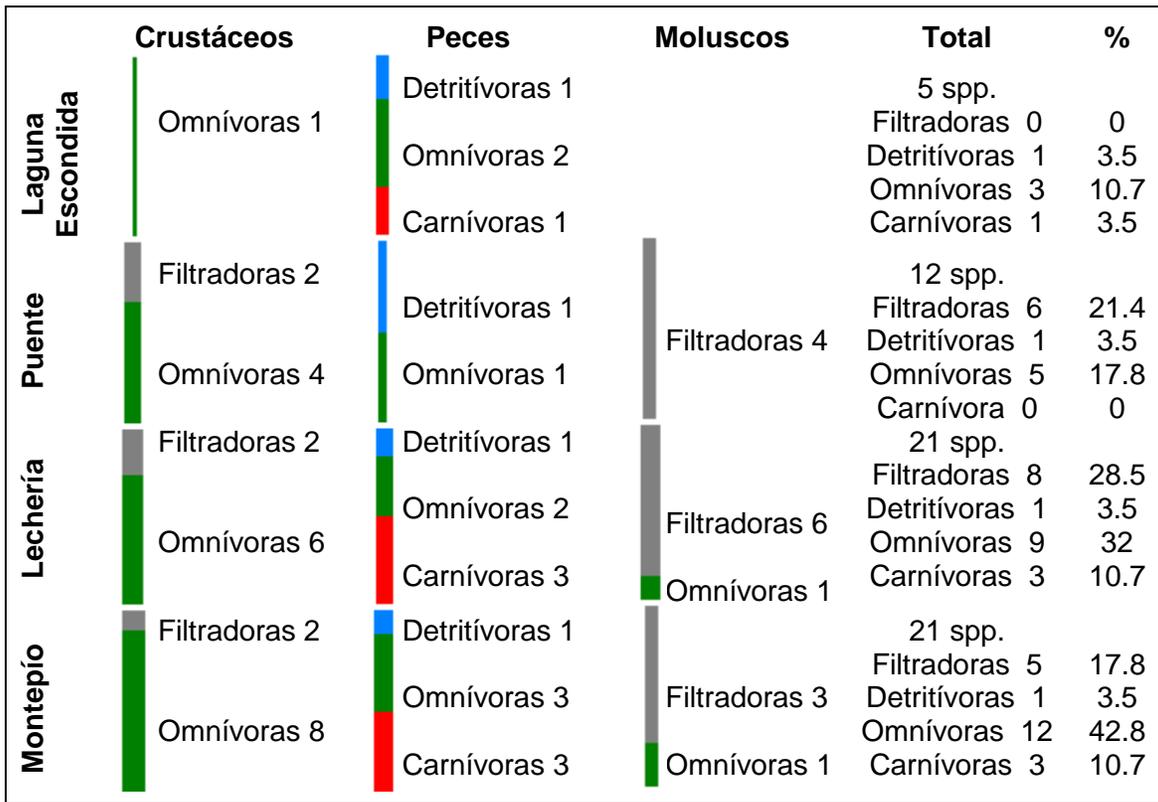


Figura 9. Distribución del número de especies por grupo basado en el tipo trófico.

## Crustáceos

Se colectaron un total de 11 especies de crustáceos a lo largo del río (Tabla 5). En algunos casos la identificación de los individuos fue imposible debido a su talla, como algunos individuos del género *Macrobrachium* por lo que se decidió considerarlos dentro de una categoría denominada *Macrobrachium* sp, en donde indudablemente se encuentran incluidos los juveniles de las cinco especies de *Macrobrachium* encontradas en el río.

En el caso particular de las hembras ovígeras de las especies *M. olfersii* y *M. hobbsi* existen algunas complicaciones para su identificación debido a su similitud morfológica y de tallas, por lo que estos individuos fueron colocados en una categoría independiente denominado hembras *olfersii-hobbsi* (Lámina 2c).

**Tabla 5.** Especies de crustáceos colectadas en el río Máquinas.

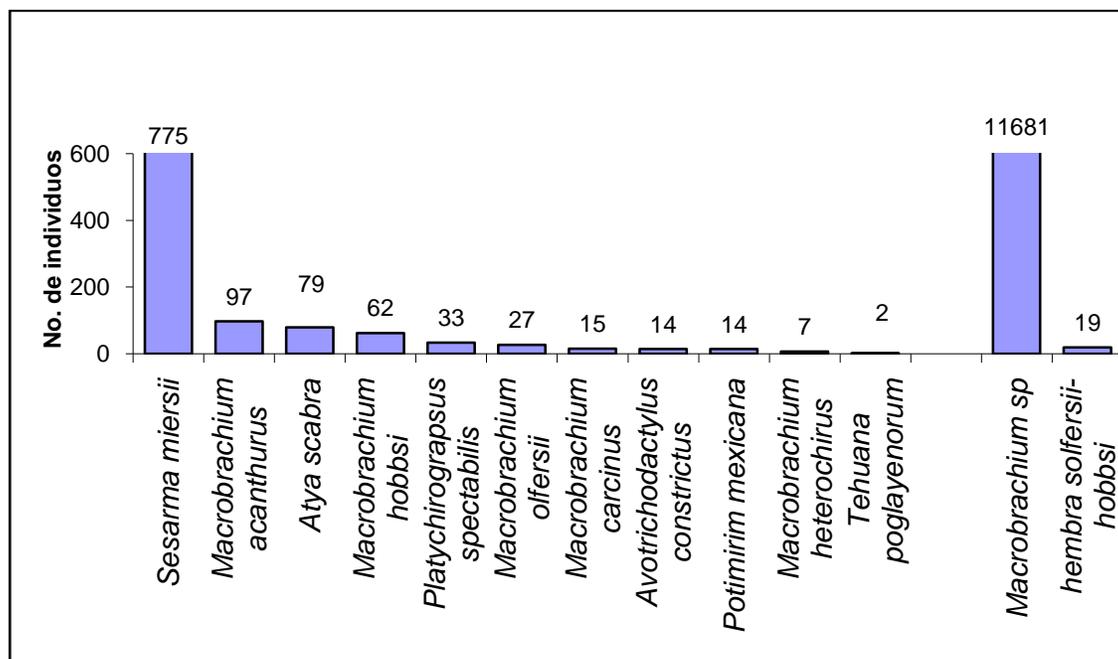
Especie	Tipo de especie	Tipo trófico	Abundancia (individuos)
<i>Avotrichodactylus constrictus</i>	Nativa	Omnívora	14
<i>Platychirograpsus spectabilis</i>	Nativa	Omnívora	33
<i>Sesarma miersii</i>	Nativa	Omnívora	775
<i>Tehuana poglayenorum</i>	Nativa	Omnívora	2
<i>Atya scabra</i>	Nativa	Filtradora	79
<i>Potimirim mexicana</i>	Nativa	Filtradora	14
<i>Macrobrachium acanthurus</i>	Nativa	Omnívora	97
<i>Macrobrachium carcinus</i>	Nativa	Omnívora	15
<i>Macrobrachium heterochirus</i>	Nativa	Omnívora	7
<i>Macrobrachium hobbsi</i>	Nativa	Omnívora	62
<i>Macrobrachium olfersii</i>	Nativa	Omnívora	27
<i>Macrobrachium</i> sp.	Nativa	Omnívora	11681
♀ <i>olfersii-hobbsi</i>	Nativa	Omnívora	19

Basados en lo anterior, se consideraron 13 valores numéricos de los cuales 11 corresponden al número de especies colectadas y dos a las categorías independientes creadas con el fin de incluir a todos los individuos muestreados y crear una descripción completa de la dinámica de distribución y abundancia de los crustáceos en el río Máquinas (fig. 10 y 11).

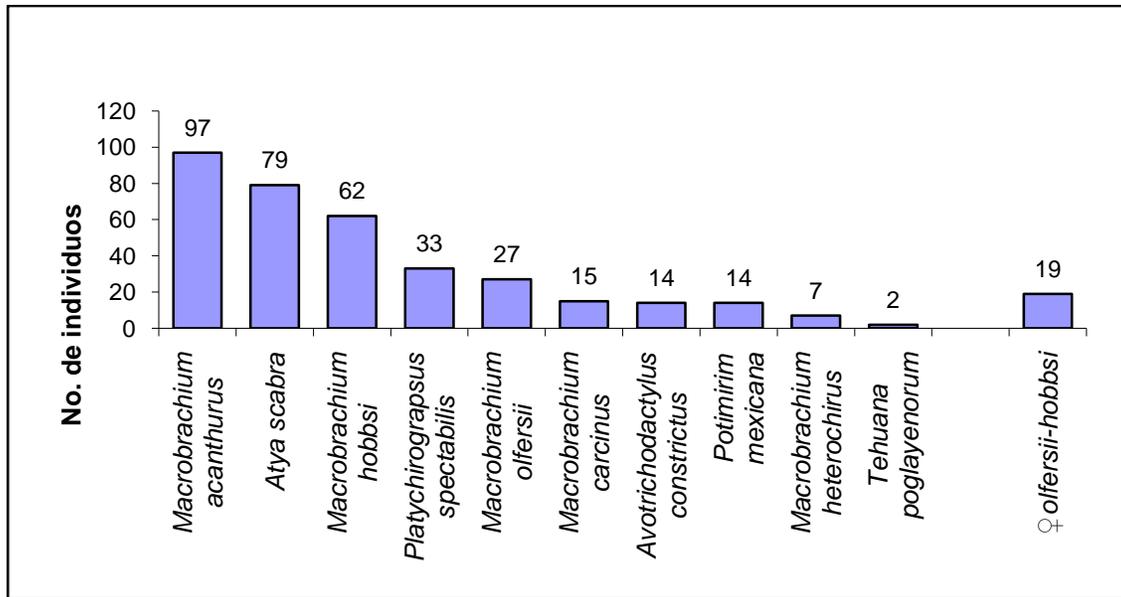
El tipo de especie y el tipo trófico es información adicional que permitió profundizar en los aspectos ecológicos de cada especie, aspecto que es fundamental en la creación de un IIB.

Los valores elevados correspondieron a *S. miersii* (Lámina 2g) y *Macrobrachium* sp. que albergaron a juveniles de las respectivas especies (fig. 10). Fue posible observar el porcentaje de individuos de cada especie y su presencia por localidad (fig. 12).

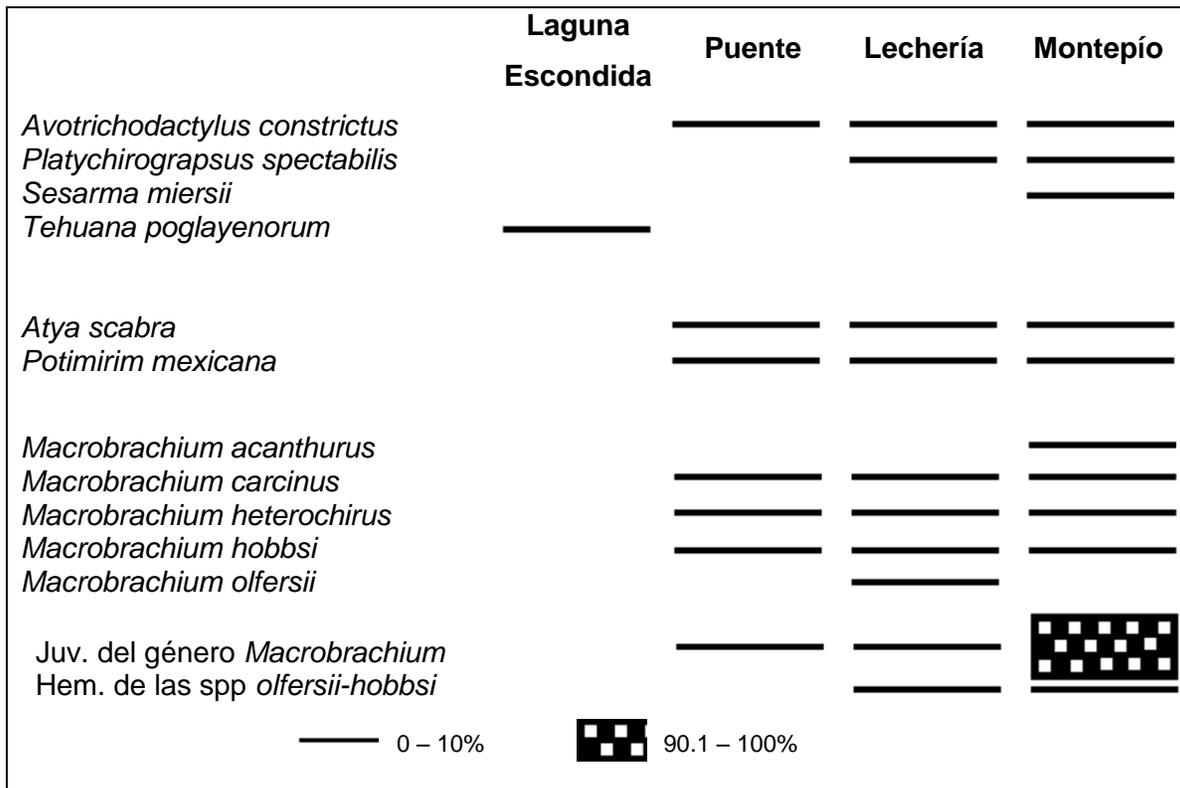
Al omitir los dos grupos numerosos es posible apreciar el porcentaje de individuos y distribución de las otras especies y su presencia por localidad (fig. 13).



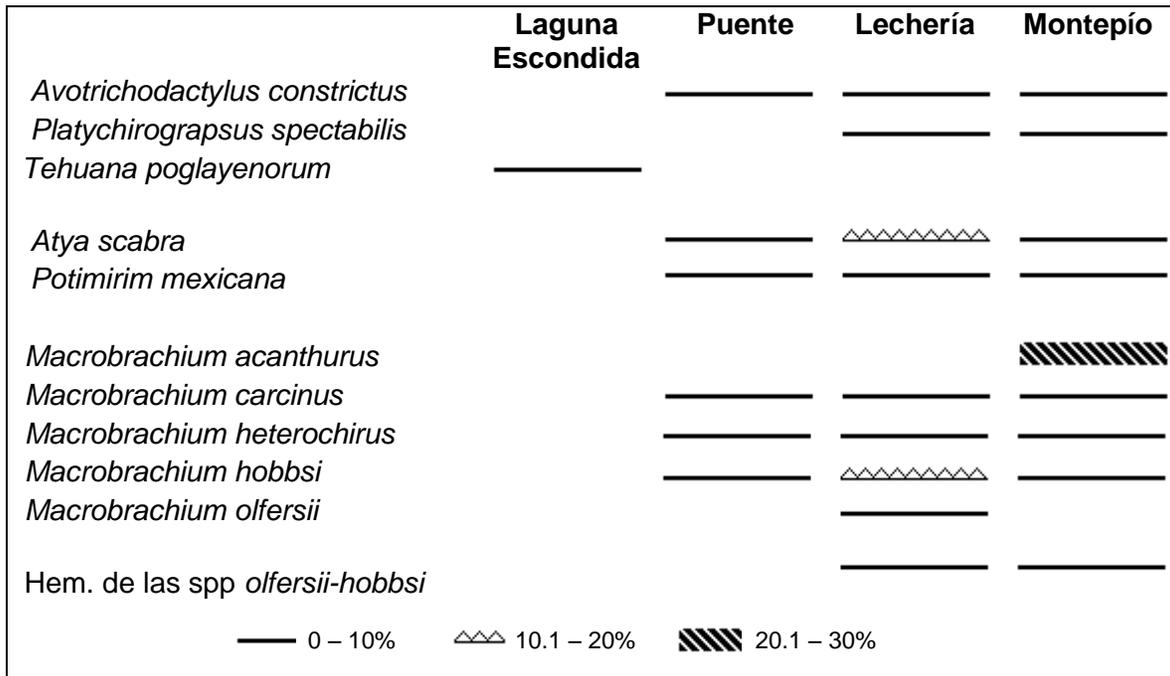
**Figura 10.** Dominancia de las especies de crustáceos basada en la abundancia.



**Figura 11.** Dominancia de las especies de crustáceos omitiendo a *Macrobrachium* sp y *S. miersii*.



**Figura 12.** Distribución y abundancia de las especies de crustáceos por localidad.



**Figura 13.** Distribución y abundancia de las especies de crustáceos por localidad omitiendo a *Macrobrachium* sp y *S. miersii*.

**Lámina 2.** Crustáceos capturados en el río Máquinas: a) *Avotrichodactylus constrictus* b) *Atya scabra* c) ♀ *olfersii-hobbsi* d) *Macrobrachium acanthurus* e) *Potimirim mexicana* f) *Platychirograpsus spectabilis* g) *Sesarma miersii* h) *Tehuana poglayenorum*.



## Peces

Se colectó un total de 10 especies de peces a lo largo del río (Tabla 6), la identificación de algunas especies se basó principalmente en la morfología del gonopodio (para Poeciliidae), el número de individuos colectados de cada especie fue fundamental para su identificación. Con respecto a la dominancia del grupo se observaron tres especies principales: *G. dormitor*, *E. pisonis* y *H. bimaculata* (fig.14) (Lámina 3c y 3d).

La distribución y abundancia de las especies de peces, indicó mayor abundancia y diversidad en la parte baja del río (fig. 15).

**Tabla 6.** Especies de peces colectadas en el río Máquinas.

Especie	Tipo de especie	Tipo trófico	Abundancia (individuos)
<i>Agonostomus monticola</i>	Secundaria	Omnívora	16
<i>Cichlasoma fenestratum</i>	Secundaria	Omnívora	22
<i>Conodon nobilis</i>	Marina	Carnívora	8
<i>Eleotris pisonis</i>	Vicaria	Carnívora	58
<i>Gobiomorus dormitor</i>	Vicaria	Carnívora	114
<i>Heterandria bimaculata</i>	Secundaria	Omnívora	50
<i>Microphis brachyurus lineatus</i>	Marina	Omnívora	2
<i>Poecilia mexicana</i>	Secundaria	Detritívora	16
<i>Synbranchus marmoratus</i>	Secundaria	Carnívora	4
<i>Xiphophorus hellerii</i>	Secundaria	Omnívora	18

Vicarias: de origen marino confinadas actualmente a aguas continentales.  
Primarias: estrictamente de agua dulce.  
Secundarias: dulceacuícolas con tolerancia a cambios de salinidad  
Marinas: de origen marino

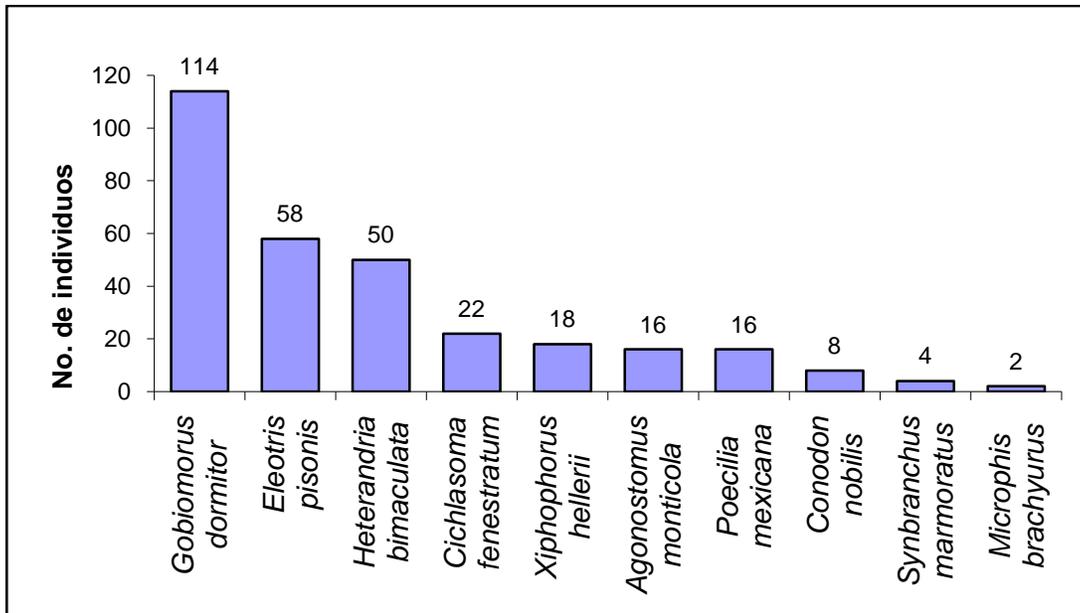


Figura 14. Dominancia de las especies de peces basada en la abundancia.

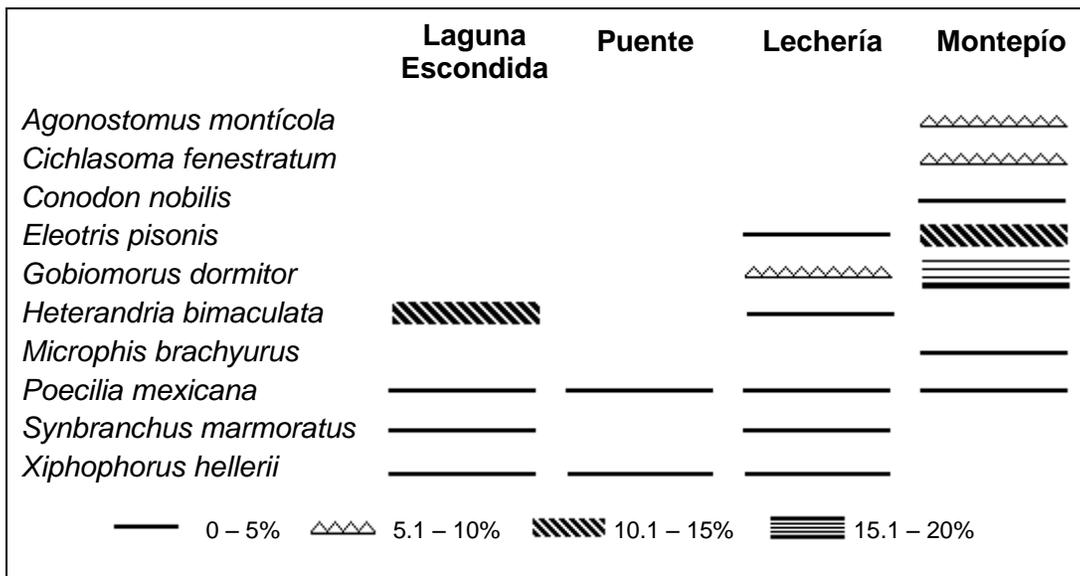


Figura 15. Distribución y abundancia de las especies de peces por localidad.



**Lámina 3.** Peces capturados en el río Máquinas: a) *Conodon nobilis* b) *Cichlasoma fenestratum* c) *Gobiomorus dormitor* d) *Heterandria bimaculata* e) *Synbranchus marmoratus* f) *Poecilia mexicana* g) *Microphis brachyurus lineatus* h) *Xiphophorus hellerii*.



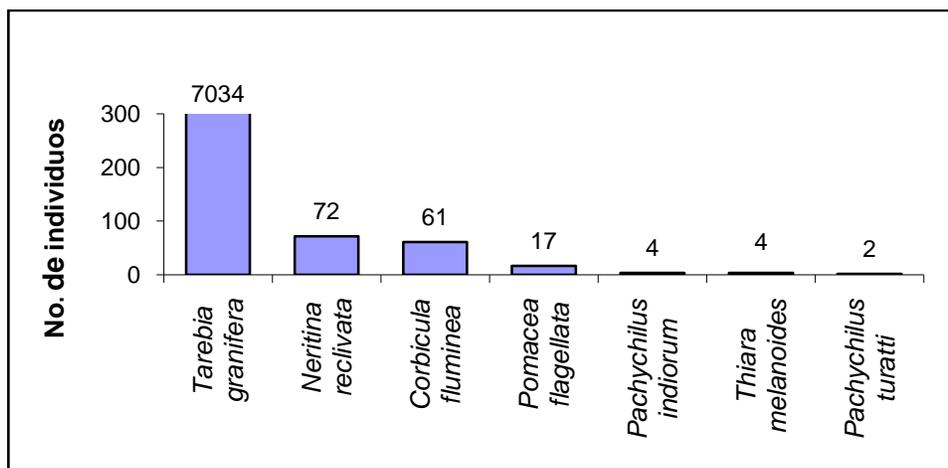
## Moluscos

Se colectó un total de siete especies de moluscos a lo largo del río (Tabla 7). Se observó la dominancia absoluta por parte de *T. granifera* (Lámina 4f) y el inicio de la posible expansión de especies introducidas como *P. indiorum*, *P. turatti* y *T. melanoides* (fig. 16) (Lámina 4c y 4d).

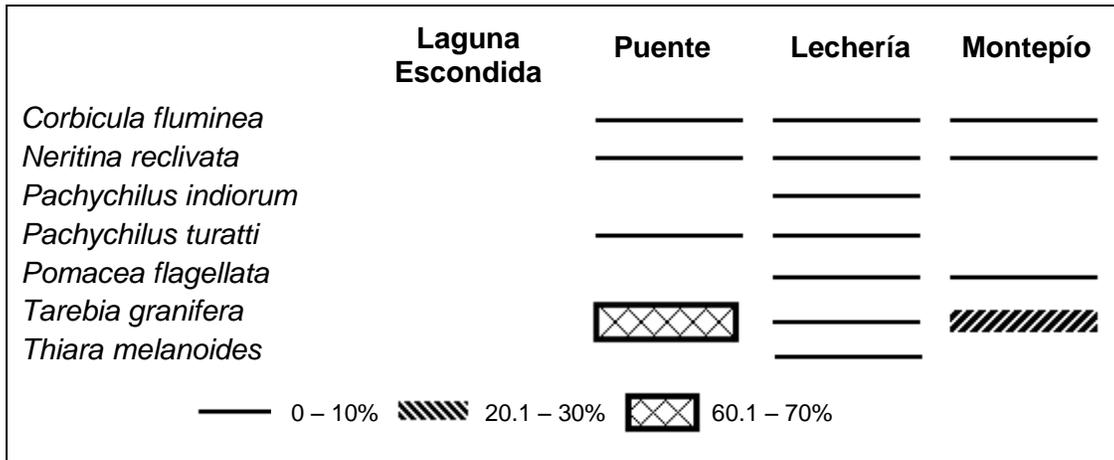
*Tarebia granifera* presentó mayor abundancia en la localidad el Puente (fig. 17).

**Tabla 7.** Especies de moluscos colectadas en el río Máquinas.

Especie	Tipo de especie	Tipo trófico	Abundancia (individuos)
<i>Corbicula fluminea</i>	Introducida	Filtradora	61
<i>Neritina reclivata</i>	Nativa	Filtradora	72
<i>Pachychilus indiorum</i>	Introducida	Filtradora	4
<i>Pachychilus turatti</i>	Introducida	Filtradora	2
<i>Pomacea flagellata</i>	Nativa	Herb.-carroñera	17
<i>Tarebia granifera</i>	Introducida	Filtradora	7034
<i>Thiara melanoides</i>	Introducida	Filtradora	4



**Figura 16.** Dominancia de las especies de moluscos basada en la abundancia.



**Figura 17.** Distribución y abundancia de las especies de moluscos por localidad.

**Lámina 4.** Moluscos capturados en el río Máquinas: a) *Corbicula fluminea* b) *Neritina reclivata* c) *Pachychilus indiorum* d) *Thiara melanoides* e) *Pomacea flagellata* especie nativa de la región f) *Tarebia granifera*.



### Distribución a lo largo del año

Se observó la distribución temporal de los diferentes estadios de las especies colectadas de crustáceos, definiendo algunos periodos reproductivos como fue el caso para algunas especies del género *Macrobrachium* (*M. acanthurus*, y *M. heterochirus*) (fig. 18).

Para peces se determinaron dos estadios juvenil y adulto (fig. 19).

Para los moluscos, la distribución temporal de los diferentes estadios no fue obtenida ya que las características morfológicas de estos organismos no permitieron su determinación (fig. 20).

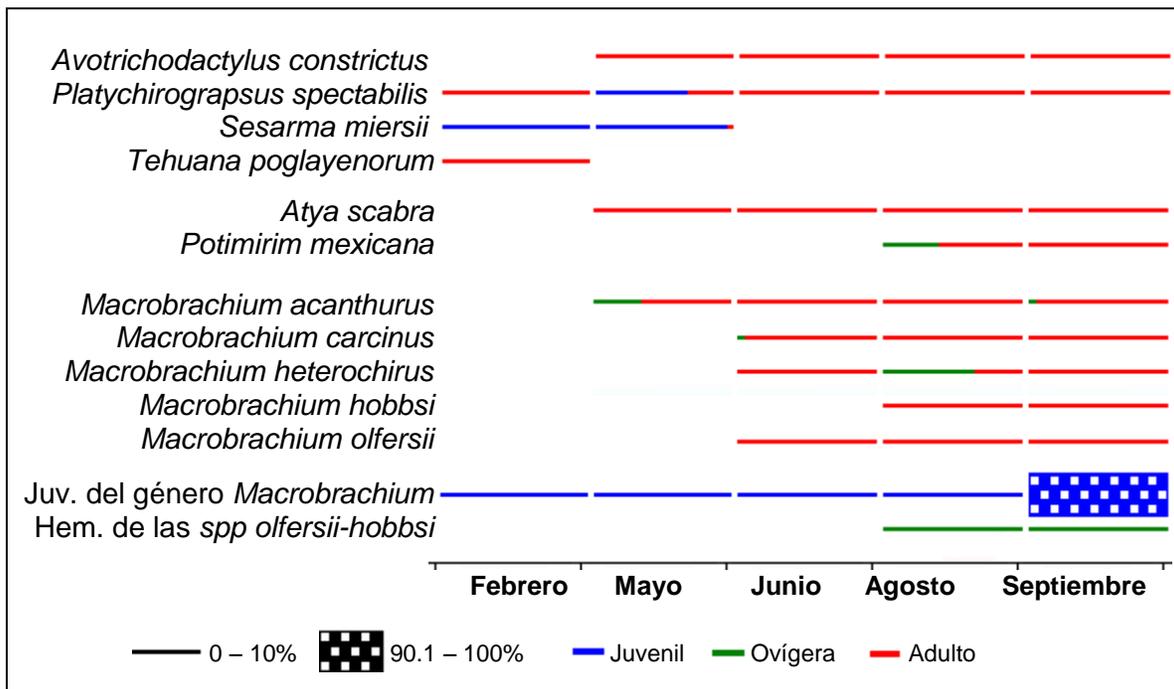


Figura 18. Distribución temporal de los estadios de crustáceos.

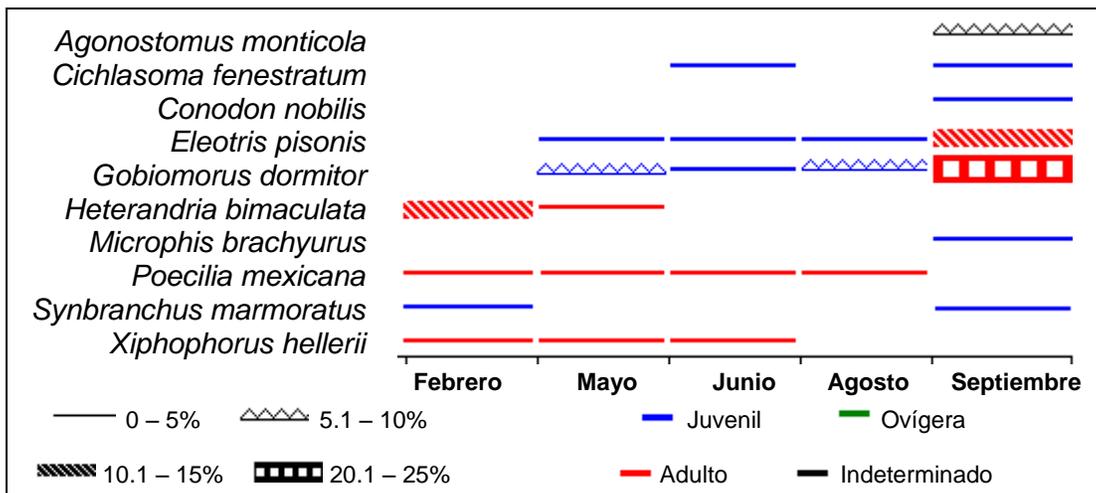


Figura 19. Distribución temporal de los estadios de peces.

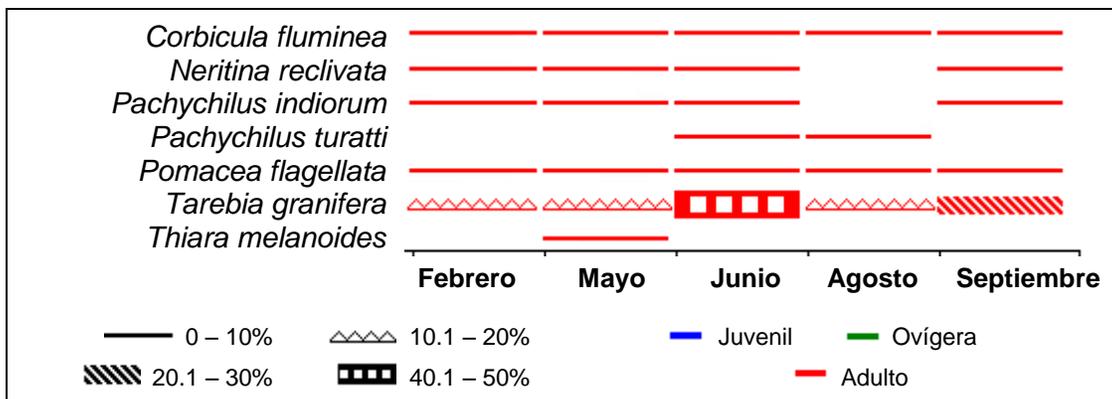


Figura 20. Distribución temporal de los estadios de moluscos.

## DISCUSIÓN

Los ecosistemas de agua dulce constituyen hábitats fundamentales para un conjunto muy rico de especies amenazadas. La ignorancia generalizada sobre su importancia y el uso descontrolado ha contribuido y promovido la destrucción y degradación de esos ecosistemas. En todo el mundo se ha descuidado gravemente la conservación de la diversidad biológica de las aguas dulces y hay ecosistemas enteros amenazados de extinción. Otra de las causas de la pérdida de recursos es la alteración del hábitat, impulsada por el rápido crecimiento de la población humana, así como de tendencias de desarrollo planificado y no planificado, poco prudentes (Burcher *et al.*, 1997).

El río Máquinas es un ecosistema acuático importante de la zona, actualmente se conoce gran número de especies que conforman su diversidad, sin embargo, se desconocía la dinámica de las especies que lo habitan.

### **Patrón de distribución y abundancia de las especies por localidad**

Laguna Escondida es la localidad que presentó menor diversidad, cinco de las 28 especies colectadas (fig. 3 y 8), esto pudo deberse a que es una zona con poco flujo de agua, característica que limita la presencia de especies filtradoras que a su vez podrían formar parte de la dieta de otros organismos, además de ser de las zonas con menor vegetación y someras (Tabla 4). Las especies que se registraron son poco abundantes excepto *H. bimaculata* que registró en ésta localidad el 72% de su población colectada, concordando con la distribución preferencial (parte alta de los ríos) en algunos estudios para esta especie realizados por Gómez-Márquez *et al.* (1999). Laguna Escondida es un área dominada por peces (cuatro de cinco especies), de las cuales una fue juvenil (*S. marmoratus*) y tres adultas (*H. bimaculata*, *P. mexicana*, *X. hellerii*) y el crustáceo *T. poglayenorum*. En cuanto a los hábitos alimenticios, tres de estas especies fueron omnívoras, una detritívora y una carnívora (Tabla 5 y 6), lo cual reflejó la presencia de por lo menos dos niveles tróficos importantes.

El Puente, registró 12 de las 28 especies colectadas (fig. 3 y 8), se caracterizó por presentar mayor vegetación que en Laguna Escondida, por éste

hecho, se podría pensar que la diversidad debería ser mayor, dado que la mayor diversidad se asocia a la capacidad del hábitat (Margalef, 1985). Sin embargo, esta localidad fue donde se registraron los valores más altos de velocidad de corriente (25.6-26.6km/h). La velocidad de la corriente influye especialmente sobre los requisitos alimenticios y respiratorios de los organismos, además de la distribución de la luz, la temperatura, difusión de los gases y la materia orgánica, lo que puede limitar la distribución de algunas especies (Margalef, 1985; Tabla 4). Es un sitio dominado por los crustáceos en cuanto a riqueza, con seis de las 12 especies colectadas y por moluscos en abundancia, el caracol *T. granifera*, fue la especie con mayor abundancia (67.7% del total de los individuos colectados del grupo de los moluscos). Finalmente el grupo de peces fue representado por dos especies (fig. 3). Los crustáceos fueron en su mayoría omnívoros, aunque se registraron en este sitio las dos especies de filtradores (Tabla 5), los peces fueron detritívoros y omnívoros (Tabla 6) y las especies de moluscos presentes filtradoras (Tabla 7). Los parámetros físicos registrados en esta localidad, favorecen la presencia de algunos grupos, tal es el caso de los crustáceos y moluscos, los cuales son favorecidos por las corrientes de agua en la captura de alimento (Margalef, 1985).

Lechería fue una de las localidades más diversa y la que presentó una distribución homogénea en cuestión de diversidad de los tres grupos. Albergó 21 de las 28 especies colectadas (fig. 3 y 8). En este sitio, la velocidad de corriente es moderada, la vegetación en los márgenes del río es abundante, lo que permitió el asentamiento de diversas especies, principalmente aquellas que se asocian a la vegetación por cuestiones de alimentación o protección, por ejemplo: *Potimirim mexicana* y especies del género *Macrobrachium* (Villalobos y Álvarez, 1997; Tabla 4). Esta localidad es de gran riqueza y poca abundancia, todas las especies se encuentran por debajo del 5% del total de organismos colectados (fig. 3 y 8). Se observó que no hay clara dominancia por parte de ningún grupo. Los crustáceos presentaron ocho especies, moluscos siete y peces seis. Los crustáceos en su mayoría fueron omnívoros y algunos filtradores, en el caso de peces, tres especies carnívoras, dos omnívoras y una detritívora, en los moluscos dominaron las



filtradoras y se registró una especie herbívora y carroñera (Tabla 5, 6 y 7). Lo que reflejó una dinámica de poblaciones donde se comparten necesidades básicas (espacio y recursos) entre varias especies. Por lo que las poblaciones de cada especie tienden a ser pequeñas (Begon *et al.*, 1999). En esta localidad se registraron tres especies exclusivas, *M. offersii*, *P. indiorum* y *T. melanoides*, las últimas dos consideradas de reciente invasión (Naranjo y Polaco, 1997).

Montepío registró 21 de las 28 especies colectadas. Esta zona por pertenecer al estuario presentó variaciones en salinidad y temperatura más amplias con respecto a las otras localidades, aún cuando en nuestros registros no se encontraron variaciones, no significa que no existan. Presentó baja velocidad de corriente, de profundidad variable, abundante vegetación y suelo lodoso (Tabla 4). Esta localidad presentó una alta diversidad y en cuanto a abundancia se registraron dos especies dominantes (*S. miersii* 4% y *T. granifera* 8.6% del total de individuos colectados) y la categoría *Macrobrachium* sp. (57%) (fig. 3). Montepío es dominada principalmente por crustáceos con diez especies, seguidos por peces con siete y moluscos cuatro (fig. 8). De las especies de crustáceos colectadas para esta localidad ocho fueron omnívoras y dos filtradoras, de los peces tres carnívoras, tres omnívoras y una detritívora, los moluscos registraron tres filtradoras y una omnívora (Tabla 5, 6 y 7). En este sitio se localizaron seis especies exclusivas, dos de crustáceos, *S. miersii* y *M. acanthurus*; cuatro de peces, *A. monticola*, *C. fenestratum*, *C. nobilis* y *M. brachyurus lineatus*, las dos últimas son de origen marino, por lo que su presencia es transitoria. Al igual que Lechería, esta localidad reflejó una dinámica poblacional más compleja, debido a las características propias que presenta un estuario (colector y concentrador de nutrientes, Velasco y Wolff, 2000) por lo que se determinó como la zona más diversa junto con Lechería

### **Distribución temporal de las especies por estadios**

Todos los individuos colectados durante el año, se agruparon en tres estadios, juvenil, adulto y hembras ovígeras. En el caso de peces el estadio juvenil y adulto, se determinó basado en la talla máxima registrada para cada especie,

debido a que no se realizó el análisis gonadal para determinar su madurez. Las especies de moluscos fueron agrupadas considerando sus tallas. Del total de individuos capturados el 62.5% fueron juveniles y el 37.5% adultos de los cuales el 0.4% fueron hembras ovígeras (fig. 4). Es importante mencionar que el arte de pesca descrita anteriormente fue utilizada para la captura de todos los organismos, por lo que no fue posible obtener un registro completo de los estadios de todas las especies.

En cuanto a la dinámica de las poblaciones se observó que, hacia finales del año la comunidad de crustáceos va en aumento en lo que se refiere a riqueza y abundancia, este patrón fue similar en la comunidad de peces, principalmente en las especies carnívoras. Se relacionaron estos patrones con la época de lluvias, que incrementó la remoción de nutrientes, convirtiendo al segundo semestre del año en el idóneo para el desarrollo de crustáceos juveniles y por tanto el aumento en la población y aparición de ovígeras. Estos organismos forman parte de la dieta de los peces, por lo que la comunidad de peces también se incrementó y se registró el mayor número de especies carnívoras (Griggs *et al.*, 2003). Las especies de peces que llegan a alcanzar tallas mayores a los 20 cm, se colectaron en estadio juvenil, esto pudo deberse a que los individuos de tallas grandes, son fuente de alimento para las poblaciones humanas locales o su área de distribución quedó fuera de los sitios de muestreo definidos (Gómez-Márquez *et al.*, 1999). Los moluscos se encuentran todo el año, excepto las especies recientemente introducidas (*P. turatti*, *P. indiorum* y *T. melanoides*) que presentaron los registros más bajos en cuanto a abundancia lo que limitó su colecta durante todo el año. Todos los individuos capturados de este grupo fueron adultos. El tipo de alimentación y la plasticidad de adaptación de los moluscos, les permite mantener a las poblaciones durante todo el año (Naranjo y Polaco, 1997) (fig. 4).

## **Distribución y abundancia de las especies por grupo**

### **Crustáceos**

La distribución espacial de las especies de crustáceos, mostró la presencia exclusiva de *T. poglayenorum* (Lámina 2h) en la localidad de Laguna Escondida

(fig. 12), la cual representa el 0.01% del total de crustáceos colectados. Esta localidad es una de las zonas someras del río Máquinas, además presentó una velocidad de corriente baja, sin embargo, la calidad de agua fue buena, conteniendo un elevado nivel de oxígeno disuelto y alta transparencia. Su presencia puede ser atribuida a su biología, ya que la especie es de desarrollo directo o abreviado, lo que es una respuesta a la necesidad de reducir la dispersión y de permanecer cerca o en el lugar de origen, por lo que su área de distribución esta restringida (Álvarez y Villalobos, 1997).

Con respecto a la distribución de las especies de langostinos, *M. acanthurus* (Lámina 2d) se ubicó en la localidad de Montepío, probablemente la altura es un factor limitante para que esta especies remonte río arriba (Griggs *et al.*, 2003). *Macrobrachium carcinus*, *M. heterochirus* y *M. hobbsi*, se encuentran ampliamente distribuidos a lo largo del río (fig.13). Sin embargo, *M. hobbsi* presentó una mayor abundancia en la localidad de Lechería. Los adultos de *M. offersii* sólo se registraron en Lechería, es posible que las características físicas de esta localidad (Tabla 4), determinen la presencia de dichas especies a lo largo del río. Estas especies pueden considerarse migratorias, especies de agua dulce que en alguna etapa de su desarrollo invaden los hábitats marinos, las hembras desovan y desarrollan sus primeras etapas de vida en ámbitos estuarios para luego retornar a aguas totalmente dulce hasta alcanzar su madurez sexual (Camacho *et al.*, 1997), esto justifica la presencia de las hembras ovigeras en la parte baja del río.

*Sesarma miersii* (Lámina 2g), es una especie de cangrejo que sólo se encontró en la localidad de Montepío (fig. 12), presenta desarrollo abreviado con tres etapas larvales, las cuales presentaron tolerancia a cambios de salinidad (Anger, 1995), es posible que la capacidad de esta especie para vivir en agua dulce sea limitada, por lo que su distribución se limitó a esta zona. A pesar de que se obtuvieron 775 individuos de esta especie, si se considera como el 100% la sumatoria de individuos de todas las especies y categorías, *S. miersii* no rebasa el 10% del volumen total de individuos colectados, esto ocurre con todas las especies de crustáceos.

*Avotrichodactylus constrictus* (Lámina 2a), es una especie ampliamente distribuida a lo largo del río (fig. 13). Con respecto a su abundancia, pertenece a las especies de baja población considerando la abundancia del género *Macrobrachium* registrado en éste estudio. El 100% de individuos colectados de esta especie fueron adultos. A pesar de presentar desarrollo abreviado (Villalobos y Álvarez, 1997), esta especie no presenta una distribución limitada. Cabe mencionar que en todas las poblaciones de cangrejos de agua dulce que los autores han examinado, han encontrado una variación morfológica intrapoblacional de los caracteres taxonómicos importantes muy reducida o ausente (Villalobos y Álvarez, 1997), en este estudio no se realizó una comparación entre los individuos colectados de las diferentes localidades para determinar diferencias morfológicas entre las poblaciones, por lo que se desconoce si hay una diferenciación poblacional.

*Platychirograpsus spectabilis* (Lámina 2f), se localizó en la parte baja del río y su desembocadura, debido a que esta especie presenta tolerancia a cambios de salinidad (Bolivar y Pieltain, 1945), se consideró con mayor tolerancia a agua dulce que *S. miersii*, habita en zonas donde la velocidad de corriente es baja, poco profunda y asociado a la vegetación de la orilla del río; suele encontrarse debajo de rocas grandes, al parecer no se aleja del lugar donde se oculta (Burmeister, 1978), concordando con la distribución observada en este estudio (fig.13).

*Atya scabra* (Lámina 2b), se encuentra ampliamente distribuida a lo largo del río, sin embargo, abunda preferentemente en la localidad de Lechería (fig. 13), principalmente en las zonas de mayor velocidad de corriente y alta concentración de oxígeno, parámetros físico-químicos preferentes por estos organismos. Esta zona es de baja profundidad y es posible encontrarlos debajo y entre las rocas (Villalobos y Álvarez, 1997).

*Potimirim mexicana* (Lámina 2e), es una especie de baja abundancia y amplia distribución a lo largo del río (fig. 13). Se encuentra en ríos o arroyos con poca corriente y lagunas costeras, en donde forma parte de la comunidad asociada a las raíces de la vegetación acuática (Villalobos y Álvarez, 1997). Un

factor determinante para la captura de estos organismos pudo ser el tipo de red utilizada, principalmente en la luz de malla.

### **Peces**

Se determinó la dominancia de tres especies de peces, *G. dormitor*, *E. pisonis* y *H. bimaculata* (fig. 14), sin embargo, las diferencias entre la densidad poblacional de las especies colectadas, no es tan marcada como en el caso de los crustáceos y moluscos. *Gobiomorus dormitor* (Lámina 3c) representa el 37% del total de individuos colectados de peces, *E. pisonis* el 19% y *H. bimaculata* el 16% aproximadamente.

Con respecto a la distribución de estas especies, *G. dormitor* se localizó en Lechería y Montepío (fig. 15), registró un mayor número de ejemplares en Montepío. Esta especie tiene la capacidad de adherirse a las rocas mediante el uso de las aletas pélvicas, formando una ventosa, por lo que es posible encontrarlas en áreas donde la fuerza de la corriente es alta (Robins y Ray, 1986).

*Eleotris pisonis*, es una especie muy similar a *G. dormitor*, tanto en su morfología como en su distribución (fig. 15). Sin embargo, *E. pisonis* se localizó principalmente en Montepío, algunos estudios indican que su distribución se encuentra limitada a la parte baja del estuario (Elliott *et al.*, 2007) por lo que debe tener tolerancia a cambios de salinidad y temperatura.

*Heterandria bimaculata* (Lámina 3d), es una especie que domina principalmente en la localidad de Laguna Escondida, además de registrarse en una proporción menor en Lechería (fig. 15). Estos sitios se caracterizaron por tener baja velocidad de corriente, baja profundidad, alta transparencia y las mayores altitudes, la mayor captura de éstos peces (abundancia relativa) se obtuvo en febrero y mayo se colectó la menor cantidad de organismos. Estudios realizados sobre el periodo reproductivo de *H. bimaculata* indican que algunas hembras se reproduce todo el año por lo que el reclutamiento de los peces jóvenes puede ser independiente de la época del año, asimismo, el arte de pesca utilizado (principalmente la luz de malla), también influye en el número de peces capturados (Gómez-Márquez *et al.*, 1999). La localidad El Puente, presentó una

velocidad de corriente alta, por lo que no permite la permanencia de los individuos de esta especie, pero sí promueve el arrastre de las crías hacia Lechería (Tabla 4).

*Cichlasoma fenestratum* (Lámina 3b), fue localizada exclusivamente en Montepío (fig.15), y albergó el 7% del registro en peces. Habita en aguas someras y es eurihalina, tolera cambios de salinidad en el agua que oscilan entre 4 y 36 ‰. Se encuentra principalmente en aguas continentales dulces cerca del fondo (Toral-Almazán y Reséndez, 1973). Estos datos justifican la presencia de esta especie solamente en Montepío, donde se cumplen las condiciones requeridas por ésta especie.

*Xiphophorus hellerii* (Lámina 3h), es una especie de amplia distribución, se sabe que vive en las orillas de lagos y arroyos, los cuales pueden ser de agua clara a turbia, algunas veces eutrofizada (Espinosa, 1997) (fig. 15). En algunos estudios marcan su distribución en la parte alta de los ríos y prefieren las zonas de corrientes y vegetación abundante (Paulo-Maya y Ramírez-Enciso, 1997) y que la profundidad de captura varía desde la superficie a 1.3 m (Espinosa, 1997), lo que coincide con los resultados obtenidos en éste estudio.

*Agonostomus monticola*, tiene una dieta variada aunque es principalmente carnívora, dentro de su dieta se encuentran organismos del bentos, sobretodo en las tallas pequeñas, por lo que se infiere que se alimentan preferentemente en los fondos de los ríos depredando larvas y ninfas de insectos. Al aumentar de talla consumen organismos de otros niveles de la columna de agua y de mayor tamaño como decápodos y peces, sin dejar de consumir componentes del bentos (Gómez-Márquez *et al.*, 1999). En el caso particular de este estudio se consideró como principal alimento tanto para juveniles como adultos de *A. monticola*, a las especies del género *Macrobrachium* principalmente, ya que el periodo y la localidad en que se capturó este pez, concuerda con el incremento poblacional de dichos crustáceos.

*Poecilia mexicana* (Lámina 3f), es la única especie que está representada homogéneamente a lo largo del río. Es una especie dulceacuícola con capacidad

de tolerar cambios en salinidad y temperatura (Page y Burr, 1991). Corresponde al 5% del volumen total de peces.

*Symbranchus marmoratus* (Lámina 3e), la distribución observada indicó que prefiere zonas tranquilas de baja profundidad (fig. 15), vive en el fondo lodoso o entre las rocas, es de hábitos nocturnos (Robins *et al.*, 1991). Los hábitos de esta especie junto con las características topográficas y de corriente en algunas zonas de muestreo pudieron limitar el registro. Representan el 1.3% de la colecta en peces.

Desafortunadamente la captura de individuos de algunas especies como *S. marmoratus*, *C. nobilis* (Lámina 3a) y *M. brachyurus lineatus* fue muy baja (fig. 14). Las últimas dos especies se localizaron sólo en Montepío (fig. 15), por ser de origen marino se consideraron como especies transitorias, introducidos a estas áreas por las corrientes o para ingresar con fines alimenticios (Martínez *et al.*, 2004) y procrear (Frías-Torres, 2002). *Microphis brachyurus lineatus* (Lámina 3g), se localizó sólo en Montepío y representa el 0.6% de los peces colectados (fig. 15).

## **Moluscos**

El estudio de moluscos en la zona de Los Tuxtlas es muy reducido. Particularmente en el río Máquinas no se encuentra ningún estudio poblacional de este grupo. En este estudio se registraron por primera vez para el río Máquinas las especies *Neritina reclivata*, *Tarebia granifera*, *Corbicula fluminea*, *Pachychilus indiorum*, *Pachychilus turatti* y *Thiara melanoides*.

Las únicas especies nativas son *P. flagellata* y *N. reclivata* (Lámina 4b y 4e). *Pomacea flagellata* albergó al 0.23% del total moluscos colectados. Se localizó en Lechería y Montepío (fig. 17). Se puede encontrar en cuerpos de agua relativamente profundos, con escasa corriente y con abundante vegetación acuática (Rangel-Ruíz, 1987). Los ejemplares jóvenes miden 2 cm de altura, esta especie llega a medir más de 11 cm (Naranjo *et al.*, 2005). Se sabe que forma parte de la dieta de los lugareños principalmente por ser de los moluscos que

alcanzan las mayores tallas. Puede capturarse todos los días del año y su distribución es homogénea a lo largo del río.

*Neritina reclivata* (Lámina 4b), se encuentra distribuida de forma amplia y homogénea a lo largo del río Máquinas (fig. 17) y representa el 1% de los moluscos colectados. Es común encontrarla en aguas salobres a dulces, frecuentemente se le encuentra sobre la vegetación sumergida, debido a sus hábitos alimenticios micrófagos (García *et al.* 1992; García y Reguero, 1995), concordando con su distribución en río Máquinas.

*Tarebia granifera* (Lámina 4f), es un molusco exótico y es la especie dominante de este grupo con amplia distribución (fig. 16 y 17). Albergó al 97% del total de moluscos colectados y el 70% de los individuos de esta especie se encuentran en El Puente. En esta zona la presencia de otros grupos es baja, por lo que se considera tiene poca competencia y depredación o el número de depredadores no es suficiente para disminuir la población de estos moluscos, eso podría explicar la abundancia de esta especie en la zona, además, hay que considerar que tiene una alta capacidad de invasión ya que son altamente prolíferos (Naranjo *et al.*, 2005). Durante su identificación se observó una variación en los diseños de la concha, sin embargo, se pudo confirmar que los organismos pertenecían a esta especie. Los estudios de moluscos más cercanos se registran en la Laguna de Sontecomapan (Naranjo *et al.*, 2005) y es posible encontrar a *T. granifera* y *T. melanoides* juntas. Sin embargo, *T. granifera* se encuentra en mayor proporción que *T. melanoides* también especie exótica. El aspecto negativo de su presencia es la capacidad de estos dos caracoles para transmitir parásitos a la fauna nativa de peces o aves y competir con especies de planórbidos y paquiúllidos nativos (Naranjo *et al.*, 2005).

*Corbicula fluminea* (Lámina 4a), está ampliamente distribuida a lo largo del río y albergó al 0.8% del total de moluscos colectados. Es uno de los organismos con mayor depredación de este grupo, esto se observó por la gran cantidad de valvas vacías encontradas entre las rocas, puede deberse a que su concha no es tan dura como las de las otras especies presentes. Habita en aguas claras y bien oxigenadas, donde se alimenta del plancton y detritos que filtra continuamente,



posee amplio intervalo de tolerancia en temperatura (entre 2° y 30°C), requiere altos niveles de oxígeno y no tolera bien la contaminación, se reproducen sexualmente, son hermafroditas y con capacidad de autofecundación (Martín y Davis, 2001).

*Pachychilus indiorum* (Lámina 4c), se localiza exclusivamente en Lechería. Esta especie se registra en este estudio por primera vez en la zona. Aún se desconoce la biología de la especie, por lo que no se sabe si la distribución observada se debe a las características de la zona o tal vez sea el punto de introducción de la especie al río, ya que Lechería es una de las localidades preferidas para la captura de langostinos por parte de los pobladores. La pesca no se restringe a langostinos, se sabe que consumen moluscos extraídos de éste y otros sitios, esta actividad puede funcionar como dispersor de algunas especies de moluscos ya que, al ser colectados son transportados de cuerpos de agua cercanos y tirados en el río Máquinas por descuido. Representa el 0.05% del total de moluscos colectados.

*Pachychilus turatti*, se registra en El Puente y Lechería (fig. 17), sin embargo, en cada localidad sólo se registró un individuo, representa el 0.02% de los moluscos colectados, es probable que haya ampliado su área de distribución a lo largo de estos últimos años, desde que fue registrado por primera vez en el área de Los Tuxtlas (Naranjo y Polaco, 1997). Su introducción al río puede ser similar al de *P. indiorum*.

*Thiara melanoides* (Lámina 4d), fue localizada sólo en Lechería. Representa el 0.05% del volumen total de moluscos colectados. El mecanismo de dispersión de este gasterópodo en México es desconocido ya que no parece indicar rutas de invasión. Sin embargo, un sólo individuo puede colonizar y formar una nueva población en ecosistemas limnéticos (Contreras-Balderas, 1995). *Thiara melanoides* y *T. granifera*, son especies ovovivíparas y partenogenéticas y han sido utilizadas como control biológico, esto ha recibido algunas críticas debido a la posibilidad de que actúen como primeros hospederos intermediarios de paragonimiasis (Gutiérrez *et al.*, 1995), además, Michelson (1992) plantea que *T. granifera* ha sido acusada injustamente de ser vector de dicho parásito pues

nunca se han encontrado individuos infectados en la naturaleza. Por otra parte, Laracuente *et al.* (1979) mostraron que esta especie era ligeramente efectiva en la intersección de miracidios de *Schistosoma mansoni* evitando que éstos alcancen su hospedero intermediario (Gutiérrez *et al.*, 1995).

*Pachychilus indiorum*, *P. turatti* y *Thiara melanoides* son tres especies de moluscos exóticas que por su baja abundancia se consideran recientemente introducidas.

Finalmente, excluyendo a *P. turatti* y *T. melanoides*, todas las especies de moluscos están presentes todo el año (fig. 20). *Pachychilus turatti* y *T. melanoides*, se localizan en periodos muy cortos. Al considerar a estas especies como nuevas invasoras y por el número de individuos colectados es probable que no hayan tenido el tiempo suficiente para incrementar su número poblacional y distribuirse ampliamente a lo largo del río.

## **Distribución temporal de los diferentes estadios por grupo**

### **Crustáceos**

Del volumen total de individuos de las especies de *Macrobrachium*, el 98% son juveniles, 2% son adultos, de los cuales el 11.5% son hembras ovígeras. La distribución temporal ubicó al 99% de los juveniles en el mes de septiembre y a las ovígeras en el segundo semestre del año, debido a que la temporada de lluvias promueve la remoción de nutrientes de los que se alimentan los juveniles. Los adultos se encuentran distribuidos a lo largo del año (fig. 18). La presencia de juveniles de este género durante todo el año, es indicativo de que alguna especie puede reproducirse durante todo el año.

La categoría que sobresale por su abundancia es la de *Macrobrachium* sp., que alberga más del 90% de los crustáceos colectados, el 99% de los individuos de esta categoría se localizaron en Montepío. Esto se debe a que los langostinos son organismos que típicamente dependen del agua salobre de los estuarios para completar su ciclo de vida, las hembras se mantienen en estas zonas hasta que se da la eclosión de las larvas, conforme crecen se van adentrando más en el continente (Camacho *et al.*, 1997). Esto justifica la presencia de hembras ovígeras

en las localidades de Lechería y Montepío, las más cercanas a la desembocadura del río. El estadio juvenil de *Macrobrachium* se presenta durante todo el año, lo que represento un importante incremento en el mes de septiembre por lo que puede considerarse como periodo reproductivo entre los meses de junio y agosto (fig. 18), ya que se encontraron hembras ovígeras de las especies *M. acanthurus* (el 4% del Total de Individuos de la Especie), *M. carcinus* (el 6.6%), *M. heterochirus* (el 28%), *M. hobbsi* y *M. olfersii* (el 17%) en ese periodo.

De los individuos colectados de *S. miersii*, sólo uno fue adulto y el resto juveniles. La distribución temporal permitió determinar como época reproductiva el primer semestre del año (fig. 18). Es posible que los adultos prefieran algunas zonas del estuario y por tanto quedaran fuera del sitio de muestreo.

*Avotrichodactylus constrictus*, puede localizarse todo el año, el 100% de individuos colectados de esta especie fueron adultos (fig. 18) al igual que *T. poglayenorum*, esto puede deberse a que ambas especies son de desarrollo abreviado o directo (Álvarez y Villalobos, 1997), la captura de individuos juveniles pudo ser limitada por el tipo de muestreo realizado, principalmente en el caso de la luz de malla.

Se colectaron juveniles de *P. spectabilis* en el mes de mayo. El 12% de la colecta de esta especie fueron juveniles, el 88% restante adultos, no se registraron hembras ovígeras. Marchand (1946) observó que las poblaciones fluctuaban estacionalmente, durante los meses de invierno, los cangrejos disminuían y especuló que migraban a la parte baja del río a aguas salobres para pasar el invierno y criar. Sin embargo, en este estudio se registró durante todo el año (fig. 18), sin fluctuaciones observadas.

En este estudio no fue posible ubicar la época reproductiva de *A. scabra*, ya que el 100% de los individuos fueron adultos. En algunos estudios se marca como una especie que se reproduce todo el año considerando los periodos de noviembre y agosto como los meses de máxima reproducción (García *et al.*, 1991), sin embargo, en este estudio no se colectaron hembras ovígeras o juveniles, pudo deberse a que los adultos viven río arriba, y la precipitación permite que las larvas sean transportadas hasta el ambiente óptimo (en el

estuario) para que tenga lugar el desarrollo larval (Capistran, 1992). Se ha sugerido que algún o algunos estadios larvales pueden ser no pelágicas (García *et al.*, 1991), esta puede ser la causa por lo que no se colectaron estadios juveniles, ya que los sitios de muestreos designados quedaron fuera de la distribución de estos organismos. La ausencia de hembras ovígeras en nuestros muestreos de este periodo pudo deberse a hábitos restrictivos de los organismos en estas condiciones, por lo que las áreas de anidación (si existen) quedaron fuera de los puntos de muestreo.

*Potimirim mexicana*, se localizó en los meses de agosto y septiembre, el 28.5% de los individuos fueron ovígeras (fig. 18). No descartamos la posibilidad de desplazamiento de las poblaciones a lo largo del río durante las diferentes épocas del año, esto explicaría la ausencia en los registros en otros periodos de tiempo. Estudios previos indican que al igual que *A. scabra* algunos estadios pueden ser no pelágicos (García *et al.*, 1991), por lo que los diferentes estadios se encontrarían en zonas fuera de los sitios de colecta.

## **Peces**

*Gobiomorus dormitor*, se encuentra presente todo el año incrementando su abundancia en la época de lluvias, la talla máxima registrada para esta especie es de 60 cm (Robins y Ray, 1986), ya que los individuos capturados no rebasan los 10 cm, se consideraron juveniles.

*Eleotris pisonis*, se registró de mayo a septiembre, mostró un incremento poblacional en el último mes, esto se debe al aumento en el recurso alimenticio que brindan los juveniles del género *Macrobrachium* en este periodo, considerando la talla máxima registrada para la especie (25 cm, Teixeira, 1994), se consideró a los individuos capturados como juveniles ya que, la talla máxima colectada fue de 8 cm (fig. 19).

*Heterandria bimaculata*, se registró en el primer semestre del año (fig. 19), puede ser que la población sea muy baja en el segundo o que la población sea principalmente juvenil y que debido al arte de pesca utilizada para la colecta (red tipo chinchorro) no permitió la captura de peces de tallas pequeñas. Todos los

individuos capturados fueron adultos, la talla máxima registrada es de 15 cm hembras y 10 cm para los machos. Puede ser que la población sea muy baja en el segundo semestre y que sea en ese mismo periodo que se lleva a cabo su reproducción, incrementándose la población para los primeros meses del año, concordando con estudios anteriores. Estudios realizados sobre el periodo de reproducción indican que el máximo de la etapa reproductiva se realiza de julio a septiembre pero la reproducción por parte de algunas hembras continua todo el año, siendo independiente a la época del año el reclutamiento de juveniles (Gómez-Márquez *et al.*, 1999), por lo que consideramos que al entrar en periodo reproductivo, esta especie puede cambiar de hábitos y quedar fuera de los sitios de muestreo.

*Cichlasoma fenestratum*, fue colectada durante los meses de junio y septiembre (fig. 19), estos datos no proporcionan información importante para describir el comportamiento de la población en el tiempo, pero se sabe que están presentes todo el año, los individuos colectados fueron juveniles, la talla máxima de esta especie es de 25 cm y la colectada fue de 4 cm (Conkel, 1993), pudo deberse a que esta especie es de consumo local.

*Xiphophorus hellerii*, se registró durante la primera mitad del año (fig. 19), aunque se sabe que pueden estar presentes todo el año (Page y Burr, 1991). Esta especie representó el 6% de la colecta de peces. Todos los organismos colectados fueron adultos, las tallas máximas son de 15 cm.

*Agonostomus monticola*, se localizó en el mes de septiembre (fig. 19), no fue posible determinar su estadio, por lo que se definió como indeterminada.

*Poecilia mexicana*, está ampliamente distribuida a lo largo de todo el año (fig. 19). Los individuos colectados fueron adultos, con tallas máximas de 10 cm. El arte de pesca pudo limitar la captura de juveniles.

*Symbranchus marmoratus*, se localizó sólo en los meses de febrero y septiembre, pero considerando sus hábitos es posible que se encuentre todo el año (Robins *et al.*, 1991) (fig. 19). Los individuos capturados fueron juveniles, las tallas máximas registradas para la especie es de 150 cm, los colectados fueron de 12 cm máximo.

*Conodon nobilis*, se encontró sólo en el mes de septiembre (fig. 19), cabe mencionar que los individuos de esta especie fueron colectados en el mismo muestreo y no fueron registrados en las visitas posteriores. Representaron el 2.6% de la colecta de peces. Todos los individuos fueron juveniles con tallas que no excedían los 4 cm y las tallas máximas registradas para la especie es de 33 cm o tal vez utiliza el estuario como zona de crianza. Siendo de origen marino y colectado en un muestreo se considero como especie transitoria.

*Microphis brachyurus lineatus*, se consideró que su presencia en la localidad puede ser temporal ya que es de origen marino, se registró en un muestreo en el mes de septiembre, con solo dos individuos (fig. 19), todos los individuos colectados fueron juveniles con tallas de 10 cm y la talla máxima registradas para la especie es de 95 cm. Se caracteriza por presentar cuidados paternales (Martínez *et al.*, 2004).

## **Moluscos**

La mayor parte de especies de este grupo, se registraron durante todo el año y todos los individuos colectados fueron adultos (fig. 20). Las especies con baja abundancia fueron colectadas en un determinado periodo de tiempo, lo que indica que su registro se restringe a la posibilidad de ser capturadas. Las tallas máximas y el tipo de reproducción de este grupo como *T. melanoides* y *T. granifera* que son especies ovovivíparas y partenogenéticas (Gutiérrez *et al.*, 1995), o *C. fluminea* que se reproducen sexualmente y son hermafroditas con capacidad de autofecundación (Martín, 2001), limitaron la definición de cuando se puede considerar a un individuo adulto o en estado reproductivo. Considerando las características reproductivas ya mencionadas de las especies de moluscos se considero que se reproducen todo el año.

## **Distribución global**

De manera global el río Máquinas, se dividió en dos regiones, incluyendo las dos primeras localidades (Laguna Escondida y Puente) en la sección 1, y las dos últimas (Lechería y Montepío) en la sección 2. La primera sección, se caracterizó por ser zonas de baja riqueza y poca abundancia, excepto por la presencia de *T. granifera*, que puede desplazar a otras especies de moluscos y con ello a los consumidores de las mismas y obligar su desplazamiento hacia la parte baja del río. Aparentemente *T. granifera*, no es un molusco sometido a una fuerte depredación, por ser una especie introducida, carece de depredadores naturales en la zona y tiene la ventaja de ser muy pequeña y con una concha muy dura, por lo que los depredadores naturales del río, no la prefieren, lo que permite que prolifere sin mucha resistencia. Por esto, esta sección del río se consideró poco productiva, donde la mayoría de individuos en la zona son omnívoros y detritívoros (fig. 9).

La segunda sección del río, fue considerada como la más diversa, en ella se localizaron prácticamente todas las especies registradas (27 de 28) (fig. 3). En esta sección se encontraron todos los tipos tróficos, debido a la abundancia de alimento para cada uno de ellos (fig. 9), registró a todas las especies de distribución restringida (excepto *T. poglayenorum*), se consideró una zona de alta productividad y por tanto una de las áreas de estructura más compleja en cuanto a interacciones ecológicas y biológicas entre especies, incluyendo las interacciones con la fauna marina como *C. nobilis* y *M. brachyurus lineatus* especies de origen marino. Su presencia en la zona, se debe a la elevada concentración de alimento (juveniles de *Macrobrachium* y materia orgánica que arrastra la corriente) que promueve el ingreso de especies para alimentarse. Las fluctuaciones en temperatura y salinidad, así como las corrientes, son otros factores que permiten el ingreso de especies marinas.

## **El Índice Integridad Biológico para el río Máquinas**

Con los resultados de este estudio y al considerar los registros previos sobre presencia y biología de especies en el río Máquinas, se proponen las

especies que deben de considerarse para evaluar la integridad biótica. Los pasos a seguir son:

- Buscar las especies endémicas de la zona
  - Se puede considerar a todos los crustáceos como nativos de la región. Los registros de la Colección Nacional de Crustáceos indican la presencia de todas las especies encontradas en este estudio.
  - Con respecto a las especies de peces debería incluirse a *C. fenestratum*, *G. dormitor*, *H. bimaculata*, *Poecilia mexicana*, *E. pisonis*, *S. marmoratus* y *X. hellerii*, dado que estas especies se registran como nativas del río (González *et al.*, 1997).
  - En el caso de moluscos se propone incluir únicamente a *P. flagellata* y *N. reclinata* por ser especies nativas de la región (Naranjo y Polaco, 1997).
- Examinar la presencia de especies no tolerantes a condiciones de contaminación.
  - Evidentemente la concentración de los contaminantes en el cuerpo de agua dañan a todas las especies que lo habitan. En particular se consideraron a dos especies de crustáceos como las susceptibles a dicha modificación del ambiente, *A. scabra* y *Potimirim mexicana*, debido a que estas especies habitan sitios con buena calidad de agua, alta concentración de oxígeno disuelto y escasa presencia de sustancias contaminantes, como fertilizantes y pesticidas (Villalobos y Álvarez, 1997).
  - En peces, al comparar los registros previos con los obtenidos en este estudio, se incluyen a *C. fenestratum*, *G. dormitor* y *E. pisonis*. Ya que las especies restantes colectadas de este grupo, presentan mayor tolerancia a cambios en la calidad del agua (Favari *et al.*, 2003) sin incluir a las especies marinas.
  - A pesar de ser una especie introducida, la almeja Asiática *C. fluminea* es una especie intolerante por lo que se incluye en esta categoría (Martín, 2001).



- Proporción de especies omnívoras con respecto al total y desaparición de especies depredadoras, filtradoras, etcétera.
  - Crustáceos: el 82% son omnívoras y el 18% filtradoras.
  - Peces: el 50% son omnívoras, el 40% son carnívoras y el 10% detritívoras, sin incluir a las especies registradas previamente y no colectadas en éste estudio.
  - Moluscos: el 14% son omnívoras y el 86% filtradoras.
- Aumento de especies introducidas: hasta el momento se han registrado cinco.
  - El grupo de moluscos fue el único en registrar especies introducidas: *T. granifera*, *C. fluminea*, *P. turatti*, *P. indiorum* y *T. melanoides* (Naranjo y Polaco, 1997).

### **Adaptación y aplicación (tentativo) del Índice de Integridad Biológica al río Máquinas**

Basados en los parámetros utilizados por Karr (1981), para el desarrollo de un IIB, se realizaron las siguientes modificaciones:

- a) El parámetro *b* de la Tabla 1 (presencia de especies intolerantes) se determinó como “intolerantes” a las especies sensibles a la contaminación.
- b) El parámetro *c* (número de especies sensitivas –intolerantes-) no se aplicó, ya que fue considerado similar al *b*.
- c) El parámetro *j* (proporción de invertívoros), fue sustituido por filtradores ya que, en la captura de organismos no se registró ningún invertívoro (consumidores de invertebrados) y en la propuesta original no se incluyen filtradores.
- d) En el parámetro *k* (proporción de carnívoros tope), se determinó incluir a los crustáceos además de las especies de peces carnívoras registradas. La propuesta original considera el aumento de especies omnívoras como síntoma de ambiente degradado (basado exclusivamente en

peces), los crustáceos son en su mayoría omnívoros y esto no implica deterioro en el ambiente, por esa razón se incluyeron dentro de los carnívoros tope.

- e) Para la evaluación de los parámetros se utilizaron los valores definidos por Karr (1981), (-) = 1, (0) = 3, (+) = 5. Como resultado de la suma de los valores otorgados a los atributos del río Máquinas, se obtuvieron 48 puntos, clasificándolo dentro del rango de Bueno (Tabla 1).

Estas modificaciones tuvieron el objetivo de adaptar el sistema propuesto originalmente a las características del río Máquinas, debido a que este tipo de estudio (IIB) debe adaptarse a cada ambiente en particular, ya que existen diferencias que deben ser consideradas (diversidad, ubicación geográfica, etcétera).

Como ya se mencionó la presencia de carnívoros es un parámetro indicativo de la calidad de un ambiente. Poblaciones viables y saludables de estas especies indican una comunidad saludable y diversificada, a medida que la calidad del agua declina, las poblaciones de esas especies disminuyen o desaparecen. Una proporción mayor de 5% de estas especies indica ecosistemas saludables, mientras que muestras con menos de 1% de estos organismos indican condiciones de mala salud del ecosistema (Velázquez y Vega-Cendejas, 2004). El porcentaje de carnívoros registrados en el río Máquinas es del 14% del total de las especies, por lo que se consideraría en buen estado.

Sin embargo, se sabe que un sitio declina en calidad a medida que la proporción de omnívoros (peces) se incrementa. La dominancia de estas especies crece presumiblemente como resultado de la degradación de la base alimentaria, especialmente invertebrados. Se ha establecido que muestras con menos de 20% de individuos omnívoros son buenas (especies de peces), mientras que aquellos sitios con más de 45% de omnívoros en la muestra están ampliamente degradados (Karr,1981). En este estudio el porcentaje de omnívoras registradas

es de 53% incluyendo especies de los tres grupos, por lo que calificar como degradado el ambiente del río Máquinas sería incorrecto. Es necesario realizar ajustes en los atributos requeridos en el IIB y contemplar las características biológicas de las especies de crustáceos y moluscos que por su naturaleza pueden modificar el valor final obtenido para el río Máquinas.

Por otra parte, la presencia de especies intolerantes es un criterio importante, existen especies identificables que son las primeras en desaparecer (Velázquez y Vega-Cendejas, 2004). La declinación puede deberse a la mala calidad del agua, a la degradación del hábitat o a la combinación de estos dos factores. Otro parámetro que debe ser considerado es la abundancia de especies que son tolerantes a los ambientes degradados. En este estudio, no se registró la presencia de 12 especies de peces mencionadas en otros trabajos (Espinosa, 1997), esto puede ser indicativo de alteraciones en el ambiente o que los sitios de colecta no incluyeron los sitios de distribución de algunas especies. El tipo de arte de pesca y la hora en que se colectó fueron elementos que pudieron limitar la captura de algunas especies.

## CONCLUSIONES

1. Los crustáceos presentaron amplia distribución a lo largo del río, fue el grupo más diverso. Su diversidad disminuye conforme se adentra al continente.
2. En cuanto a los registros previos de crustáceos, se puede decir que a pesar de la modificación del ambiente producida por la introducción de varias especies de moluscos, se ha logrado mantener, conservando todas las especies registradas hace por lo menos 10 años. Desafortunadamente, se desconoce si el tamaño poblacional es el mismo, ya que éste es el primer estudio de este tipo en el río Máquinas.
3. Se identificó como principal periodo reproductivo del género *Macrobrachium* entre junio y julio, por la gran cantidad de juveniles en septiembre, es probable que varias de las especies del género se reproduzcan durante todo el año.
4. En el caso del camarón átyido *Potimirim mexicana* se definió un periodo de reproducción, localizado en el último trimestre del año, información que puede servir para estudios posteriores de la especie.
5. El grupo de peces es el menos abundante, pero de gran riqueza. La mayor parte de las especies se encuentran ubicadas en la parte baja del río ya que es la zona más rica en nutrientes. En este grupo se encontró el mayor número de especies restringidas a una zona.
6. En cuanto a las especies de peces registradas previamente para el río Máquinas y Laguna Escondida, se encontraron ocho de 20, más dos especies que no están registradas. Esto pudo deberse a varios factores: el tipo de arte de pesca no fue el adecuado, los sitios de muestreo no incluyeron todas las áreas de distribución, el número de individuos por especie es muy bajo, que las especies sean transitorias o la hora del muestreo no fue la adecuada.
7. Los moluscos fueron los de menor diversidad, sin embargo, se cuenta con cinco especies introducidas de las siete registradas. Esto no da una buena perspectiva sobre el efecto que podrían causar las poblaciones de moluscos al ecosistema.

8. Las especies de moluscos *T. melanooides* y *P. turatti*, se encontraron restringidas en espacio y tiempo, por lo que se concluyó que son nuevas invasoras del río.
9. La especie del molusco *P. flagellata* es probable que se haya mantenido, debido a que sus hábitos alimenticios son diferentes al de las especies introducidas.
10. En cuanto a abundancia, los moluscos son dominantes en la parte alta del río, esto se da por parte de *T. granifera*, lo que implica que una especie introducida esté determinando la composición biológica de esa zona, limitando la presencia de especies nativas desplazándolas o eliminándolas, con probabilidades de incrementar su área de distribución en un periodo de tiempo corto debido a su capacidad de invasión.
11. Son necesarios más estudios sobre los moluscos en la región, principalmente sobre su ecología.
12. La actividad comercial (pesca, cultivo, ganadería) de la zona así como la introducción de especies exóticas, limita las poblaciones de las diferentes especies nativas, además de modificar el hábitat original, lo que deriva en la desaparición de especies endémicas amenazadas.
13. La tolerancia a cambios de temperatura o salinidad, así como el tipo de alimentación de las especies determinan su distribución a lo largo del río.
14. El río Máquinas, se dividió en dos regiones, la zona alta y baja. La primera sección fue poco diversa y de baja abundancia, por lo que se consideró poco productiva. La parte baja del río, fue la más diversa y abundante, se consideró una zona de alta productividad y de estructura compleja en interacciones ecológicas y biológicas entre especies.
15. En la aplicación tentativa del IIB en el río Máquinas lo colocó en la categoría de "Bueno".
16. Con respecto al IIB para el río Máquinas, se reitera la necesidad de hacer modificaciones, debido a que este tipo de estudio debe adaptarse a cada ambiente en particular, ya que existen diferencias que deben ser consideradas como es la diversidad de grupos taxonómicos.

## APÉNDICE 1

### Crustáceos

Registro de las especies de crustáceos en el área de estudio. Tomado de la base de datos de la CNCR del IB-UNAM.

Espece	Laguna Escondida	Río Máquinas	Montepío
<i>Platychirograpsus spectabilis</i>		X ●	X ●
<i>Sesarma miersii</i>		X	●
<i>Avotrichodactylus constrictus</i>		X ●	●
<i>Tehuana poglayenorum</i>	X ●	X	
<i>Atya scabra</i>	X	X ●	●
<i>Potimirim mexicana</i>	X	X ●	X ●
<i>Armases americanum</i>			X
<i>Macrobrachium acanthurus</i>			●●
<i>Macrobrachium carcinus</i>	X	X ●	●
<i>Macrobrachium heterochirus</i>	X	X ●	●
<i>Macrobrachium hobbsi</i>	X	X ●	●
<i>Macrobrachium olfersii</i>		X ●	●

x Registro CNCR del IB-UNAM.

● Espece colectada en este estudio.

●● Espece colectada en este estudio, no registrada previamente.

## Peces

Peces de los Tuxtlas, Veracruz. Tomado de Espinosa, 1997.

Especie	Laguna Escondida	Río Máquinas	Montepío
<i>Astyanax fasciatus</i> (p)	x	x	
<i>Agonostomus monticola</i> (s)	x	x	●
<i>Belonesox mexicanus</i> (s)	x		
<i>Gambusia sexradiata</i> (s)	x		
<i>Heterandria bimaculata</i> (s)	x ●	x ●	
<i>Poecilia mexicana</i> (s)	x ●	x ●	●
<i>Priapella olmecae</i> (eam) (s)	x		
<i>Xiphophorus helleri</i> (s)	x ●	x ●	
<i>Atherinella ammophila</i> (eam) (v)	x		
<i>Microphis brachyurus lineatus</i> (m)			●●
<i>Synbranchus marmoratus</i> (m)	●●	●●	
<i>Scorpaena plumieri</i> (m)			x
<i>Conodon nobilis</i> (m)			●●
<i>Oreochromis niloticus</i> (ex) (s)	x		
<i>Cichlasoma fenestratum</i> (s)	x	x	x ●
<i>Dormitator maculatus</i> (v)		x	x
<i>Eleotris pisonis</i> (v)		x ●	x ●
<i>Gobiomorus dormitor</i> (v)		x ●	x ●
<i>Guavina guavina</i> (m)			x
<i>Awaous tajasica</i> (v)			x
<i>Gobionellus hastatus</i> (m)			x
<i>Gobionellus shufeldti</i> (m)			x

x Registro Espinosa, 1997.

● Especie colectada en este estudio.

●● Especie colectada en este estudio, no registrada previamente.

(m) → origen marino, (v) → vicarias (de origen marino confinadas actualmente a aguas continentales), (s) → secundarias (dulceacuícolas con tolerancia a cambios de salinidad), (p) → primarias, estrictamente de agua dulce, (e) → endémicas, (ex) → exóticas, (am) → amenazada

## Moluscos

Especie	Laguna Escondida	Río Máquinas	Montepío
<i>Pomacea flagellata</i>		•	•
<i>Tarebia granifera</i> ▶		••	••
<i>Thiara melanoides</i> ▶		••	
<i>Pachychilus indiorum</i> ▶		••	
<i>Pachychilus turatti</i> ▶		••	••
<i>Neritina reclinata</i>		•	•
<i>Corbicula fluminea</i> ▶		••	••

• Especie colectada en este estudio.  
 •• Especie colectada en este estudio, no registrada previamente.  
 ▶ Especies introducidas.



## APÉNDICE 2

### CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

#### CRUSTÁCEOS

Reino **Animalia**

Phylum **Arthropoda**

Subphylum **Crustacea**

Clase **Malacostraca**

Orden **Decapoda**

Familia **Palaemonidae**

Género ***Macrobrachium***

Especie ***Macrobrachium acanthurus*** Wiegmann, 1836

***Macrobrachium carcinus*** Linnaeus, 1758

***Macrobrachium heterochirus*** Wiegmann, 1836

***Macrobrachium hobbsi*** Nates and Villalobos, 1990

***Macrobrachium olfersii*** Wiegmann, 1836

Familia **Glyptograpsidae**

Género ***Platychirograpsus***

Especie ***Platychirograpsus spectabilis*** De Man, 1896

Familia **Grapsidae**

Género ***Sesarma***

Especie ***Sesarma miersii*** Rathbun, 1897

Familia **Trychodactylidae**

Género ***Avotrichodactylus***

Especie ***Avotrichodactylus constrictus*** Pearse, 1911

Familia **Pseudotelphusidae**

Género ***Tehuana***

Especie ***Tehuana poglayenorum*** Pretzmann, 1980

Familia **Atyidae**

Género ***Potimirim***

Especie ***Potimirim mexicana*** de Saussure, 1858

Género ***Atya***

Especie ***Atya scabra*** Leach, 1815

## PECES

Reino **Animalia**

Phylum **Chordata**

Subphylum **Vertebrata**

Clase **Actinopterygii**

Orden **Mugiliformes**

Familia **Mugilidae**

Género ***Agonostomus***

Especie ***Agonostomus monticola*** Bancroft, 1834

Orden **Perciformes**

Familia **Haemulidae**

Género ***Conodon***

Especie ***Conodon nobilis*** Linnaeus, 1758

Familia **Cichlidae**

Género ***Cichlasoma***

Especie ***Cichlasoma fenestratum*** Günther, 1860

Familia **Eleotridae**

Género ***Eleotris***

Especie ***Eleotris pisonis*** Gmelin, 1789

Género ***Gobiomorus***

Especie ***Gobiomorus dormitor*** Lacepède, 1800

Orden **Cyprinodontiforme**

Familia **Poeciliidae**

Género ***Heterandria***

Especie ***Heterandria bimaculata*** Heckel, 1848

Género ***Xiphophorus***

Especie ***Xiphophorus helleri*** Heckel, 1848

Género ***Poecilia***

Especie ***Poecilia mexicana*** Steindachner, 1863

Orden **Syngnathiformes**

Familia **Syngnathidae**

Género ***Microphis***

Especie ***Microphis brachyurus lineatus*** Kaup, 1856

Orden **Synbranchiformes**

Familia **Synbranchidae**

Género ***Synbranchus***

Especie ***Synbranchus marmoratus*** Bloch, 1795

## MOLUSCOS

Reino **Animalia**

Phylum **Mollusca**

Clase **Gastropoda**

Orden **Mesogastropoda**

Familia **Pilidae**

Género ***Pomacea***

Especie ***Pomacea flagellata*** Say, 1827

Familia **Thiaridae**

Género ***Tarebia***

Especie ***Tarebia granifera*** Lamarck, 1822

Género ***Thiara***

Especie ***Thiara melanoides*** O. F. Müller, 1774

Familia **Pleuroceridae**

Género ***Pachychilus***

Especie ***Pachychilus indiorum*** Morelet, 1849

***Pachychilus turatti*** Villa

Orden **Neritacea**

Familia **Neritidae**

Género ***Neritina***

Especie ***Neritina reclivata*** Say, 1822

Clase **Bivalvia**

Orden **Veneroidea**

Familia **Corbiculidae**

Género ***Corbicula***

Especie ***Corbicula fluminea*** O. F. Müller, 1774

## LITERATURA CITADA

Abele, L.G. y W. Kim. 1986. *An illustrated guide to the marine decapod crustaceans of Florida*. Dept. Environ. Reg. Tech. Ser. 8: 1-326.

Álvarez, F. 1989. *Smalleyus tricristatum*, new genus, new species, and *Pseudothelphusa parabelliana*, new species (Brachyura, Pseudothelphusidae) from Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 102:45-49.

Álvarez, F. y J. Calderón. 1996. Distribution of *Loxothylacus texanus* (Cirripedia: Rhizocephala) parasitizing crabs of the genus *Callinectes* in the southwestern Gulf of Mexico. *Gulf Research Reports* 9:205-210.

Álvarez, F. y J. L. Villalobos. 1996. Lista anotada de los tipos de la Colección de Crustáceos del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. I. Cangrejos verdaderos (Decapoda: Brachyura: Goneplacidae, Pinnotheridae, Pseudothelphusidae y Trichodactylidae). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 46:87-96.

Álvarez, F. y J. L. Villalobos, 1997. *Pseudothelphusidae y Trichodactylidae (cangrejos)*. En: Historia natural de Los Tuxtlas, Veracruz. González, E., Dirzo, R. y R. Vogt (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México. 415-417, 647pp.

Álvarez, F., J. L. Villalobos, Y. Rojas y R. Robles. 1999. Lista y comentarios sobre los crustáceos decápodos de Veracruz, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México* 70(1):1-27.

Álvarez, F., E. Campos, J. Hoeg y J. O'Brien. 2001. Distribution and prevalence records of two parasitic barnacles (Crustacea: Cirripedia: Rhizocephala) from the west coast of North America. *Bulletin of Marine Science* 68:233-241.

Álvarez, F., J. L. Villalobos y R. Robles. 2002. Abbreviated larval development of *Macrobrachium tuxtlaense* Villalobos and Álvarez, 1999, reared in the laboratory. *Crustaceana* 75(5): 717-730.

Álvarez del Villar, J. 1970. *Peces Mexicanos (claves)*, Secretaría de Industria y Comercio, Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras. Comisión Nacional Consultiva de Pesca. México, D.F. 166 pp.

Andrews, J. 1971. *Sea Shells of the Texas Coast*. University of Texas Press, Austin and London. USA, 298 pp.

Anger, K. 1995. Developmental biology of *Armases miersii* (Grapsidae), a crabbeeen supratidal rock pools. I. Facultative lecithotrophy of larval stages. *Marine Ecology Progress Series*. 117:75-81.

Araújo, F.G. 1998. Adaptation of the index of biotic integrity based on fish assemblages in the Paraíba do Sul River, RJ, Brazil. *Revista Brasileira de Biología*. (on line), 58 (4): 547-558.

Begon, M., J. L. Harper y C. R. Townsend. 1999. *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Omega. Barcelona. 1148 pp.

Bolivar, Y. y C. Pieltain. 1945. Notas sobre *Platychirograpsus Typicus* Rathbun. *Ciencia*. México:267-270.

Burch, J.B. 1960. Some snails and slugs of quarantine significance to the United States. *Sterkiana*. 2:13-53.

Burch, J.B. y A. Cruz-Reyes. 1987. *Clave Genérica para la identificación de Gastrópodos de agua dulce en México*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 46 pp

Bucher, E., G. Castro y V. Floris. 1997. *Freshwater Ecosystem Conservation: Towards a Comprehensive Water Resources Management Strategy*. Interamerican Development Bank. Washington D.C. 42 pp.

Burmeister, E.G. 1978. The Discovery of *Platychirograpsus Typicus* Rathbun, 1914 (*Crustacea, Decapoda, Brachyura*) In Mexico. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 13:195-201.

Camacho M. E., F. Álvarez y J. L. Villalobos. 1997. *PALEMONIDAE (camarones de río, langostinos)*. En: Historia Natural de Los Tuxtlas, Veracruz. González, E., R. Dirzo y R. Vogt (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México. 647 pp.

Capistran, B. A. 1992. *Ocurrencia larval de Potimirin mexicana (De Saussure) y Atya scabra (Leach) (Decapoda: Atyidae) en el estuario del río "La Antigua"*. Resumen IX Congreso Nacional de Oceanografía. 189.

Castro-Aguirre, J. L., H. Espinosa y J.J. Schmitter. 1999. *Ictiofauna Estuarino-Lagunar y Vicaria de México*. Colección Textos Politécnicos. Serie Biotecnologías. Instituto Politécnico Nacional. Limusa. México D.F. 711 pp.

Coll de Hurtado, A. 1970. *La agricultura en México :un atlas en blanco y negro, 1.5.4*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 152pp

Conkel, D., 1993. *Cichlids of North and Central America*. T.F.H. Publications, Inc., USA. pag 140.

Contreras-Balderas, S. 1995. *Thiara (Melanoides) tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda: Thiaridae), su probable impacto ecológico en México. Publicaciones Biológicas, Facultad de Ciencias Biológicas./Universidad Autónoma de Nuevo León. México, 8(1 y 2): 17-24.

Contreras-Balderas, S. 2002. Base de datos del proyecto AE002 "Especies de peces introducidas en aguas continentales de México. Catálogo y manuscrito". Proyecto en seguimiento SNIB-Conabio. México.

Contreras-Balderas, S., R.J. Edwards, M.L. Lozano-Vilano y M.E. García-Ramírez. 2002. *Índice biológico de integridad en el río Sabinas, Coahuila, México*. Res. VII COng. Nal. De Ict., Puerto Ángel, Oaxaca, México, 3pp

Cruz, A. M, R. Florido, A. Contreras y A. J. Sánchez. 2003. Registro del Caracol exótico *Thiara (Melanoides) tuberculata* (Muller, 1774) (Gastropoda: Thiaridae) en La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. *Universidad y Ciencia* 19 (38).101-103.

Deegan, L. A., J. Finn, S. G. Ayvazian, C. A. Ryder-Kieffer y J. Buonaccosi. 1997. Development and validation of an estuarine biotic integrity index. *Estuaries* 20:601-617

Dickson-Hoese, H. y R. H. More. 1998. *Fishes of the Gulf of Mexico, Texas, Louisiana and Adjacent Waters*. A&M University Press. Texas USA.

Elliott, M., A. K. Whitfield, I. C. Potter, J. M. Blaber, D. P. Cyrus, F. G. Nordlie y T. D. Harrison. (2007). The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review. *Fish and Fisheries*. 8:3, 241–268

Escobar-Briones, E., F. Álvarez, y G. Salgado. 1999. *Discapseudes holthuisi* (Crustacea: Tanaidacea) as an intermediate host of *Caballerorhynchus lamothei* (Acanthocephala: Fessisentidae). *The Journal of Parasitology* 85(1):134-137

Espinosa P. 1997. *Introducción a los peces de los Tuxtlas*. En: Historia Natural de Los Tuxtlas, Veracruz. González, E., R. Dirzo y R. Vogt (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México, 647 pp.

Favari, L., M. Madrigal, E. López. 2003. Efecto del agua del embalse de La Vega en la lipoperoxidación y los niveles de la acetilcolinesterasa en el hígado y en el músculo de *Hiphophorus helleri*. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México*. 19(3):145-155.

Figueroa, G. 1985. Aspects Of The Reproduction Of *Atya Margaritacea* A. Milne-Edwards, 1864 (*Decapoda, Atyidae*) In A Population From The Mexican Pacific. *Crustaceana*. 73(8): 913-923

Flores, G. 1971. *Memoria del mapa de tipos de vegetación de la Republica Mexicana*. Secretaria de Recursos Hidráulicos. Dirección de Agrología. México. 59pp.

Frías-Torres, S. 2002. *Oceanic transport and life history of the tropical western Atlantic opossum pipefish, *Microphis brachyurus lineatus**. Ph.D. Diss., Florida Institute of Technology, Melbourne, Florida, USA, 188 pp.

Fuentes, M. y P. Espinosa. 1997. *Peces de agua dulce y estuarinos*. En: Historia Natural de Los Tuxtlas, Veracruz. González, E., Dirzo, R. y R. Vogt (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México, 441-443 pp.

García, P., J. A. Capistran y Z. Chávez. 1991. *Aspectos en la ecología de larvas de *Atya scabra* (Leach) y *Potimirin mexicana* (De Saussure) en el estuario del río La Antigua, Veracruz*. Resumen XI Congreso Nacional de Zoología. 13.

García, C. A. y M. Reguero. 1995. Moluscos de La Laguna de Sontecomapan, Veracruz, México: sistemática y ecología. *Hidrobiologica*, Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa, Distrito Federal, México, 1-27 pp.

García-Cubas, A., M. Reguero y R. Elizarrarás. 1992. Moluscos del Sistema Lagunar Chica-Grande, Veracruz, México: sistemática y ecología. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México*. 19(1):71-101.

Gerson, A. F., W. P. Williams y R. G. Bailey. 2000. Fish assemblages as indicators of water quality in the middle Thames estuary, England (1980-1989). *Estuaries* 23(3):305-317.

Gómez-Márquez, J. L., J. L. Guzmán-Santiago y A. Olvera-Soto. 1999. Reproducción y crecimiento de *Heterandria bimaculata* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) en la Laguna "El Rodeo", Morelos, México. *Revista de Biología Tropical*. 47(3):581-592.

González, S. E., R. Dirzo y R. C. Vogt. 1997. *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp 647.

Griggs, J., L. A. Sánchez, R. G. Cooke, C. Díaz y D. R. Carvajal. 2003. *Recopilación y presentación de datos ambientales y culturales en la región occidental de la cuenca del Canal de Panamá*. The Louis Berger Group, Smithsonian Tropical Research Institute, Universidad de Panamá y La Autoridad del Canal de Panamá. 438 - 440 pp.

Guevara, S., J. Laborde y G. Sánchez-Ríos. 2004. *Los Tuxtlas: el paisaje de la sierra*. Instituto de Ecología, México, 287 pp.

Gutiérrez, A. A., G. Perera, M. Yong, J. Ferrer J. Sanchez Noda. 1995. Distribución y posible competencia entre *Melanoides tuberculata* y *Tarebia granifera* (Prosobranchia: Thiaridae) en el lago Hanabanilla, Cuba. *Revista Cubana de Medicina Tropical*. 47(2):93-99.

Hernández, C. y F. Álvarez. 2007. Changes in the crustacean community of a tropical rocky intertidal shore: is there a pattern? *Hidrobiológica* 17(1):25-34.

Holthuis, L.B. 1952. A general revision of the Palaemonidae (Crustacea: Decapoda: Natantia) of the Americas, Part. II. The subfamily Palaemoninae. *Occ. Papers Allan Hancock Foundation*, 12: 1-396.

Holthuis, L.B. 1994. *The recent genera of the caridean and stenopodidean shrimps (class Crustacea, order Decapoda) with an appendix on the order amphionidacea*. National Natuurhistorisch Museum, Leiden

Instituto Nacional de Ecología (INE). 2002. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. . Diario Oficial de la Federación, Miércoles 6 de marzo de 2002, segunda sección: 1-78 pp.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2000. Veracruz. Resultados definitivos. Tabulados básicos. Censo 96 de población y vivienda. INEGI, México. Formato digital, 1 disco compacto.

Karr, R. J. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6(6):21-27

Kesminas, V. y T. Virbickas. 2000. Application of an adapted index of biotic integrity to rivers of Lithuania. *Hydrobiologia* 422/423: 257–270.

Lot- Helgueras, A. 1976. La estación de Biología Tropical de Los Tuxtlas: pasado, presente y futuro. En: A. Gómez-Pompa et al. (Edrs). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. Compañía Editorial Continental, México, D.F., 31-69

Laracuenta A, Brown R, Jobin W. 1979. Comparison of four species of snails as potential decoys to intercept *chistosome miracidia*. *American Journal of Tropical Medicine Hyg.* 28:99-108.



Marchand, L. J. 1946. The saber crab, *Platychirograpsus typicus* Rathbun, in Florida: a case of accidental dispersal. *Quarterly Journal Florida Academy Sciences*, 9(2):93-100.

Margalef, R. 1985. From hydrodynamic processes to structure (information) and from information to process. *Can. Bulletin Fishes Aquatic Science*, 213:200-220.

Martín, P. R. 2001. *La Introducción de la almeja asiática Corbicula fluminea en el sudoeste bonaerense y su potencial impacto. Territorio, Economía y Medio Ambiente en el Sudoeste Bonaerense*. Buenos Aires. pag 335-343.

Martín, J. W. y G. E. Davis. 2001. *An updated Classification of the Recent Crustacea*. Science Series No. 39. Natural History Museum of Los Angeles County USA. 124 pp

Martínez, J. A., J. H. Colín, A. E. Maldonado y G. A. López. 2004. *Reproducción de peces típicos del estuario de Tecolutla, Veracruz*. Resumen Congreso Nacional de Ictiología. UJAT, Sociedad Ictiológica Mexicana, A. C., 13-16 de septiembre, Villahermosa, Tabasco.

Mebane, C.A, T. R. Maret, R. M. Hughes. 2003. An Index of Biological Integrity (IBI) for Pacific Northwest Rivers Transactions of the American *Fisheries Society* 132:239–261.

Mejía, J., L. Yáñez, L. Carrizales y F. Díaz-Barriga. 2002. *Evaluación Integral Del Riesgo En Sitios Contaminados(Una Propuesta Metodológica)*. Laboratorio de Toxicología Ambiental Facultad de Medicina Universidad Autónoma de San Luis Potosí. *Scientiae Naturae* (2002).

Mejía-Ortiz, L.M., F. Álvarez, R. Román y J. A. Viccon-Pale. 2001. Fecundity and distribution of freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* in the Huitzilapan river, Veracruz, Mexico. *Crustaceana* 74(1):69-77.

Menges, S. E. y D. R. Gordon. 1996. Three levels of monitoring intensity for rare plant species. *Natural Areas Journal* 16(3):227-237

Mercado-Silva, N. 2002, *Seguimiento de la calidad ambiental del Río Ayuquila-Armería (Jalisco, México) utilizando un índice de integridad biótica basado en la comunidad de peces*. VIII Congreso de la Sociedad Ictiológica Mexicana, Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca, México.

Mercado-Silva, N., J. Lyons, G. Salgado-Maldonado y M. Medina-Nava. 2002. Validation of a Fish-Based Index of Biotic Integrity for the Streams and Rivers of Central Mexico, Reviews in *Fish Biology and Fisheries*, Special Issue on Mexican Freshwater Fish and Fisheries 12: 179-191.

Mercado-Silva, N. y J. Lyons. 2002. *Índices de Integridad Biótica en los Ríos Lerma y Pánuco: Una aproximación a su desarrollo. In: Diversidad biológica de ríos y arroyos del centro de México; Bases para su conocimiento y conservación.* Raúl Pineda-López y Edmundo Díaz Pardo (Eds.), Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México. In Press.

Michelson, E. H. 1992. *Thiara granifera*: a victim of authoritarianism. *Malacological Rev.* 25:67-71.

Miller, R. 1974. Mexican species of the Genus *Heterandria* Subgenus *Pseudoxiphophorus*, (pices:Poecillidae). *San Diego Society of Natural History Trans* 17(17):235-250.

Minns, K. C., V. W. Cairns, R. G. Randall y J. E. Moore. 1994. An index of biotic integrity (IBI) for fish assemblages in the littoral zone Great lakes' areas of concern. *Can. J. Fishes Aquatic Science* 51:1804-1822.

Naranjo, G. E. 2003. Moluscos continentales de México: Dulceacuícolas. *Revista de Biología Tropical.* 51 (Suppl. 3): 495-505.

Naranjo-García, E. y O. J. Polaco. 1997. *Moluscos continentales.* En: Historia Natural de Los Tuxtlas, Veracruz. González, E., R. Dirzo, y R. Vogt (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México, 425-431, 647pp.

Naranjo-García, E., M. E. Diupotex-Chong y R. Familiar. 2005. *Tarebia granifera (Lamarck, 1822) (Gastropoda: Prosobranchia: Pachychilidae) en el Lago de Catemaco, Veracruz, México.* VI Congreso Latinoamericano de Malacología (CLAMA). Panamá.

Ordiano, A., F. Álvarez y G. Alcaraz. 2005. Osmoregulation and oxygen consumption of the hololimnetic species *Macrobrachium tuxtlaense* at varying salinities. *Crustaceana* 78(8):1013-1022.

Page, L.M. y B.M. Burr, 1991 *A field guide to freshwater fishes of North America north of Mexico.* Houghton Mifflin Company, Boston. 432 pp.

Paller, H. P., M. Reichert y J. M. Dean. 1996. Use of fishes communities to assess environmental impacts in South Carolina Coastal plain streams. *Transaction of the American Fisheries Society.* 125:633-644

Paulo-Maya, J. y A. Ramírez-Enciso. 1997. Space and time distribution of the Cutzamala river fishes (Michoacán: México) (SPA). *Journal of Tropical Biology.* 45:845-854

Rangel-Ruiz, L. 1987. Estudio morfológico de *Pomacea flagellata* (Say, 1827) (Gastropoda: Ampullariidae) y algunas consideraciones sobre su taxonomía y

distribución geográfica en México. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*. 58: 21-34.

Rathbun, M.J. 1918. *The grapsoid crabs of America*. Nat. Mus. Bul., 97: 461 pp.

Ríos Macbeth, F. 1952. Estudio geológico de la región de Los Tuxtlas. Boletín de la *Sociedad Mexicana de Geología Petrolera*. 4:315-377.

Robins, C. R. y G. C. Ray. 1986. *A field guide to Atlantic coast fishes of North America*. Houghton Mifflin Company, Boston, U.S.A. 354 pp.

Robins, C.R., R. M. Bailey, C. E. Bond, J. R. Brooker, E. A. Lachner, R. N. Lea y W. B. Scott, 1991. World fishes important to North Americans. Exclusive of species from the continental waters of the United States and Canada. *American Fisheries Society*. Special. Publication. (21):243 pp.

Robles, R., F. Álvarez y G. Alcaraz. 2002. Oxygen consumption of the crab *Callinectes rathbunae* parasitized by the rhizocephalan barnacle *Loxothylacus texanus* as a function of salinity. *Marine Ecology Progress Series* 235: 189-194.

Rojas, Y., F. Álvarez, y J. L. Villalobos. 2000. A new species of crayfish (Decapoda: Cambaridae) from lake Catemaco, Veracruz, Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 113(3):792-798.

Salgado, M. G. 1999. *Índice de integridad biótica para comunidades de peces de la región alta del Río Pánuco*. Departamento de Zoología, Instituto de Biología, UNAM. Base de datos SNIB-Conabio proyecto L281. México.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP).1999. Indicadores de la producción pesquera. Dirección General de Estadística y Registros Pesqueros, Subsecretaría de Pesca, SEMARNAP, México.

Sousa, M. 1968. Ecología de las Leguminosas de Los Tuxtlas, Veracruz. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica*. 39:121-161.

Teixeira, R. L. 1994. Abundance, reproductive period, and feeding habits of eleotrid fishes in estuarine habitats of north-east Brazil. *Journal of Fish Biology*. 45(5):749–761.

Toral-Almazán, S. y A. Reséndez-Medina. 1973. Los cíclidos (Pisces Perciformes) de la Laguna de Términos y sus afluentes. *Revista de Biología Tropical*. 21:259-280.

Velasco, A. y M. Wolff. 2000. Ictiofauna juvenil de fondos blandos durante la transición de "secas" a lluvias en la costa pacífica de Colombia. *Revista de Biología Tropical Marina*. 48(1):215-228.

Velázquez, V. E. y E. Vega-Cendejas. 2004. Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos. *Biodiversitas* 57:12-15.

Villalobos-Hiriart J. L. 1998. *Taxonomía de Crustáceos con énfasis en el orden Decapoda*. CONACYT, ECOSUR. 44 pp.

Villalobos y Álvarez, 1997. *Atyidae (burritos, camaroncitos)*. En: Historia Natural de Los Tuxtlas, Veracruz. González, E., R. Dirzo y R. Vogt (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México, 647pp.

Villalobos, J. L. y F. Álvarez. 1999. A new species of *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) with abbreviated development, from Veracruz, Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 112(4):746-753.

Walls, J. G. 1975. *Fishes of the Northern Gulf of Mexico*. T. F. H. Publications, Inc. Ltd. N.J. 432 pp.

Williams, A. 1984. *Shrimps, lobsters and crabs of the Atlantic coast of the eastern United States, Maine to Florida*. Smithsonian Institute, Washington, D.C. 550 pp.