

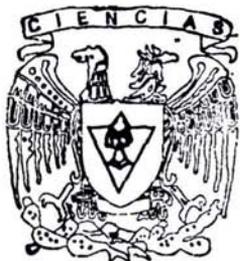


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Estudio poblacional de *Cambarellus montezumae*
en la Pista de Remo y Canotaje
"Virgilio Uribe"; Xochimilco; México, D. F.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
B I Ó L O G A
P R E S E N T A :
REBECA CONCEPCIÓN RANGEL TAPIA



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

DIRECTOR DE TESIS:

DR. FERNANDO ALVAREZ NOGUERA

2004



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR



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.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el
contenido de mi trabajo recepcional.
NOMBRE: **REBECA RANGEL**
Tapia
FECHA: **10-JUNIO-04**
FIRMA:

Comunicamos a Usted que hemos revisado el trabajo escrito:

"Estudio poblacional de *Cambarellus montezumae* en la Pista de Remo y Canotaje "Virgilio Uribe", Xochimilco, México, D.F."

realizado por Rebeca Concepción Rangel Tapia con número de cuenta 9533358-0

quién cubrió los créditos de la carrera de Biología.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

Dr. Fernando Álvarez Noguera.

Propietario

Dra. Guillermina Alcaraz Zubeldia.

Propietario

M.en C. José Luis Bortolini Rosales.

Suplente

M.en C. Carmen Hernández Álvarez.

Suplente

M.en C. Maribel Badillo Aleman.

Consejo Departamental de Biología

FACULTAD DE CIENCIAS

M.en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLOGIA

DEDICATORIAS

A MIS PADRES

Jorge Rangel y Magdalena Tapia

Quienes con su amor siempre me apoyan para ser una persona de éxito.

A MIS HERMANAS

Mónica, Miriam y Gina

Quienes con su aliento me animan a seguir adelante, las cuales se encuentran a mi lado en cada momento especial.

A UNA PERSONA MUY ESPECIAL

My

Quien es la paz y la tranquilidad de mi conciencia, de quien estoy profundamente enamorada.

A MIS AMIGOS

Quienes siempre están en los momentos significativos (*My*).

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater (UNAM) por los conocimientos adquiridos en ella.

Al Dr. Fernando Álvarez Noguera por su valiosa asesoría para realizar el trabajo de Tesis.

Al Profr. Cesar Gutierrez de la Pista de Remo y Canotaje "Virgilio Uribe" por autorizar la toma de colectas para la realización de mi tesis.

A los sinodales Dra. Guillermina Alcaraz Zubeldia, M. en C. José Luis Bortolini Rosales, M en C. Carmen Hernández Álvarez, M en C. Maribel Badillo Aleman por sus comentarios y revisión del Trabajo.

Al Laboratorio de Carcinología, por todas las facilidades que me brindaron en cuanto a préstamo de Instrumentos de medición.

CONTENIDO

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	7
GENERALIDADES DE LOS ACOCILES.....	7
CALIDAD DEL AGUA	11
VARIABLES FÍSICAS	12
VARIABLES QUÍMICAS	13
EUTROFICACIÓN.....	14
ÁREA DE ESTUDIO	15
ANTECEDENTES	19
ESTUDIOS SOBRE CAMBÁRIDOS EN MÉXICO.....	19
EL CANAL DE CUEMANCO	21
OBJETIVO GENERAL	24
OBJETIVOS PARTICULARES	24
MATERIALES Y MÉTODOS	25
MUESTREO.....	25
ÁNALISIS ESTADÍSTICO	27
RESULTADOS	29
ABUNDANCIA	29
COMPOSICIÓN DE TALLAS.....	30
CRECIMIENTO.....	33
PARÁMETROS ABIÓTICOS	37
DISCUSIÓN	40
CONCLUSIONES	44
BIBLIOGRAFÍA	45

TABLA DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Hembra ovígera de <i>Cambarellus montezumae</i>	7
Figura 2. Fotografías de hembra ovígera	11
Figura 3. Vegetación riparia de la pista de remo y canotaje.....	14
Figura 4. Ubicación geográfica del área de estudio;	15
Figura 5. Panorámica de la pista de remo y canotaje.	16
Figura 6. Caracteres morfológicos y merísticos de <i>Cambarellus montezumae</i> , (Rojas, 1998).....	26
Figura 7. Número total de individuos de <i>Cambarellus montezumae</i> colectados.	29
Figura 8. Distribución por talla de la población total de <i>Cambarellus montezumae</i> . .	30
Figura 9. Talla de hembras y machos de <i>C. montezumae</i>	30
Figura 10. Proporción de machos de <i>C. montezumae</i>	31
Figura 11. Proporción de hembras de <i>C. montezumae</i>	32
Figura 12. Relación de la talla de hembras ovígeras contra el número de huevos..	33
Figura 13. Gráficas de las diferencias logarítmicas de las frecuencias contra el punto medio de las clases.....	34
Figura 14. Seguimiento de las 4 cohortes	35
Figura 15. Ajustes de las 4 cohortes identificadas	36
Figura 16. Cuerpo de agua de la pista de remo y canotaje.....	37
Figura 17. Relación entre el tiempo y los parámetros abióticos	38
Figura 18. Comportamiento de los parámetros abióticos	39

RESUMEN

En la presente tesis se realizó un estudio poblacional de *Cambarellus montezumae*, en la pista de Remo y Canotaje ubicada en Cuemanco; Xochimilco, la cual es una especie de crustáceo decápodo dulceacuícola que presenta los tres primeros pares de patas o pereiópodos quelados, cefalotórax subcilíndrico y abdomen deprimido dorsoventralmente. Dentro de las estrategias reproductivas que los acociles han desarrollado para asegurar la permanencia del grupo en condiciones adversas de temperatura y desecación, se encuentra el dimorfismo cíclico que presenta el macho y el desarrollo larvario abreviado en las hembras, las cuales pueden considerarse como estrategias en el éxito que ha tenido este grupo en la colonización de los ambientes dulceacuícolas. Las especies del género *Cambarellus* (familia Cambaridae) se encuentran distribuidas a lo largo del centro de México, desde el estado de Puebla en el este, hasta el estado de Jalisco en el oeste. En esta región ocupa ríos, lagos, presas, bordos y canales, asociado a la vegetación riparia. Asimismo se localiza en gran parte de los cuerpos de agua de los canales de Xochimilco como en la pista de Remo y Canotaje. El cuerpo de agua de esta región se encuentra en un estado eutrófico por la alta cantidad de residuos orgánicos provenientes de la vegetación adyacente y a la abundancia de algas tanto microfitas como macrofitas. En la Pista de Remo y Canotaje se colectaron 668 individuos, a lo largo de 12 muestras quincenales realizadas desde el 30 de octubre del 2001 hasta el 9 de mayo del 2002, a los cuales se les tomaron medidas para evaluar la tasa de crecimiento, tallas de reproducción, proporción sexual, fecundidad e intensidad de reclutamiento. También se realizaron mediciones de parámetros para la calidad del agua (temperatura, oxígeno disuelto y pH). Los resultados mostraron que los parámetros abióticos no tienen un efecto significativo sobre el crecimiento poblacional de *C. montezumae*. El análisis de crecimiento muestra que tanto hembras como machos alcanzan la madurez sexual en 58 días y que las hembras ovígeras presentan una fecundidad de 6 a 118 huevos. En cuanto al análisis de crecimiento se estima que hay una tasa promedio de 0.30 mm/día.

INTRODUCCIÓN

GENERALIDADES DE LOS ACOCILES

Los "acociles" del valle de México, denominados científicamente *Cambarellus montezumae* son crustáceos decápodos dulceacuícolas que presentan los tres primeros pares de patas o pereiópodos quelados, cefalotórax subcilíndrico y abdomen deprimido dorsoventralmente (Figura 1). Pertenecen al infraorden Astacidea, que incluye un grupo de langostas marinas de la superfamilia Nephropoidea y a los acociles de la superfamilia Astacoidea, la cual presenta 3 familias denominadas Astacidae y Cambaridae (distribuidas en México y Estados Unidos), y en la familia Parastacidae que se distribuye en el hemisferio sur. Entre las familias Astacidae y Cambaridae las diferencias morfológicas más evidentes son la presencia de ganchos en los isquios de uno o más de los pereiópodos en los cambáridos, un gonópodo del macho (primer apéndice abdominal o pleópodo modificado para la cópula) simple y sin procesos apicales en los astácidos y la presencia del primer par de pleópodos en las hembras de los cambáridos, ausente en las hembras de los astácidos (Hobbs,1974).



Figura 1. Hembra ovígera de *Cambarellus montezumae*.

En la familia Cambaridae se encuentra el género *Cambarellus*, el cual se distribuye desde el norte de Florida y el sur de Illinois hasta Texas. En México, se encuentra a través de toda la porción central, desde los lagos del este de Puebla hasta el Océano Pacífico (Rojas *et al.*, 2002).

Este género incluye 17 especies clasificadas en tres subgéneros. El subgénero *Cambarellus*, endémico de México, agrupa nueve especies en los siguientes estados, de norte a sur: Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Tlaxcala, Morelos, México, Distrito Federal (D.F.), Hidalgo y Puebla.

La especie más importante del género *Cambarellus* por su distribución es *Cambarellus montezumae*, la cual está distribuida a lo largo del centro de México, desde el estado de Puebla en el este, hasta el estado de Jalisco en el oeste. En esta región ocupa ríos, lagos, presas, bordos y canales, asociada a la vegetación riparia (Hobbs, 1989).

Dentro de las estrategias reproductivas que los acociles han desarrollado para asegurar la permanencia del grupo en condiciones adversas de temperatura y desecación, se encuentra el dimorfismo cíclico que presenta el macho (cambio de la forma II a la forma I) y el desarrollo larvario abreviado de la hembra. Estas estrategias pueden considerarse como el punto clave en el éxito que ha tenido este grupo en la colonización de los ambientes dulceacuícolas (Huner y Barr, 1984; Hobbs, 1991).

El dimorfismo cíclico está asociado con el ciclo reproductivo que es estacional, en él se presentan dos tipos distintos de machos (macho forma I y forma II). Las características morfológicas que distinguen a la forma madura (forma I) de la inmadura (forma II) se basan principalmente en el desarrollo de los elementos terminales del primer par de pleópodos, así como en la presencia de los ganchos localizados en el isquio del tercer y cuarto par de pereópodos.

Esta diferenciación consiste en que el macho forma I presenta las partes apicales de los gonópodos bien desarrolladas y claramente definidas, así como en los ganchos del isquio que son más pronunciados; en tanto que en el macho forma II, las partes apicales de los primeros pleópodos son blandas y no están bien formadas, y los ganchos del isquio son poco evidentes (Huner y Barr, 1984; Hobbs, 1991).

El cambio de la forma II a la forma I, por lo general se presenta después de una muda y se manifiesta dependiendo del periodo de actividad e inactividad reproductiva que puede durar de tres a seis meses, o bien, se puede presentar a finales de la primavera (mayo) o a principios de otoño (septiembre), ya que en estas estaciones se presentan las condiciones climáticas y de alimento óptimas para la reproducción.

En cuanto al desarrollo larvario abreviado, es sin duda, uno de los factores significativos para la colonización de los cuerpos acuáticos que presentan los accociles. La hembra carga los huevecillos en su abdomen, por un periodo variable de 2 a 20 semanas, da una mayor probabilidad de sobrevivir, ya que solo eclosionarán cuando las condiciones climáticas (temperatura, oxígeno disuelto y pH) son adecuadas. Asimismo, al eclosionar, los juveniles permanecerán de 4 a 14 días en el abdomen de la hembra, en el cual tendrán la primera muda; esto permite ser protegidos de las fuertes corrientes acuáticas, la depredación y la baja disposición de alimento.

El dimorfismo sexual en la hembra, se expresa por la presencia de un receptáculo seminal o *annulus ventralis*, el cual tiene la forma de una U invertida, cuyas ramas están dirigidas hacia el extremo caudal, situado ventralmente, en el esternito XIV, entre el cuarto par de pereiópodos. Relacionados con este receptáculo se presentan una serie de placas (placa preanular, lóbulo medio, esclerito postanular), cuando menos tres, que son de importancia taxonómica (Huner y Barr, 1984; Hobbs, 1991).

Las hembras son mayores que los machos y se distinguen de ellos porque el abdomen es mucho más ancho y más corto. Las proporciones entre las distintas partes del cuerpo son: en los machos, la longitud del caparazón proyectada sobre el abdomen, alcanza la sexta somita abdominal, y en las hembras hasta muy cerca de la articulación distal de la primera porción del telson. Tanto en los machos como en las hembras, la longitud de la areola es aproximadamente la mitad de la longitud de la porción cefalotorácica. La longitud del rostro es aproximadamente un cuarto de la longitud del cefalotórax (Villalobos, 1983).

La reproducción de los acociles se inicia con la cópula, en la cual el macho (forma I) deposita los paquetes de esperma en el *annulus ventralis* de la hembra. Esto se consigue por medio de los gonópodos de los machos que están conectados a los poros genitales localizados en la base del quinto par de pereiópodos.

Posteriormente la hembra produce una sustancia cementante con la cual fija los ovocitos a su abdomen y pleópodos; estos emergen a través de las aberturas de los oviductos que se encuentran en las coxas del tercer par de pereiópodos, los cuales son simultáneamente fertilizados y fijados a los pleópodos (Huner y Barr, 1984; Hobbs, 1991).

La hembra lleva los huevos sujetos a los pleópodos durante un periodo de incubación, que va de 2 a 20 semanas (Figura 2. A) . Conforme los huevos se desarrollan cambian de color y aumentan de tamaño (Figura 2. B). Al eclosionar los pequeños acociles emergen del huevo con la forma de un juvenil, ya que los estadios larvarios anteriores a esta fase ocurren dentro del huevo que a su vez los mantiene sujetos a la hembra.



A

B

Figura 2. Fotografías de hembra ovigera .

A) muestra como la hembra protege a los huevecillos. B) se puede observar diferentes estadios de maduración de los ovocitos.

Los acociles recién eclosionados permanecen sujetos a los pleópodos de la hembra, los cuales mudan varias veces hasta que sus apéndices están bien desarrollados y es entonces cuando abandonan a la madre. El crecimiento de los juveniles depende directamente de la temperatura y de la disponibilidad de alimento (Huner y Barr, 1984; Hobbs, 1991).

CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua puede definirse con base en los usos a los que va dirigida, como son: para consumo humano y consumo de animales, para soporte de una vida acuática sana, para riego de la tierra y para la recreación. Por muchos años se han realizado esfuerzos para encontrar el mejor indicador de la calidad del agua a través de sus variables físicas (pH y temperatura), químicas (oxígeno) y biológicas (bacterias, protozoarios, algas, etc). Los índices de la calidad del agua están categorizados como orgánicos, inorgánicos, radiológicos, termales y biológicos.

Pueden ser subdivididos en formas específicas, como a demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno, fósforo, entre otros. Los contaminantes de interés incluyen sedimentos, pesticidas, fertilizantes, nitratos y fosfatos (Viessman, 1977).

VARIABLES FÍSICAS

Las condiciones físicas generales para que el cuerpo acuático esté en óptimas condiciones son: que debe ser capaz de soportar la vida acuática y estar libre de sustancias que sean atribuidas a las descargas de aguas residuales (Hammer, 1975). Entre las cualidades físicas del cuerpo de agua, deben ser consideradas:

1. Latitud, la cual afecta a la temperatura, que igualmente tiene cierta influencia sobre las reacciones bioquímicas.

Los lagos situados en latitudes altas y lugares fríos, generalmente tienen mejor calidad del agua que aquellos que están situados en lugares cálidos y latitudes bajas.

2. Condiciones climáticas, que afectan principalmente a la temperatura, como el calentamiento del agua a causa de la radiación solar, o por el contrario, el enfriamiento debido a bajas temperaturas.
3. Altitud. Produce el mismo efecto que la latitud.

Los lagos de montaña son alimentados por pocos afluentes ricos en nutrimentos que da como resultado, poca disposición de estos, por lo tanto, bajos niveles tróficos.

La temperatura es el primer factor de regulación natural en un ambiente acuático. Regula funciones fisiológicas en los organismos y actúa directa o indirectamente, en combinación con otros constituyentes, en la calidad del agua.

Los requerimientos de ciertos indicadores, como el oxígeno disuelto, a cierta temperatura se hacen mayores. Aunado a esto, las actividades humanas integran al medio, descargas de agua con mayor o menor temperatura que la del cuerpo de agua receptor, provocándose aumentos o descensos, que disminuyen la solubilidad del oxígeno, por lo cual hay una mayor demanda, de este gas, por los organismos acuáticos. El estándar de la temperatura usualmente recomendado es de 32.22 ° C como el límite máximo (Hammer, 1975).

VARIABLES QUÍMICAS

El oxígeno disuelto es esencial para el metabolismo de los organismos acuáticos que poseen respiración bioquímicamente aerobia. Por lo tanto, las propiedades de solubilidad, y especialmente la dinámica de la distribución de oxígeno en los cuerpos de agua, contribuyen al entendimiento de la distribución de los organismos acuáticos.

Los mecanismos que regulan la concentración de oxígeno disuelto, son importantes pues modulan su disponibilidad para la biota lacustre. Las vías por las cuales llega oxígeno disuelto al ambiente acuático, son a través de la atmósfera y por medio de la fotosíntesis realizada por plantas y algas. Por lo tanto, la distribución hidromecánica del oxígeno compensa el consumo de éste por parte de los organismos acuáticos. Los patrones de utilización de oxígeno en relación con su producción, permite una evaluación efectiva del metabolismo del cuerpo de agua. La concentración de oxígeno disuelto y los niveles de pH son las condiciones químicas más importantes, que se combinan con posibles efectos de estratificación y los procesos bioquímicos del sedimento (Jain *et al.*, 1977).

La distribución del oxígeno afecta fuertemente la solubilidad de muchos nutrientes inorgánicos. Esta variable puede afectar la tasa de crecimiento de los organismos, ya que toman ventaja sobre el alimento. Por lo cual, en aguas superficiales, el oxígeno disuelto es medido frecuentemente para monitorear las condiciones que actúan sobre el crecimiento y reproducción de los organismos (Jain *et al.*, 1977).

EUTROFICACIÓN

Del griego *eu* = bien y *trophé* = alimentación.

Este término es utilizado desde principios del siglo pasado para referirse a un ambiente rico en nutrientes inorgánicos y con abundante fitoplancton (Torres y García, 1995). En hidrobiología eutroficación significa un enriquecimiento de las aguas por nutrientes a través de la intervención del ser humano o por medios naturales. En la mayoría de los casos se ha podido reconocer que los cambios en la condición trófica de los lagos observados en tiempos históricos están determinados en gran medida por la influencia de las actividades humanas (Hutchinson, 1973). La deoxigenación del hipolimnio, altos niveles de la productividad primaria, altos niveles de nutrientes y una gran biomasa de algas micro- y macrofitas son comúnmente usados como indicadores de eutroficación en zonas templadas (Rast *et al.*, 1989; Figura 3). Distintos estudios indican que los elementos fertilizantes responsables de la eutroficación son el fósforo y el nitrógeno, que se encuentran presentes en generosas cantidades en las descargas y afluentes de aguas residuales (Jain *et al.*, 1977).



Figura 3. Vegetación riparia de la pista de remo y canotaje.

ÁREA DE ESTUDIO

El canal de entrenamiento de la Pista Olímpica de Remo y Canotaje "Virgilio Uribe", se encuentra situado en Cuernavaca, Xochimilco, al sur de la Ciudad de México, D.F., a 26 kilómetros del centro de la capital (Se ubica entre los 19° 17' 31.25" latitud norte, 99° 06' 09.92" longitud oeste, altitud 2235.115 m (Alva-Martínez, 1996).



Figura 4. Ubicación geográfica del área de estudio; Pista de remo y canotaje "Virgilio Uribe", Xochimilco, D. F. (Guía Roji de México)

El 19 de diciembre de 1966 se gestionó la construcción de la Pista de Remo y Canotaje "Virgilio Uribe" en Cuemanco, Xochimilco, que concluyó en agosto de 1967, con el propósito de ser usada durante los XIX Juegos Olímpicos de 1968. En su construcción se excavó un volumen de 652,500 m³, previo drenaje del terreno. Al canal principal y al de entrenamiento se les dio un talud revestido con material arcilloso y espesor promedio de 40 cm de fondo, los taludes se recubrieron con grava triturada de 2" a 3", que no permiten la erosión, lo que hace que las olas se suavicen. Hoy en día los taludes han desaparecido, incrementándose la erosión de las orillas. La construcción del canal tubo una duración de 6 meses.

Domínguez (1969), menciona que la Pista posee dos canales artificiales contruidos de bentonita. El canal principal mide 125 m de ancho por 2,200 m de largo y el canal de entrenamiento tiene 30 m de ancho por 1,200 m de largo y se encuentran orientados de norte a sur. Los vientos dominantes de la región son de sur a norte.

La batimetría demuestra que el canal principal tiene una profundidad promedio de 1.2 m en el extremo sur y 2.1 m en el extremo norte y el canal de entrenamiento una profundidad promedio de 2 m y se tiene un volumen aproximado de agua de 470,625.00 m³ (Figura 4).



Figura 5. Panorámica de la pista de remo y canotaje.

La Pista antes recibía agua de pozo y la calidad de su agua se podía mantener; ahora solo recibe agua de dos fuentes: pluvial que ocurre en los meses de julio hasta los inicios de octubre y desde 1994 agua de la planta tratadora de aguas negras del Cerro de la Estrella que se emplea para subir el nivel del agua en época de secas (Alva-Martínez, 1996). El agua potable con la que la pista se llenó se obtuvo de dos pozos de 350 m de profundidad. El volumen de agua necesaria para llenar la pista se obtuvo con un gasto de 80 lts/ seg y surtían también las aguas de las instalaciones (Domínguez, 1969). Ahora solo funciona uno de los pozos (DDF y DGPD, 1994).

La pista tiene diferentes problemas como: el aumento de la población de fitoplancton, posiblemente debido a una excesiva cantidad de nutrientes presentes en la pista, lo que ocasiona florecimientos de algas que han ocurrido de manera significativa en agosto y septiembre de 1994 y septiembre y octubre de 1995. El 22 y 23 de mayo de 1995 ocurrió una mortandad masiva de peces en la que alrededor de 400 peces murieron. Sin embargo, sin un estudio completo, no se pudieron determinar los elementos que produjeron esta mortandad (Alva-Martínez, 1996).

Aun así, continua el ingreso de materiales orgánicos e inorgánicos a la pista, tales como: hojas, polen, semillas, ramas de los árboles cercanos a la pista; excremento y orina de animales como vacas, chivos, ovejas, patos, golondrinas, diversas aves, los peces que habitan el canal y humanos; basura (latas, bolsas, envases, pañales, etc.) y alimentos arrojados al canal por los visitantes; polvo, proveniente de un camino de terracería, paralelo al canal; aceites y grasas provenientes de los motores de lanchas.

El día 23 de marzo de 1995 se realizó una práctica evaluatoria en la pista por el personal de guardiamarinas de la Infantería de Marina "Promoción 94-95" a cargo de la M. en C. Rivero Catalina, que dio los siguientes resultados: los sedimentos predominantes fueron limos y arcillas; mientras que el análisis de plancton presentó algunas algas de los géneros *Scenedesmus*, *Nitzschia*, *Navicula* y *Ankistrodesmis*; protozoarios del género *Vorticella* y rotíferos en abundancia.

La pista se caracterizó por presentar un gran contenido de bacterias (en este informe no se mencionó la cantidad). El canal presentó muy poca profundidad (en promedio 2 m) y una abundante sedimentación que, aunada a los elevados porcentajes de materia orgánica, propician la proliferación de bacterias químio-sintéticas, que le confieren al sedimento, el característico olor a azufre (Alva-Martínez, 1996).

En relación con la masa de agua, se concluyó que se encuentra en un avanzado proceso de eutroficación, ya que los valores de oxígeno disuelto resultaron característicos de aguas casi anóxicas. Hay una marcada diferencia térmica entre la superficie (14 °C- 24 °C) y el fondo (7 °C – 15 °C), lo que hace suponer que el intercambio entre esas dos capas es por difusión y no por movimientos de la masa de agua (Alva-Martínez, 1996).

El clima, según la clasificación establecida por Köppen, es templado subhúmedo (lluvioso). La temperatura media anual es de 22°C y la máxima promedio de 23.9°C, la mínima promedio es de 9.2°C y la precipitación anual es de 869 mm. Las lluvias tienen lugar principalmente durante la estación de verano y otoño. Las precipitaciones están asociadas con ciclones tropicales (Bermeo, 1990).

ANTECEDENTES

ESTUDIOS SOBRE CAMBÁRIDOS EN MÉXICO

En 1948, el Doctor A. Villalobos realizó estudios sobre los cambáridos mexicanos, donde describió una nueva especie del género *Procambarus*, *P. acanthophorus* (Villalobos, 1948), siendo el pionero de las investigaciones de la familia Cambaridae en México. Durante las siguientes décadas describió nuevas especies habitantes de varios estados de la Republica Mexicana (Villalobos, 1954, 1955, 1982, 1983). Asimismo, Hobbs efectuó un sinúmero de investigaciones sobre la misma familia, incrementando los conocimientos acerca de los cambarinos que se encuentran tanto en México como en todo Norteamérica. En 1981 Villalobos y Hobbs de la Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa, contribuyeron con la descripción de nuevas especies de cambarinos con un trabajo que realizaron en el lago de Chapala en el Estado de Jalisco. Estos autores encontraron dos especies distintas que habitaban el mismo lago pero en diferentes nichos ecológicos, estas especies fueron *Cambarellus chapalanus* y *C. prolixus*, las cuales se diferencian por la longitud del ácumen (Villalobos y Hobbs.,1981).

Actualmente se efectúan en el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México y en la Universidad Autónoma Metropolitana, nuevos avances sobre el conocimiento de esta familia, donde se incrementan el número de especies nuevas y aportan datos sobre patrones de distribución, relaciones filogenéticas, fisiología y aspectos ecológicos (Rojas, *et al.*, 2002).

Rojas en 1998 realizó la revisión taxonómica de ocho especies del género *Procambarus* (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) del centro de Veracruz, México. Igualmente, Rojas *et al.* (1999, 2000), describieron nuevas especies de acociles del género *Procambarus* (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) de las inmediaciones de Orizaba y del lago de Catemaco del Estado de Veracruz, México.

Arana Magallón *et al.* (1998), realizaron una investigación sobre *C. montezumae* en tres embalses del Estado de Tlaxcala donde efectuaron una revisión taxonómica de las especies de *Cambarellus* con el objetivo de encontrar la importancia que tienen estos organismos para la cadena alimenticia, ya que son depredadores activos transformando la materia orgánica de cuerpos de agua dulce, igualmente son significativos para la alimentación de los habitantes en las zonas rurales.

Zambrano e Hinojosa (1998), establecieron una relación entre la distribución del acocil (*Cambarellus montezumae lemnensis*) y la presencia de la carpa (*Cyprinus carpio*) en embalses del alto Lerma. Concluyeron que los embalses de bordos son importantes para mantener a la población de los acociles del género *Cambarellus*, puesto que debido a la contaminación de ríos y lagos, los embalses de bordos son el hábitat perfecto para conservar a estos crustáceos.

Por otro lado, Moles y Tistler (1995), realizaron un listado del género *Cambarellus* y *Procambarus* de los cuerpos de agua dulce que se encuentran en los estados del centro de la República Mexicana, donde reportaron nueve especies, de las cuales siete pertenecen al género *Cambarellus* y dos a *Procambarus*. *Cambarellus montezumae* fue el más representativo debido a la abundancia y a su amplia distribución.

En el año de 1996, en la Facultad de Ciencias, UNAM, se elaboró un cultivo de acociles utilizando a *C. montezumae* y a *Procambarus clarkii* con la finalidad de establecer un comercio en la industria alimenticia (Castañón *et al.*, 1996).

Respecto a la fisiología, Talavera *et al.* (1995) realizaron una investigación sobre el ganglio cerebral de *C. montezumae*, en el cual localizaron una enzima denominada NADPH – diaphorasa; dicha enzima, presente en las regiones cerebrales, sugiere que el óxido nítrico esta envuelto en los sensores aferentes primarios de este acocil.

Asimismo, Ramírez – Domínguez *et al.* (2002), utilizaron a *C. montezumae* para observar como trabaja la toxina (Cn11), obtenida en los canales de sodio (Na⁺) de los escorpiones, concluyeron que dicha enzima bloquea los canales de sodio en las neuronas de los acociles, la cual es mortal para estos individuos.

EL CANAL DE CUEMANCO

En cuanto a la pista de remo y canotaje “Virgilio Uribe”, Domínguez (1969) menciona que para mantener el cuerpo de agua de la pista se deberían considerar las siguientes recomendaciones:

- a) Controlar el nivel actual del agua, para que no cambie la presión que el agua ejerce sobre la pista.
- b) Controlar la vegetación del fondo.
- c) Controlar el crecimiento de la población de las algas filamentosas flotantes.
- d) Evitar la contaminación por microfitos del canal contiguo.

Estas recomendaciones se siguieron por varios años; sin embargo, cuando la pista quedó bajo la custodia de la Secretaría de Marina, en este momento la atención a la calidad del cuerpo de agua se limitaba a corregir cualquier efecto negativo por medio de la disolución: bajar el nivel del agua y reincorporar agua de mejor calidad para llevarla a su nivel. Asimismo, se alimentaba a los peces con pasto que era cortado en la pista. Después de quince años la instalación volvió a ser mantenida por el Departamento del Distrito Federal en el año de 1985 (Alva-Martínez, 1996).

En el periodo de 1988 a 1992, por el descuido o el desconocimiento de la actividad biológica que sufría el cuerpo de agua, la pista comenzó a tener un gran florecimiento de algas macrofitas, tanto rizoides sumergidos, como algas que se presentaban sobre la superficie, lo cual impedía el libre desarrollo de la actividad de remo y canotaje.

Incluso el uso de la pista era de solo 1500 m a lo largo, debido a que más allá de esta distancia era impenetrable con los botes por la gran cantidad de algas que emergían del fondo a la superficie. Cabe mencionar que en este periodo de tiempo surgieron algas macrofitas, debido a la mayor transparencia del agua. También había mayor cantidad de fauna, se encontraban: tortugas, ajolotes, ranas, víboras de agua y acociles, entre otros. La calidad del agua era mejor, cuando menos para mantener esta diversidad de vida pero no para la actividad de remo y canotaje.

Durante la década pasada surgieron problemas en la pista como los dio a conocer el periódico Novedades el 22 de febrero de 1992, que describió la pista "Virgilio Uribe" como: "descuidada y apestosa". La falta de mantenimiento que se le daba a la pista se mencionaba en este artículo.

En 1994, cuando la pista fue elegida como sede para el Mundial de Canotaje de 1994, se elaboraron planes para mejorar la calidad del agua. El 14 de abril de 1994, PRODDF dio su criterio para el requerimiento de un sistema de conservación de calidad del agua de la pista.

Durante este tiempo se hicieron diversos estudios, tanto de agua como de sedimento, donde se sugirió que:

- a) La contaminación bacteriana actual rebasa la establecida por la SSA de 50 colonias de bacterias por centímetro cúbico para aguas recreativas.
- b) Un sistema de tratamiento químico deberá estar en función de la flora y fauna del canal de la pista.
- c) Los puntos que alteran la calidad son: 1) falta de oxigenación del agua; 2) falta de cloración del agua; 3) ingreso de heces (humana y animal); 4) ingreso de detergentes.

Se observó que el único suministro de agua fresca a la pista, es a través de un solo pozo, que administra la Secretaría de Marina, el cual suministra agua durante 4 horas diarias, de lunes a viernes, consiguientemente no se ha estudiado para ver si abastece la suficiente cantidad de agua, necesaria para algún mejoramiento.

Los estudios de calidad del agua y de eutrofización elaborados por PRODDF (1994), Rivero (1995), DGCOH (1996), Alva-Martínez (1996), Montoya (1997) y Alva-Martínez y Ruiz (1998), coinciden en encontrar la Pista en un estado eutrófico.

Del 31 de marzo al 3 de abril de 1998 en la Pista de Remo y Canotaje se presentó una mortandad masiva de peces y de otros organismos acuáticos (quironómidos y copépodos). El total de peces muertos fue de 1602. Se realizaron análisis *postmortem*, anatómicos y de contenido de minerales en tejido de dos peces en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM; determinando en hepatopáncreas las concentraciones de los siguientes elementos: mercurio (Hg) 263.5 ppb, selenio (Se) 823.4 ppb, sodio (Na) 698.3 ppb.

Se concluyó que la mortandad fue la respuesta de los organismos a la elevada concentración de cloro residual (2mg/l) que se incorporó a la pista proveniente del afluente de la planta tratadora de agua del Cerro de la Estrella y al estado de anoxia que presentó el cuerpo de agua, asimismo de la falta de cambio periódico del agua (Alva-Martínez y Millan, 1998).

Hoy en día la pista permanece en estado eutrófico, sin embargo, se continúan realizando estudios sobre la calidad de agua y biodiversidad con el objetivo de efectuar alguna biomanipulación para la regeneración del ecosistema.

OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio poblacional de *Cambarellus montezumae* en la Pista de Remo y Canotaje "Virgilio Uribe", Xochimilco.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Evaluar la tasa de crecimiento, tallas de reproducción, proporción sexual, fecundidad e intensidad de reclutamiento en el sitio de estudio.
- Medir parámetros de la calidad del agua (temperatura, concentración de oxígeno disuelto y pH) en los sectores de muestreo.
- Evaluar si los parámetros poblacionales se pueden asociar a los parámetros de calidad del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

MUESTREO

Se diseñó un programa de 12 muestreos quincenales para la colecta de acociles, *Cambarellus montezumae*, en el canal de Cuemanco, los cuales se iniciaron el 30 de octubre de 2001 y concluyeron el 9 de mayo de 2002. Después de realizar un reconocimiento de todo el canal, se determinó la estación de muestreo en el canal de entrenamiento (Figura 5). Para hacer las muestras comparables, se estandarizó el esfuerzo de colecta, tomándose muestras con una red de cuchara durante una hora en la orilla y sobre la superficie del cuerpo acuático. Se empleó un oxímetro (Orión) para medir tanto la cantidad de oxígeno disuelto en agua como la temperatura de ésta y se midió el pH en el laboratorio (pH-metro Corning 430). Las muestras de acociles se guardaron en frascos, en los cuales se colocó alcohol al 70% para preservar a los organismos para su posterior estudio.

Posteriormente, se realizó en cada uno de los individuos un análisis morfométrico de tres variables, para lo que se utilizó un vernier con precisión de 0.5 mm para organismos mayores de 15mm y un ocular graduado (1X y 2X) en un microscopio estereoscópico Olympus SZH-10 para organismos menores de 15 mm. Las variables fueron la longitud total, la cual se mide desde la punta del ácumen (parte media anterior donde termina el rostro) hasta la punta del telson; la longitud del abdomen que se considera desde el borde posterior del caparazón hasta el borde posterior del telson; y la longitud del cefalotórax, que se mide desde la parte media posterior del caparazón hasta la punta del acumen (Figura 6).

Los organismos fueron sexados y se determinó el estadio del ciclo de vida del macho (juvenil, forma I, forma II) de acuerdo al desarrollo de los procesos apicales del primer par de pleópodos y de los ganchos de los isquios del tercer y cuarto pares de pereiópodos (Rojas, 2003).

Adicionalmente, se midió a las hembras ovígeras y para la estimación de la fecundidad se contó el número de huevos obteniéndose el diámetro de 5 huevos por puesta, se utilizó el microscopio de disección y una regilla micrométrica.

Algunas hembras capturadas en cópula se mantuvieron en el laboratorio, hasta que los huevecillos fueron depositados en los pleópodos. Esto se realizó con el fin de aumentar el tamaño de muestra de hembras ovígeras, ya que los huevos fueron colectados en raras ocasiones.

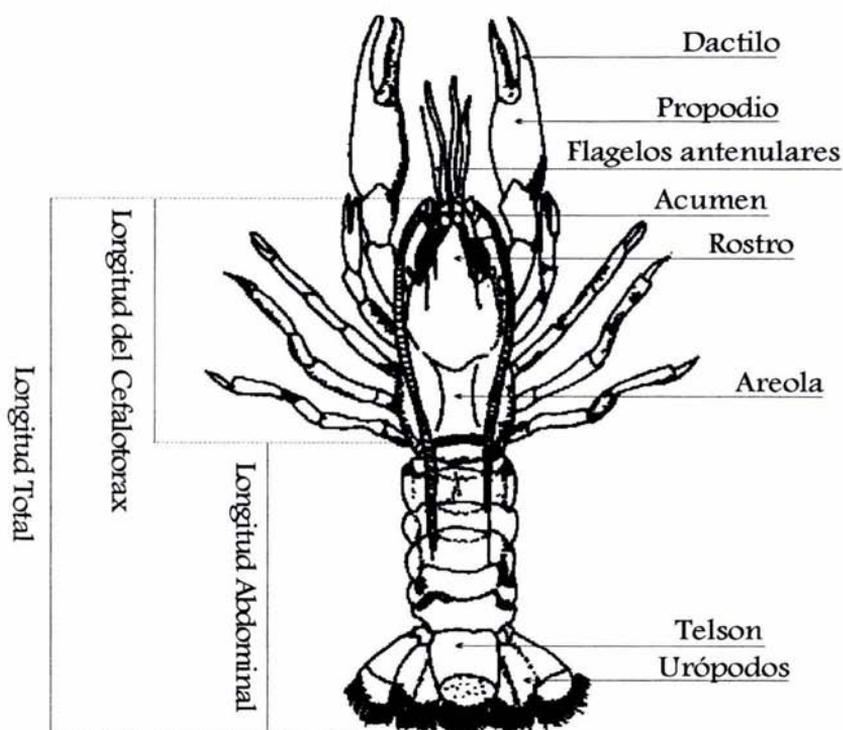


Figura 6. Caracteres morfológicos y merísticos de *Cambarellus montezumae*, (Rojas, 1998)

ÁNALISIS ESTADÍSTICO

Para determinar la relación entre los parámetros abióticos (temperatura, pH y concentración de oxígeno disuelto) sobre la abundancia de organismos se realizaron ajustes lineales por el método de mínimos cuadrados. A partir el coeficiente de correlación se estableció si existía de manera significativa (Rohlf y Sokal, 1969). Se utilizó un modelo de regresión lineal para observar el comportamiento de la fecundidad (número de huevos) con respecto a la talla de la hembra.

El análisis de crecimiento se realizó con el método de progresión modal, es decir, siguiendo las modas en muestreos subsecuentes para determinar el crecimiento de una cohorte a través del tiempo. La composición por tallas se obtuvo al graficar los datos de frecuencia en clases de talla de 3 mm. El intervalo de clase se fijó de tal manera que redujera la dispersión de los datos.

Para identificar las modas en cada distribución por talla, representados gráficamente en histograma, se descompuso la distribución en sus componentes gaussianos siguiendo el método de Battacharya. Este método se basa en graficar el punto medio del intervalo de clase contra \log_{10} de la diferencia del número total de las dos clases contiguas (delta de clases). Al graficar entonces el punto medio contra el delta (Δ) de clases dentro de cada componente gaussiano, se van obteniendo cada vez valores menores hasta volverse negativos.

Cuando el siguiente valor es positivo o mucho más grande que el anterior, es decir la tendencia cambia de signo, ese es el límite del componente gaussiano y su moda está en el punto en el cual la trayectoria paso de positiva a negativa (Battacharya, 1967). Una vez obtenidas las modas para todas las distribuciones de talla, se procedió hacer ajustes lineales que consideraran por lo menos tres puntos consecutivos y en los que la pendiente no rebasara una tasa de crecimiento de 10 mm/mes.

La tasa de crecimiento máxima de 10 mm/mes se adoptó considerando otros estudios realizados con *Procambarus clarkii*, en los cuales los organismos maduraron en 6 meses y presentaron esta tasa máxima de crecimiento (Sánchez-Saavedra *et al.*, 1993; Holdich, 2002).

RESULTADOS

ABUNDANCIA

Se capturaron 668 organismos a lo largo de los 12 muestreos; de los cuales 381 fueron hembras y 287 machos, se obtuvo una proporción de 1:1.32. El mayor número de individuos se capturó en el mes de octubre del 2001 con 122 organismos en total, lo cual correspondió a la primera colecta; y en el mes de febrero y mayo del 2002 se obtuvo el menor número de especímenes con un total de 31 individuos (Figura 7). La población de individuos varía en todas las muestras, sin embargo, en la mayoría de las colectas se mantiene una constante entre 31 y 76 individuos. Solamente en la primera muestra se aprecia una cantidad mayor a esta constante.

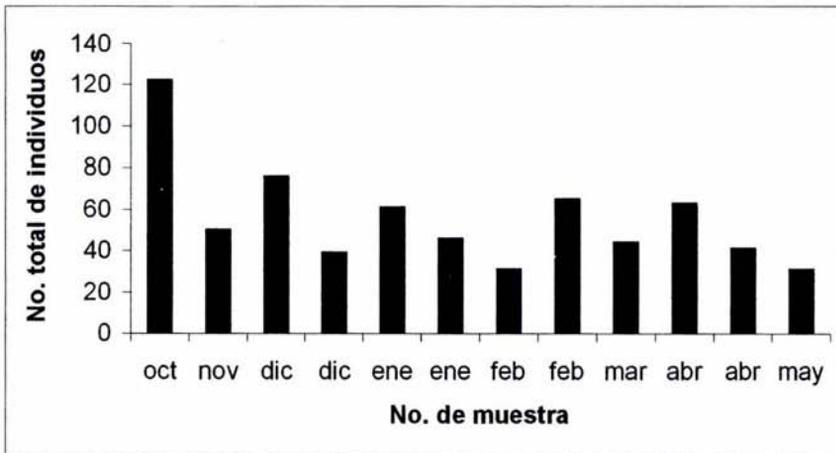


Figura 7. Número total de individuos de *Cambarellus montezumae* colectados.

COMPOSICIÓN DE TALLAS

Las tallas de los organismos capturados variaron desde 2.1 mm hasta 41.5 mm (LT) siendo las clases más abundantes de 12 a 18 mm (Figura 8).

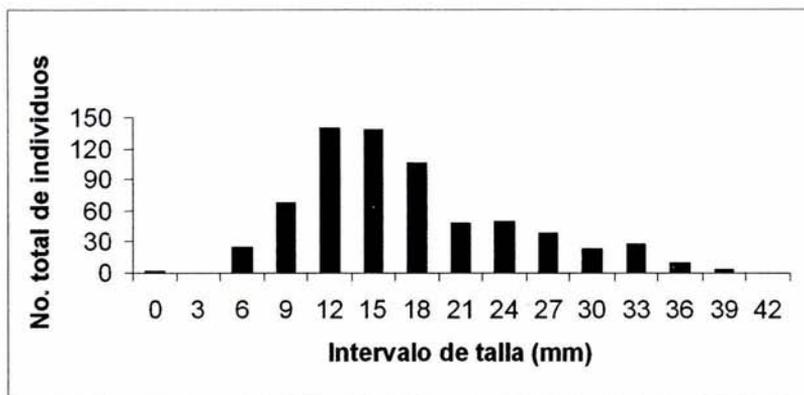


Figura 8. Distribución por talla de la población total de *Cambarellus montezumae*.

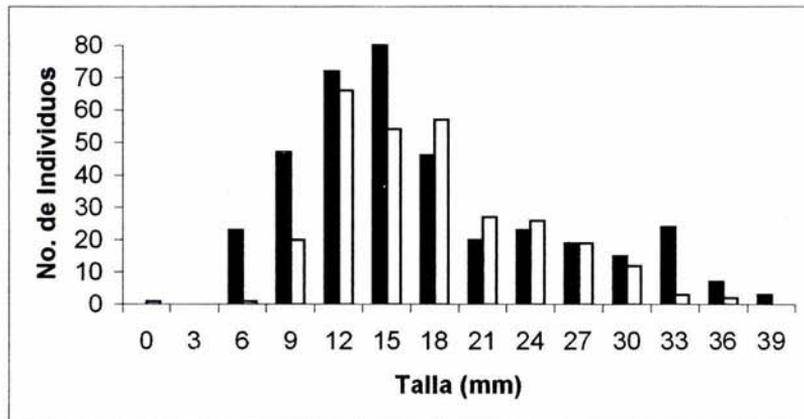


Figura 9. Talla de hembras y machos de *C. montezumae*
Distribución por talla de hembras (columna negra) y machos (columna blanca) de la población total de *C. montezumae*.

En cuanto a los diferentes estadios de los machos, de 2.1 mm a 25.8 mm (LT) fueron juveniles, de 16.6 mm a 30.6 mm (LT) correspondieron a los machos forma II, y finalmente de 21.1 mm a 36.9 mm (LT) perteneció a los machos forma I. Los machos juveniles se presentaron en todo el periodo de muestreo, no obstante hubo una reducción en los meses de febrero, abril y mayo, mientras que en el transcurso de octubre a enero se localizó el mayor número de estos individuos. En cuanto a los machos forma I y forma II, al igual que los juveniles, siempre se encontraron en cada una de las muestras, aunque en menor número con respecto a los machos juveniles, sin embargo su número ascendió particularmente en el periodo de febrero-abril (Figura 10).

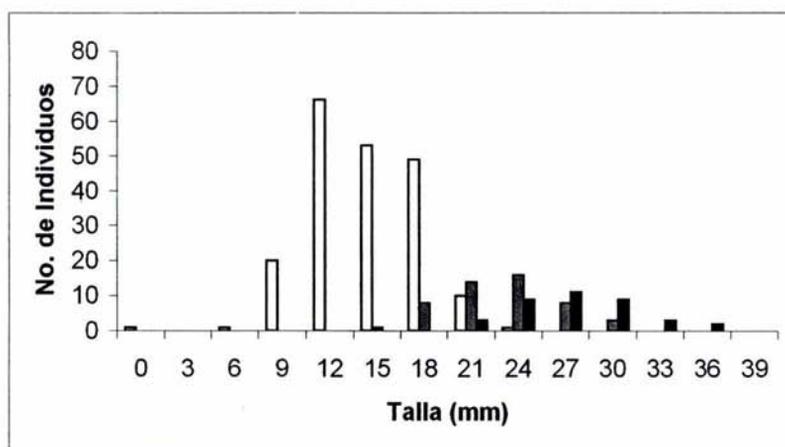


Figura 10. Proporción de machos de *C. montezumae*. Proporción de machos de *C. montezumae* por intervalos de tres milímetros. Las columnas en blanco señalan a los machos juveniles, las columnas de color gris muestran a los machos forma II y las de color negro determinan a los machos forma I.

En lo que respecta a las hembras su talla varió de 6.1mm a 41.5mm (LT) (Figura 11). Las hembras más grandes (38mm a 41.5mm) aparecen en los meses de febrero, marzo y abril. En cuanto las hembras ovígeras, éstas fueron encontradas en los meses de enero, febrero, marzo, octubre y noviembre, su talla varió de 30.2 mm a 40.4 mm con un promedio de 36.04 (LT) y su fecundidad fluctuó de 6 a 118 huevecillos (promedio = 64 huevos) a nivel poblacional. El diámetro de los huevecillos fue de 1.25 mm a 1.55 mm, el cual solo variaba de 0.1 - 0.2mm de diámetro de un huevo a otro pertenecientes a una misma hembra; la mayoría de los huevos fueron esféricos, sin embargo se encontraron algunos ovales, el promedio de éstos fue de 1.46 x 1.55 (Figura 12).

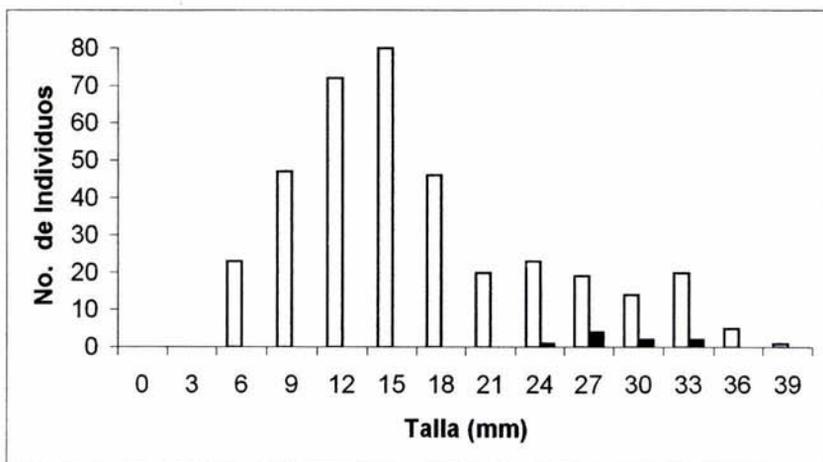


Figura 11. Proporción de hembras de *C. montezumae*. Proporción de hembras de *C. montezumae* por intervalos de tres milímetros. Las columnas en negro señalan a las hembras ovígeras.

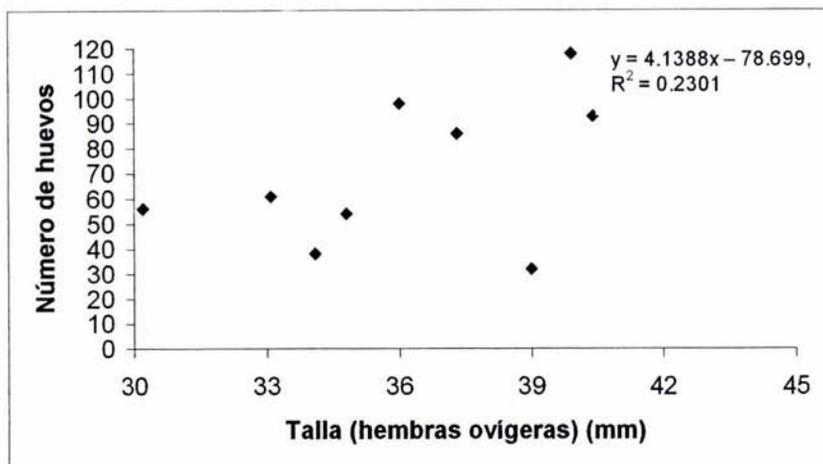


Figura 12. Relación de la talla de hembras ovígeras contra el número de huevos.

CRECIMIENTO

El análisis de crecimiento se realizó utilizando el método de progresión modal, que se representa gráficamente en las figuras 13 y 14.

En la figura 13 se representa el seguimiento en el tiempo de las modas con relación al análisis de Battacharya. Es decir, las distribuciones por talla han sido descompuestas en sus componentes gaussianos (campanas), representados por las rectas ajustadas. En la figura 14, se presenta el seguimiento de las mismas cohortes, pero en referencia a las distribuciones por talla (histogramas).

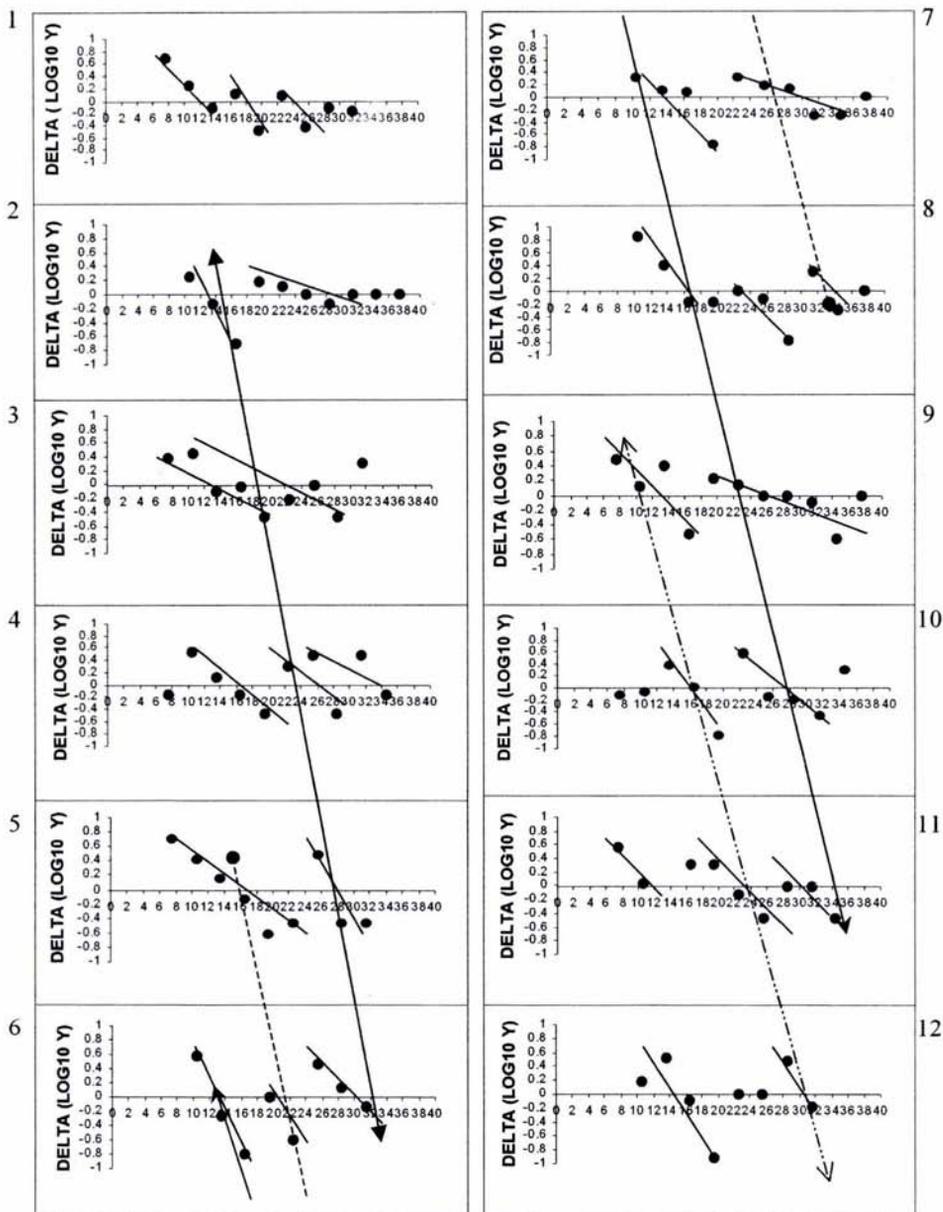


Figura 13. Gráficas de las diferencias logarítmicas de las frecuencias contra el punto medio de las clases.

Se representa el seguimiento de 4 cohortes (seguimiento de las modas): la primera va de la colecta 2 a la 6, la segunda de la muestra 5 a la 8 (flecha diamante), la tercera de la colecta 6 a la 11 (flecha) y la última de la muestra 9 a la 12 (línea punteada).

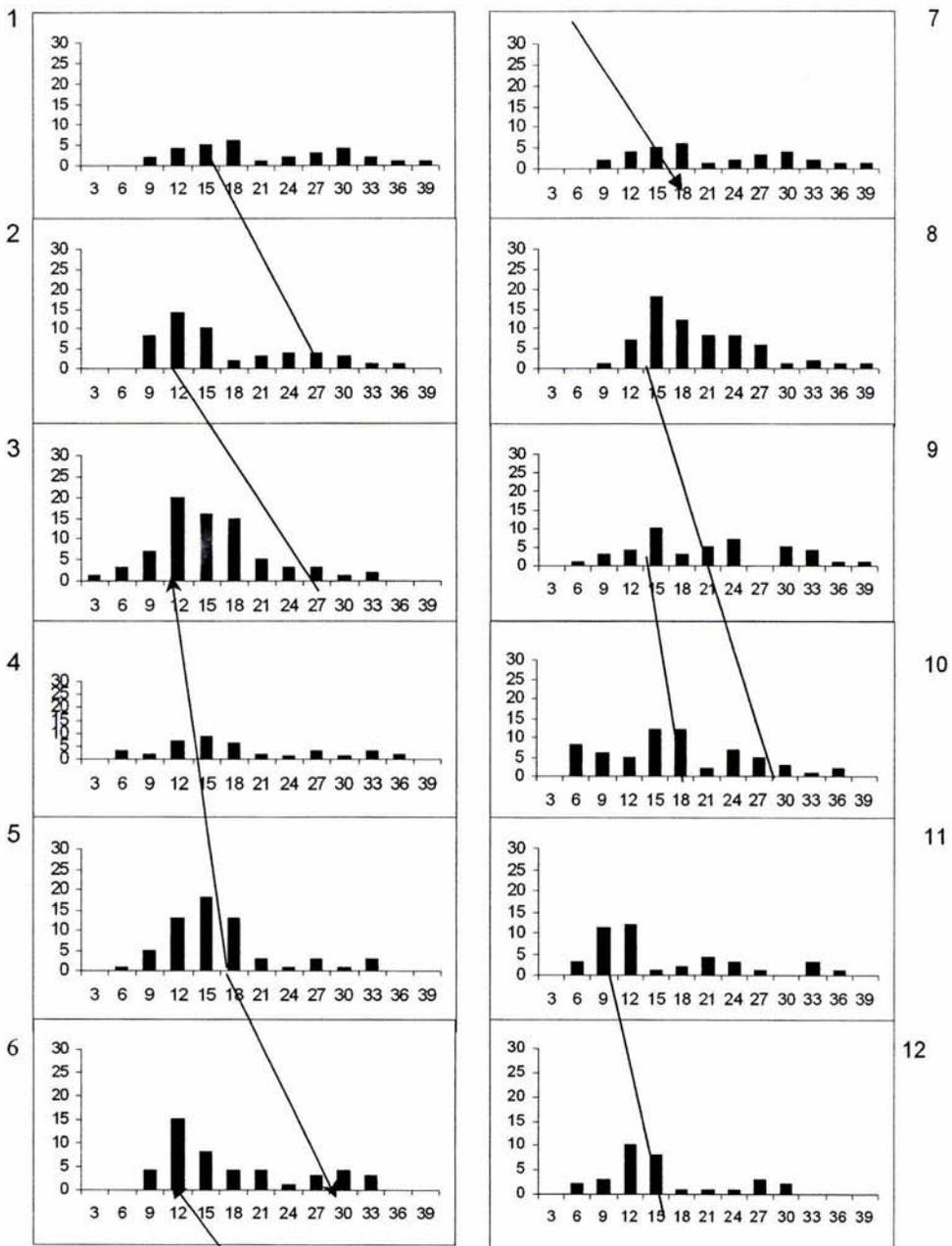


Figura 14. Seguimiento de las 4 cohortes
 Seguimiento de las 4 cohortes, identificadas, líneas ajustadas, en relación a la distribución por tallas
 obtenidas en las 12 muestras efectuadas.

Con los datos de las 4 cohortes se construyeron cuatro gráficas (Figura 15), para obtener la pendiente de las frecuencias con el propósito de conocer la tasa de crecimiento de *C. montezumae*. Esta tasa de crecimiento pertenece a la fase de crecimiento lineal cuando *C. montezumae* se encuentra tanto en la etapa juvenil como en la adulta. En estas gráficas se indican las pendientes de las frecuencias (Figura 15).

La primera cohorte se siguió durante 5 muestreos (90 días) de diciembre a febrero obteniéndose una tasa de crecimiento de 0.24 mm/día o 7.2 mm/mes (Figura 15A). La segunda cohorte se siguió durante 4 muestreos (45 días) en enero y febrero resultando en una tasa de crecimiento de 0.42 mm/día o 12.6 mm/mes (Figura 15B). La tercera cohorte seguida por 60 días de febrero a abril representa una tasa de crecimiento de 0.22 mm/día o 6.6 mm/mes. Finalmente, la cuarta cohorte, seguida de marzo a mayo (60 días) representa una tasa de crecimiento de 0.33 mm/día o 9.9 mm/mes. El promedio de las 4 tasas de crecimiento es de 0.30 mm/día o 9 mm/mes.

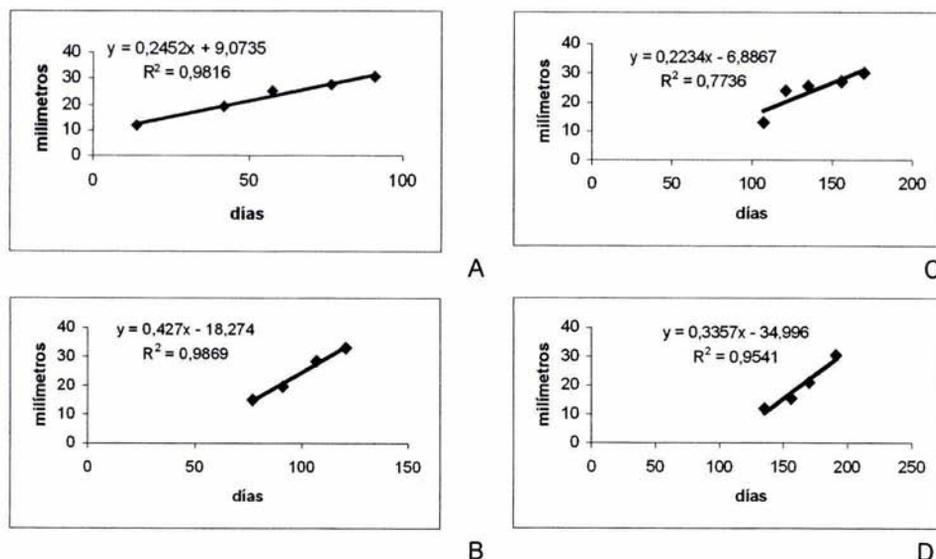


Figura 15. Ajustes de las 4 cohortes identificadas

Ajustes de las 4 cohortes identificadas, de los cuales se desprenden las 4 tasas de crecimiento obtenidas: a) 0.24 mm/día, b) 0.42 mm/día, c) 0.22 mm/día y d) 0.33 mm/día.

PARÁMETROS ABIÓTICOS

En la zona de estudio (Figura 16) se cuantificaron la variación de los parámetros abióticos registrándose lo siguiente: el pH varió entre 8.4 en noviembre y 10.13 en diciembre, con un promedio de 9.5; la concentración de oxígeno disuelto fluctuó entre 0.25 mgO₂/l en abril y 19.5 mgO₂/l en diciembre, con un promedio de 5.03 mgO₂/l; por ultimo, la temperatura del agua fluctuó de 13.1° C en enero a 25.3° C en abril con un promedio de 19.3° C, por lo cual el cuerpo de agua en estudio se considera dentro de la categoría de las aguas templadas (Figura 17). La abundancia de los organismos no se relacionó con ninguno de los tres parámetros ambientales considerados (pH, R² = 0.0719; oxígeno disuelto, R² = 0.001; temperatura, R² = 0.0374) (Figura 18).



Figura 16. Cuerpo de agua de la pista de remo y canotaje.

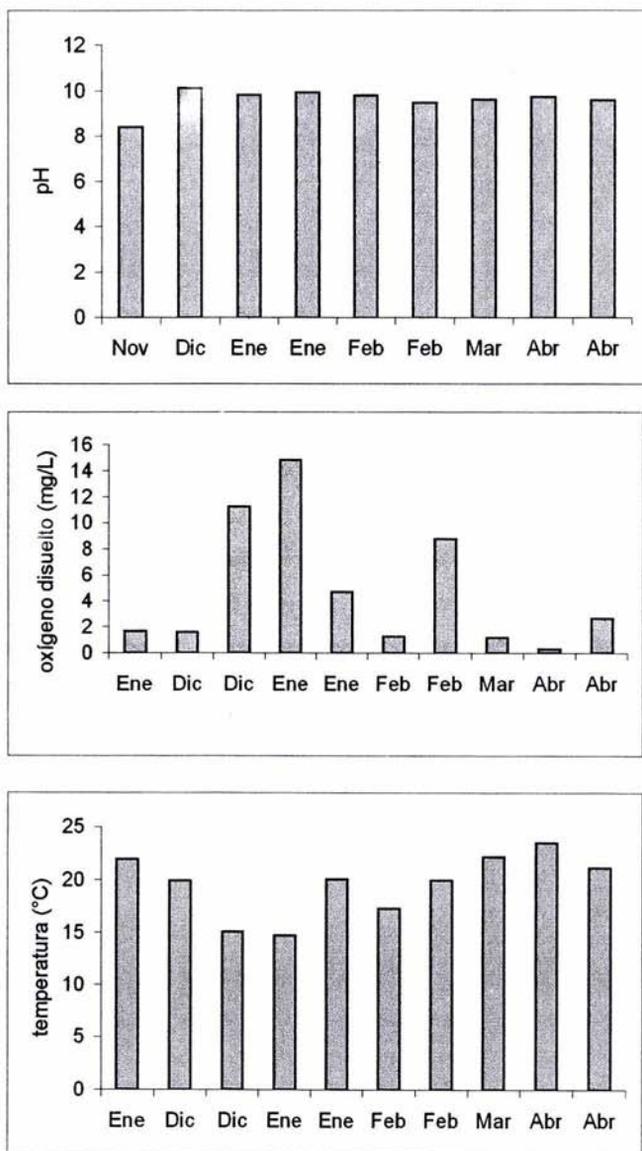


Figura 17. Relación entre el tiempo y los parámetros abióticos
 Se observa la relación que existe entre el tiempo y los parámetros abióticos: A) pH, B) oxígeno disuelto y C) temperatura, con respecto al tiempo.

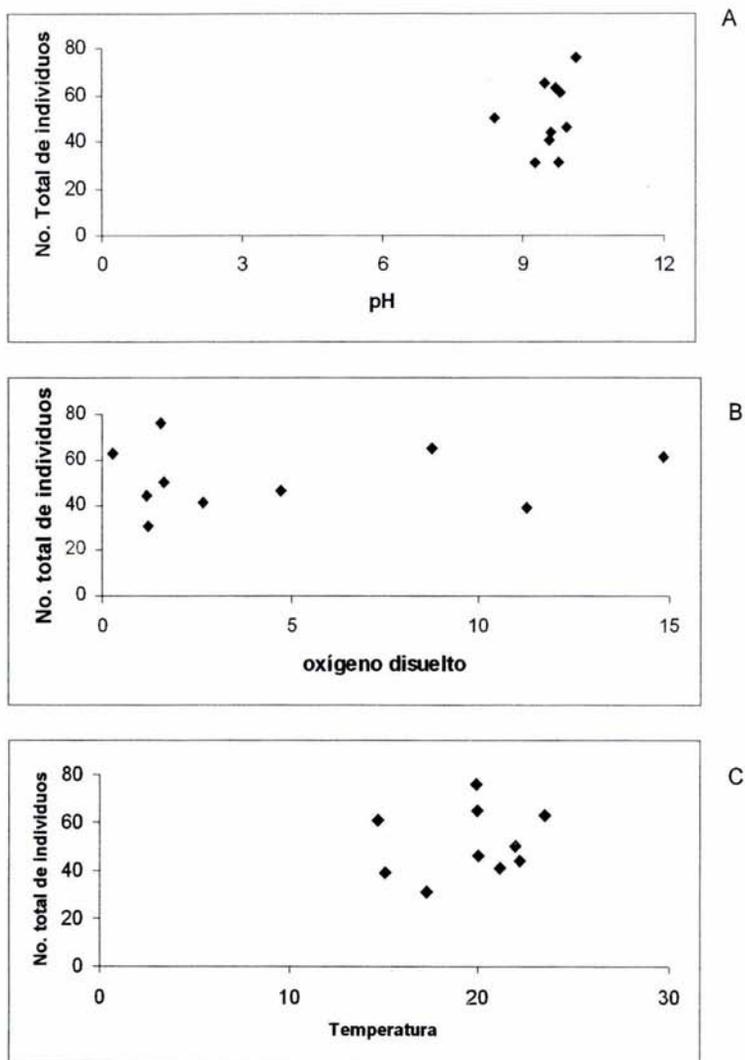


Figura 18. Comportamiento de los parámetros abióticos
 A) pH, B) oxígeno disuelto y C) temperatura, con respecto al número total de individuos.

DISCUSIÓN

Se presentan por primera vez datos sobre parámetros poblacionales básicos de *C. montezumae* obtenidos en la pista de Remo y Canotaje "Virgilio Uribe", Xochimilco, D. F. A pesar de que *C. montezumae* es quizá la especie de crustáceos decápodo dulceacuícola con una mayor área de distribución en México, se tienen muy pocos estudios sobre su biología. Contrasta con esta falta de información, el grado de explotación a que es sujeta esta especie en numerosos lugares.

Dentro de los canales de Xochimilco, *C. montezumae* puede ser una de las especies dominantes de invertebrados nativos. Como se mostró en este estudio, los acociles estuvieron siempre presentes durante el invierno, que fue el periodo que se cubrió completamente con el muestreo. La abundancia de acociles, aunque tuvo valores bajos, siempre se mantuvo por arriba de 30 individuos hasta un máximo de 120. Hay que considerar que se muestreó tan solo una zona de orilla del canal de entrenamiento de Cuemanco de aproximadamente 1,100 m de largo por 1 m de ancho. Si se considera que hay varias decenas de kilómetros de canales en el sistema Xochimilco, esto puede sugerir que *C. montezumae* es realmente una especie abundante a lo largo de las orillas de los canales, donde exista vegetación riparia. Desafortunadamente no existe ningún dato previo sobre abundancia y su variación a lo largo del año para *C. montezumae* con el cual se pueden hacer comparaciones.

En la composición de tallas de *C. montezumae* por muestreo se aprecia que se capturaron organismos de entre 3 y 6 mm de LT, mientras que en la mitad de los muestreos se obtuvieron organismos de entre 6 y 9 mm de LT y en cinco muestreos organismos de 9 a 12 mm de LT. El patrón sugiere entonces que a lo largo del estudio, hubo reclutamiento constante de organismos. Aunado a esto, se encontraron hembras ovígeras en 5 meses distintos (octubre, noviembre, enero, febrero y marzo) demostrando una reproducción continua a lo largo del periodo estudiado.

Con respecto a los machos, en todas las muestras se encontraron tanto machos juveniles como machos forma I y II. Este patrón sugiere que no existe estacionalidad en los patrones de reproducción de la especie. Quizá la reproducción se acentúa durante el verano, pero ciertamente ocurre todo el año. Es importante señalar que los machos forma II tienen tallas intermedias entre los machos juveniles y los machos forma I. De esta forma, se puede pensar que los machos de *C. montazumae* pasan por la forma II solo una vez durante el ciclo de vida. En otras especies, los machos pueden mudar de forma I a forma II durante épocas en que no habrá reproducción, de tal manera que los machos forma II pueden tener las tallas más grandes (Holdich, 2002).

Con respecto a las hembras, Holdich (2002) menciona que pueden ser hembras ovígeras a partir de los 24 mm, sugiriendo también que esta es la talla de la primera reproducción, sin embargo en este estudio las hembras ovígeras que se encontraron tenían una longitud total entre 30.2 y 40.4 mm por lo que podrían influir los nutrientes que se encuentran en el cuerpo de agua en la talla de los individuos. El bajo número de hembras ovígeras encontradas se puede deber a que éstas se esconden en madrigueras profundas para proteger los huevecillos, de tal manera que es difícil colectarlas. La escasez de hembras ovígeras en las muestras de acociles de otras especies, muestra que este posible comportamiento se comparte en todo el grupo.

El diámetro de huevo mostró una variación reducida de 1.25 a 1.55 mm, cuya forma en su mayoría es esférica. Se colectaron hembras portando huevecillos en varias etapas de madurez, los primeros fueron amarillos, luego cambiaron a rojos y finalmente negros u oscuros (Figura 2b). El número de huevecillos en la puesta varió considerablemente de 6 a 118 huevos. Es muy probable que las hembras con bajo número de huevos hallan perdido un alto porcentaje de ellos durante el muestreo. Por lo que, con esta amplia variación atribuida al muestreo, no se obtuvo una relación significativa entre la fecundidad y la talla de las hembras.

El valor de fecundidad máxima obtenido en este estudio es comparable al reportado por Arana-Magallón *et al.* (1998) quienes encuentran una fecundidad máxima de 124 huevecillos en hembras que alcanzaron los 50 mm de LT, en las Presas de Atlangatepec, Apizaquito y Buenavista en el Estado de Tlaxcala.

Con respecto al crecimiento, se pudo calcular 4 tasas a partir del análisis de progresión modal, cada una corresponde a una cohorte diferente. Los valores de la tasa de crecimiento fluctuaron entre 0.24 y 0.42 mm por día, con un promedio de 0.30 mm/día, lo que equivale a 9 mm/mes. La primera consideración es que se tomaron como referencia los datos de Sánchez-Saavedra (1993) y de Holdich (2002) para calibrar las tasas de crecimiento. Se consideró que la tasa máxima estaría alrededor de 10 mm/mes y que la talla de madurez se conseguiría en 6 meses. Para corroborar que las tasas obtenidas en este estudio en realidad reflejan la tasa de crecimiento real de *C. montezumae*, se requieren ensayos en el laboratorio en donde se mida el crecimiento directamente.

Los resultados del análisis de crecimiento sugieren que los acociles de la pista Remo y Canotaje, pueden alcanzar la talla madura tanto en hembras como en machos en 58 días. Esto considerando una tasa promedio de crecimiento de 0.31 mm/día y una talla de eclosión de 3 mm de longitud total. Asimismo deben pasar 67 días para que una hembra tenga la talla de las ovígeras y 60 días para que un macho pueda convertirse en f l. Esto sugiere que la talla mínima de captura debería estar por arriba de 30 mm para permitir que todos los organismos tuvieran al menos una oportunidad de reproducción.

Con respecto a la calidad del agua, a partir de los resultados obtenidos, se puede concluir que los tres parámetros considerados no tienen un impacto significativo sobre la abundancia o presencia de *C. montezumae*. Igualmente Arana Magallón (1998) reporta condiciones físico-químicas similares en su estudio realizado con la misma especie.

El oxígeno disuelto en las aguas someras de las presas osciló entre los 5 y los 7.5 mg/l con un promedio de 6 mg/l; en tanto al pH se obtuvieron valores entre 7.6 y 9 manteniendo un promedio de 8 la mayor parte del año, lo cual es comparable con los valores obtenidos en la presente Tesis. En cambio en la temperatura, en el estudio de los tres embalses, se obtiene un promedio de 17 a 18 ° C con una mínima de 10° C y una máxima de 25° C lo cual sugiere que *C. montezumae* puede desarrollarse en temperaturas muy bajas.

Holdich (2002) menciona que varias especies de acociles (*Cambarus robustus*, *C. bartonii* y *Orconectes propinquus*) no pueden sobrevivir en cuerpos de agua con un pH ácido (por ejemplo, *C. bartonii* y *Orconectes propinquus* no se presentan a un pH menor a 5.6 y *Cambarus robustus* no se presenta en un rango de 4.7-5.6). En contraste, las poblaciones de estas especies eran abundantes cuando el pH tenía un rango de 7.5 a 7.9. Asimismo, sugiere que el gradiente de las concentraciones de oxígeno disuelto (0.7 mg/l – 6 mg/l) afecta la distribución de tres especies de acociles (*Orconectes spinosus* y *Cambarus spp.*), las cuales estaban presentes sí la concentración de oxígeno disuelto era mayor a 6 mg/l, no obstante al disminuir por debajo de 1.6 mg/l solo una de las especies de *Cambarus* se presentaba, igualmente las tres especies estaban ausentes sí la concentración de oxígeno disuelto era menor a 0.7 mg/l.

Se sabe que la vegetación riparia provee de refugio a muchas especies de cambáridos (Cambaridae y Parastacidae) como lo menciona Holdich (2002) y estas condiciones se pueden encontrar en los canales de Xochimilco, ya que a lo largo del canal hay abundancia de vegetación, lo cual sirve de refugio para *C. montezumae*.

CONCLUSIONES

1. Se capturaron 668 organismos de *C. montezumae*, de los cuales 381 fueron hembras y 287 machos, se obtuvo una proporción de 1:1.32.
2. La talla máxima de *Cambarellus montezumae* en la pista de Remo y Canotaje fue de 41.5 mm en hembras y de 36.9 en machos.
3. Las tallas de machos juveniles fueron de 2.1 mm a 25.8 mm, en machos f II de 16.6 mm a 30.6 mm y en machos f I de 21.1 mm a 36.9 mm.
4. Las tallas de las hembras variaron de 6.1 mm a 41.5 mm, donde la talla de las ovígeras fue de 30.2 mm a 40.4 mm.
5. La fecundidad varió de 6 a 118 huevos. Los huevos midieron 15.5 x 16.5 mm, 14.5 x 14 mm y 14 x 16 mm de diámetro en promedio.
6. Los parámetros abióticos considerados (oxígeno disuelto, temperatura y pH) no tuvieron un efecto significativo sobre la abundancia de *C. montezumae*.
 - 6.1 Se considera al cuerpo de agua en estado eutrófico.
7. El análisis de crecimiento sugiere que hay una tasa promedio de 0.31 mm/día.
8. La madurez sexual tanto en hembras como en machos se alcanzan en 58 días. Para que una hembra tenga la talla de las ovígeras tiene que pasar 67 días y 60 días para que un macho pueda modificarse a f I.
9. Se sugiere una talla mínima de captura por arriba de 30 mm para permitir que alcance la madurez sexual.

BIBLIOGRAFÍA

Alva-Martínez, A. 1996. *La calidad del agua en Pista de Remo y Canotaje "Virgilio Uribe"* México D. F. con base en el contenido de nutrimentos y factores físicos. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco, 35 p.

Alva-Martínez, A. y J. Ruiz. 1998. *Eutrofización cultural de la Pista Olímpica de Remo y Canotaje Virgilio Uribe, Xochimilco, D. F. México.* Memorias, Reunión Nacional Sobre Pequeños Embalses. 19 al 21 de agosto de 1998, D. F. México.

Alvarez, F y J. L. Villalobos. 1997. *Decapoda.* Pp. 433-438, In: E, González, R. Dirzo y R. Vogt (eds.). *Historia Natural de los Tuxtlas*, Instituto de Biología, UNAM.

Arana Magallón, F., R. Pérez Rodríguez y A. Malpica Sánchez. 1998. *Cambáridos de tres embalses del Estado de Tlaxcala, México (Crustacea: Decapoda).* Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 48: 23-35.

Battacharya, C. G. 1967. *A simple method of resolution of a distribution with gaussian components.* Biometrics 23(1):115-135.

Bermeo, A. 1990. *Diagnosis de las aguas de los canales de San Lorenzo Xochimilco mediante un modelo experimental de tratamiento de aguas residuales.* Trabajo modular. Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco, 32 p.

Castañon-Cervantes, O., E. G. Escamilla Chimal. y C. G. García Rivera. 1996. *El cultivo del acocil.* Ciencia y Desarrollo 22 (130): 76-80.

DDF - DGPD. 1994. Departamento del Distrito Federal y Dirección General de Promoción Deportiva, 1994. XXVI Campeonato Mundial de Canotaje México, 1994. *Reunión para análisis del proyecto de tratamiento y conservación de la calidad del agua de la Pista Olímpica de Remo y Canotaje "Virgilio Uribe"*.

DGCOH (Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica). 1996. *Reporte del monitoreo realizado en la pista Olímpica de Remo y Canotaje Virgilio Uribe*. Septiembre de 1996, México, D. F., 8 p.

Domínguez, M. 1969. "*Procedimiento de construcción de la Pista Olímpica de Xochimilco*" Tesis Profesional, Instituto Politécnico Nacional, México, 41 p.

Hammer, M. 1975. *Water and waste- water technology*. John Wiley and Sons, Inc. New York, USA.

Hobbs, H.H., Jr. 1974. *A checklist of the North and Middle American crayfishes (Decapoda: Astacidae and Cambaridae)*. Smithsonian Contributions to Zoology 166:1-161.

Hobbs, H.H., Jr. 1989. *An Illustrated Checklist of the American Crayfishes (Decapoda: Astacidae, Cambaridae and Parastacidae)*. Smithsonian Contributions to Zoology, 236 p.

Hobbs, H.H. 1991. Decapoda. Pp. 823-858, In: J.H. Thorp y A.P. Covich (eds.), *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. Academic Press, London.

Holdich, D.M. 2002. *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science, Oxford, England, 702 p.

Huner, J.V. y J.E. Barr. 1984. *Red swamp crawfish. Biology and exploitation*. Louisiana Sea Grant, Center for Wetland Resources, Louisiana State University, Baton Rouge, 78 p.

Hutchinson, G. 1973. *Eutrophication*. Scientific American 61 (3): 269 – 279.

Jain R., I. Urban y S. Stacey. 1977. *Environmental Impact Analysis (A new dimension in decision making)*. Van Nostrand Reinhold Company, USA.

Moles, Malf y T.B. Tistler, 1995. *A checklist of freshwater crayfishes in México (Decapoda: Cambaridae)*. Eighth International Symposium on Astacology. Louisiana State University. Baton Rouge, LA (USA).

Montoya, L. 1997. *Estudio del grado de eutroficación de la Pista de Remo y Canotaje Virgilio Uribe durante los periodos de invierno de 1996 a primavera de 1997*. Informe de Servicio Social, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. D.F., 66 p.

PRODDF (Promoción Deportiva del Distrito Federal). 1994. *Informe acerca del sistema de calidad del agua*. México, D. F. a 21 de abril de 1994.

Ramírez – Domínguez, M.E., T. Olamendi – Portugal, U. García, H. Aréchiga y L.D. Possani. 2002. *Cn11, the first example of a scorpion toxin that is a true blocker of Na super (+) currents in crayfish neurons*. Journal of Experimental Biology 205 (6): 869-876.

Rast W., D. Smith y J. Thornton. 1989. *Characteristics of eutrophication*. Chapter 4, In: The control of eutrophication of lakes and reservoirs. UNESCO. The Parthenon Publishing Group, USA.

Rivero, C. 1995. *Práctica Realizada en la Pista Olímpica de Remo y Canotaje "Virgilio Uribe"*. 23 de marzo de 1995, UAM, Unidad Xochimilco, D. F.

Rohlf, F. y R.R. Sokal. 1969. *Statistical Tables*. Second edition, W. H. Freeman and Company, New York, 219 p.

Rojas, Y. 1998. *Revisión taxonómica de ocho especies del género Procambarus (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) del centro de Veracruz, México.* Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, 158 p.

Rojas, Y. 2003. *Revisión taxonómica de las especies de Cambarellus (Cambarellus) (Crustacea: Decapoda: Astacidae: Cambaridae): Análisis morfológico.* Tesis maestría en Ciencias. Instituto de Biología, UNAM, 179p.

Rojas, Y., F. Alvarez y J.L. Villalobos. 1997. *Cambaridae (camaroncitos reculadores).* Pp. 405-409, In: E. González, R. Dirzo y R. Vogt (eds.). *Historia Natural de los Tuxtlas*, Instituto de Biología, UNAM.

Rojas, Y., F. Alvarez, y J.L. Villalobos. 1999. *A new species of crayfish of the genus Procambarus (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) from Veracruz, México.* *Proceedings of the Biological Society of Washington* 112(2):396-404.

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

Rojas, Y., F. Alvarez, y J.L. Villalobos. 2002. *Morphological variation in the crayfish Cambarellus (Cambarellus) montezumae (Crustacea: Decapoda: Cambaridae).* Pp. 311-317, In: E. Escobar-Briones & F. Alvarez (eds.), *Modern Approaches to the study of Crustacea*, Kluwer Academic/ Plenum Publishers, New York, New York, USA.

Sánchez-Saavedra, M.P., D. Re-Anaujo y D. Voltolina. 1993. *Tasa de crecimiento y contenido estomacal de una población natural de Procambarus Clarkii (Crustacea: Cambaridae) de Baja California, México.* *Revista de Biología Tropical* 41(3): 591-597.

Talavera, E., G. Martínez-Lozarana, M. León-Olea, M. Sánchez - Alvarez, E. Sánchez - Islas y F. Pellicer. 1995. *Histochemical distribution of NADPH - diaphorase in the cerebral ganglion of the crayfish Cambarellus montezumae.* Neuroscience Letters 187 (3): 177-180.

Torres, R. y J. García. 1995. *introducción al manejo de datos limnológicos.* UAM, Unidad Iztapalapa, México, D. F.

Viessman, W., Jr. 1977. *Introduction to Hydrology.* Segunda edición. Toronto Canada.

Villalobos, A. 1948. *Estudios de los camarinos mexicanos, VII: Descripción de una nueva especie del género, Procambarus, Procambarus acanthophorus n. sp.* Anales del Instituto de Biología, UNAM 19: 175-182.

Villalobos, A. 1954. *Estudios de los camarinos mexicanos, XII, Parte 1: revisión de las especies afines a Procambarus mexicanus. Con descripción de nuevas formas.* Anales del Instituto de Biología, UNAM 25: 279-299.

Villalobos, A. 1955. *Cambarinos de la fauna mexicana (Crustacea: Decapoda).* Tesis Doctorado, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F.

Villalobos, A. y H.H. Hobbs, Jr. 1981. *A new dwarf crayfish from the Pacific versant of Mexico (Decapoda: Cambaridae).* Proceedings of the Biological Society of Washington 94(2): 492-502.

Villalobos, A. 1982. *Decapoda.* Pp. 215-239, In: S. H. Hulbert y A. Villalobos (eds.), *Aquatic biota of Mexico, Central America and the West Indies.* San Diego State University Foundation, San Diego, California.

Villalobos, A. 1983. *Crayfishes of Mexico (Crustacea: Decapoda)*. Smithsonian Institution Libraries and the National Science Foundation, Washington, D.C.

Villalobos, J.L., A. Cantú y E. Lira. 1993. *Los crustáceos dulceacuícolas de México*. Revista Sociedad Mexicana de Historia Natural 44: 267-290.

Zambrano L. Y D. Hinojosa. 1998. *Relación del acocil (Cambarellus montezumae lermensis) y la carpa (cyprinus carpio) en embalses del Alto Lerma*. Reunión Nacional sobre Pequeños Embalses del 19 al 21 de agosto de 1998.