



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Aspectos preliminares de la dinámica poblacional del acocil
Cambarellus montezumae (Saussure) de Xochimilco.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A

AMPARO VILLA NARCISO



DIRECTOR DE TESIS
DR. JOSÉ ROMÁN LATOURNERIÉ CERVERA
2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

Al Dr. Latournerié por dirigir mi trabajo y creer en mí así como el cariño y amistad que siempre me brindo durante el tiempo que estuve en el laboratorio de acuicultura pero también por la dedicación y paciencia para enseñarme.

A Yamel por todo el apoyo brindado durante el que se llevo a cabo este proyecto en Xochimilco y por tomarse el tiempo para revisar mi trabajo y por la amistad brindada y los momentos hermosos que compartimos.

A el Dr. José Luis Villalobos por la atención que tuvo para revisar y hacer las aportaciones correspondientes para el enriquecimiento de este trabajo y por el apoyo académico brindado y la confianza transmitida.

A la Dra. Rosaura Mayen por la dedicación y esfuerzo para que esta tesis saliera lo más rápido, por la comprensión, paciencia y apoyo hacia mi persona y por que fuera un trabajo presentable y digno.

Al Dr. José Jaime Zúñiga por hacerme observaciones muy importantes en la edición de figuras y por trasmitirme esa confianza y cordialidad.

A el Profesor del acuario Ignacio Morales Salas por haberme apoyado incondicionalmente en el trabajo de laboratorio en la realización de las biometrías pesando y midiendo los organismos así como en el análisis fisico-químico del procesamiento de las muestras de agua y el mantenimiento de los organismos pero también por los conocimientos académicos y técnicos en lo que se refiere al área de acuicultura.

A Tlacuache por brindarme su apoyo académico, intelectual, moral y económico para terminar está tesis y por ayudarme en mi examen de idiomas sin ti no habría terminado esta tesis que también es esfuerzo tuyo por haber estado ahí en todo momento y no dejarme caer, lo mejor que la vida me regalo fue haberte conocido sabes que te quiero, aprecio y mi cariño hacia ti es infinito y nunca se acabará.

Al Profesor Aquiles por brindarme su apoyo en el área de computación así como por sus palabras de aliento, la amistad y cariño hacia mi persona, sabes que siempre serás correspondido de la misma manera.

A mis compañeras karla, Erika, Jacqueline y Araceli por haberme apoyado en la realización de las biometrías de los organismos y por acompañarme a los muestreos y toma de parámetros físico-químicos en Xochimilco.

A los Profesores Alfredo Paulín Zamora y Jesús Ferreira Colín del CCH Naucalpan sin ustedes no hubiera llegado a esta facultad siempre vivirán en mi corazón y los recordare con cariño este donde este, porque cuando todos me dieron la espalda ustedes me dieron el cobijo y el consuelo y el apoyo académico para decir si se puede cuando una materia es difícil no hay que darse por vencido sino tomarlo como un reto de la vida.

Dedicatorias:

- a quien me dio la vida y me enseñó de ella.

-Por ellos nací y por ellos vivo-

A mi madre Eva por ser la mejor mamá y amiga que la vida me pudo haber dado no hay mas mamá buena y hermosa que la mía agradezco a la vida haberme regalado una madre como tú.

A mi padre Gerardo figura de grandeza y sabiduría y ejemplo de orgullo de que en este mundo hay personas que aunque no tuvieron la oportunidad de estudiar tienen un gran capacidad e inteligencia para aprender no solo del campo si no de diversas áreas.

Siempre tendrás mi cariño, amor, respeto y admiración.

- a mis hermanas que me mantuvieron con vida,
que cuidan de mi vida,

porque son la vida misma-

A María Elena que ha sido como una segunda madre para mi con la cual he vivido, crecido y a la cuál debo todo lo que he logrado académicamente.

A mi hermana María del Carmen por todo el apoyo económico que me brindó en la carrera, por el cariño y la paciencia estoy en deuda contigo toda la vida.

- Con amor, cariño y respeto a mis hermanos-

Martha, Concepción y mis hermanos Benito, José Luis, Antonio, Gerardo y Andrés.

A mis Sobrinos y sobrinas con los que he crecido, jugado, reído, cuidado y creado con los que volví a disfrutar y recordar mi niñez: Manolo, Neri, Brenda, Edwin, Edith, Amín, Ulises, Elvis, Salvador, Luis Fernando, Cristian, Diego, Juan Carlos, Wendy, Andrés, Gael, Aldo y Camila.

A los amigos del CCH

Anayeli, Diana y Rodrigo por la amistad tan maravillosa, leal y sincera que hemos cultivado durante todos estos años que hemos vencido y superado obstáculos pero siempre nos hemos levantado de pie para decir aquí estamos de nuevo, en esta vida todo se puede lograr gracias por su cariño, aprecio y por no olvidarme.

A los amigos de Ciencias

Alberto, Alejandra, Carmen, Diana, Eva, Gaby, Jacqueline, Roberto por todo el apoyo y la amistad incondicional que me han brindado en los momentos más difíciles que he pasado a lo largo de la carrera y de la vida gracias por cuidarme, agradezco a la vida tenerlos como amigos y por todos los momentos que hemos disfrutado juntos.

A los amigos muy especiales para mí

Aquiles, Gabriel, Ignacio, Jorge, Juan Carlos, Ricardo y Tere.

Porque aparte de ser excelentes profesores, son excelentes seres humanos y me han brindado su cariño, amistad y por creer en mi e impulsarme a seguir adelante así como por el apoyo académico brindado, me siento afortunada de que me consideren su amiga y nunca se olvidan de mi y siempre están pendiente de mi.

A la UNAM gracias por la educación gratuita que nos brinda a las personas de bajos recursos económicos y que sin esa aportación de la sociedad a la sociedad, muchos jóvenes pobres de este País no podríamos aspirar, ni soñar en terminar una carrera universitaria en la mejor universidad del mundo. – Por mi raza hablará mi espíritu-

ÍNDICE

RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
JUSTIFICACIÓN	16
OBJETIVOS	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Particulares.....	16
ÁREA DE ESTUDIO	17
ANTECEDENTES	22
MATERIALES Y MÉTODOS	25
Trabajo de campo.....	25
Trabajo de Laboratorio.....	25
Análisis Estadísticos.....	25
RESULTADOS	28
Caracterización Físico—química del Hábitat.....	28
Dinámica Poblacional.....	33
DISCUSIÓN	45
Caracterización de Hábitat.....	45
Dinámica Poblacional.....	49
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	55
ANEXOS	56
LITERATURA CITADA	57

RELACIÓN DE CUADROS, DIAGRAMAS, TABLAS Y FIGURAS

Figura 1. Mapa de distribución mundial de las principales familias de acociles.

Figura 2. Mapa de distribución del Género *Cambarellus* en la República Mexicana.

Cuadro 1. Categorías taxonómicas del acocil *Cambarellus montezumae*.

Figura 3. Ciclo vital de Cambáridos.

Figura 4. Mapa de distribución de *C. montezumae* en el Distrito Federal.

Figura 5. Mapa satelital de los canales y cuerpos de agua de la zona lacustre de Xochimilco.

Cuadro 2. Registros de parámetros físico-químicos en el canal el Bordo, Xochimilco durante un ciclo anual.

Cuadro 3. Parámetros merísticos de las distribuciones de tallas de *C. montezumae* de Xochimilco a través de un ciclo anual.

Figura 6. Variación espacio-temporal (A) temperatura, (B) oxígeno, (C) pH, (D) conductividad, (E) potencial redox durante un ciclo anual de (octubre 2007 a octubre 2008), en el canal el Bordo en Xochimilco.

Figura 7. Distribución de (LT), de ambos sexos (A,B) y estados de madurez (C), de *C. montezumae* de Xochimilco en un ciclo anual.

Figura 8. Distribución de frecuencias mensuales de (LT) de ambos sexos de *C. montezumae* en Xochimilco, época fría (A) octubre 2007, (B) noviembre 2007, (C) marzo 2008 y (D) octubre 2008.

Figura 9. Distribución de frecuencias mensuales de (LT) de ambos sexos de *C. montezumae* en Xochimilco, época cálida (A) abril, (B) mayo, (C) junio, (D) julio, (E) agosto y (F) septiembre 2008.

Cuadro 4. Abundancia, estados de madurez y registros de captura de *C. montezumae* de Xochimilco en un ciclo anual.

Figura 10. Variaciones en abundancia y estados de madurez de *C. montezumae* en un ciclo anual (A) hembras y machos, (B) machos.

Figura 11. Comparación de la distribución de tallas de (LT) de *C. montezumae* en meses consecutivos de un ciclo anual (A) octubre-noviembre 2007, (B) noviembre 2007-marzo 2008, (C) marzo-abril 2008.

Figura 12. Comparación de la distribución de tallas de (LT) de *C. montezumae* en meses consecutivos de un ciclo anual (A) abril-mayo 2008, (B) mayo-junio 2008, (C) junio-julio 2008, (D) julio-agosto 2008, (E) agosto-septiembre 2008 y (F) septiembre-octubre 2008.

Figura 13. Comparación de la fecundidad de hembras de *C. montezumae* de Xochimilco.

Anexo 1

Cuadro 5. Resultados de contrastes múltiples de medias mediante prueba de Tukey análisis confirmatorio.

RESUMEN

En la presente tesis se realizó un análisis sobre algunos aspectos de la dinámica poblacional de *Cambarellus (c.) montezumae* llevado a cabo en el canal El Bordo en Xochimilco. Se efectuaron 18 muestreos quincenales durante un ciclo anual de octubre 2007 a octubre 2008, donde se recolectaron 2328 acociles; de los cuales 1665 fueron hembras y 663 machos (proporción de sexos 2.5:1), dentro de estos 140 fueron machos maduros FI y 523 correspondieron a machos inmaduros FII. Las características poblacionales que se determinaron fueron la abundancia, época reproductiva, proporción de sexos, picos de reclutamiento y variaciones de tallas por sexo. Se realizó un análisis descriptivo de la población considerando como variables meses vs longitud total (LT), la longitud cefalotoracica (LCT) y peso húmedo (PH) para conocer distribución y abundancia por sexos. Se midieron los parámetros físico - químicos: temperatura, oxígeno disuelto, pH, potencial redox y conductividad, para determinar si existe una variación espacio-temporal de estos factores dentro del canal el Bordo que pueda estar influyendo en la población de acocil. Los resultados indican que la temperatura tiene un efecto significativo sobre la abundancia de *Cambarellus (c.) montezumae*, por lo que la abundancia de la población aumenta en los meses de la época cálida y disminuye en la época fría. Durante todo el año se observó el reclutamiento de crías, presentándose los mayores valores durante abril y junio, la época de reproducción más activa fue en marzo y mayo. La mayor abundancia se presentó en la población de hembras, en cuanto a los estadios de madurez la mayor abundancia fue de machos inmaduros FII. Los machos alcanzan la madurez sexual a tallas más pequeñas con respecto a las hembras, pero éstas alcanzan las tallas mayores. La mayor mortalidad se presentó en organismos juveniles y en machos. Otra característica observada fue que la fecundidad en las hembras se encuentra muy reducida. Es importante conocer que factores pueden estar en conjunto con otros influyendo en la abundancia y distribución de *C (c.) montezumae* para poder proponer alternativas para la recuperación y conservación de la población del acocil no solamente en Xochimilco sino a lo largo del territorio mexicano donde se encuentran distribuidos.

INTRODUCCIÓN

Los acociles son crustáceos decápodos que pertenecen al suborden *Astacidea*, en el cual existen alrededor de 612 especies que se encuentran agrupados en tres familias: *Astacidae*, *Cambaridae* y *Parastacidae* (Holdich y Lowery, 1988). Se encuentran distribuidos en casi todos los continentes excepto África. Estableciendo dos áreas de distribución, una en el Hemisferio Sur y otra al Hemisferio Norte, separadas por la región ecuatorial. Las especies de las familias *Astacidae* y *Cambaridae* se encuentran en la región norte, mientras que en el sur solo hay especies de la familia *Parastacidae* (Hobbs, 1988), (Fig.1).

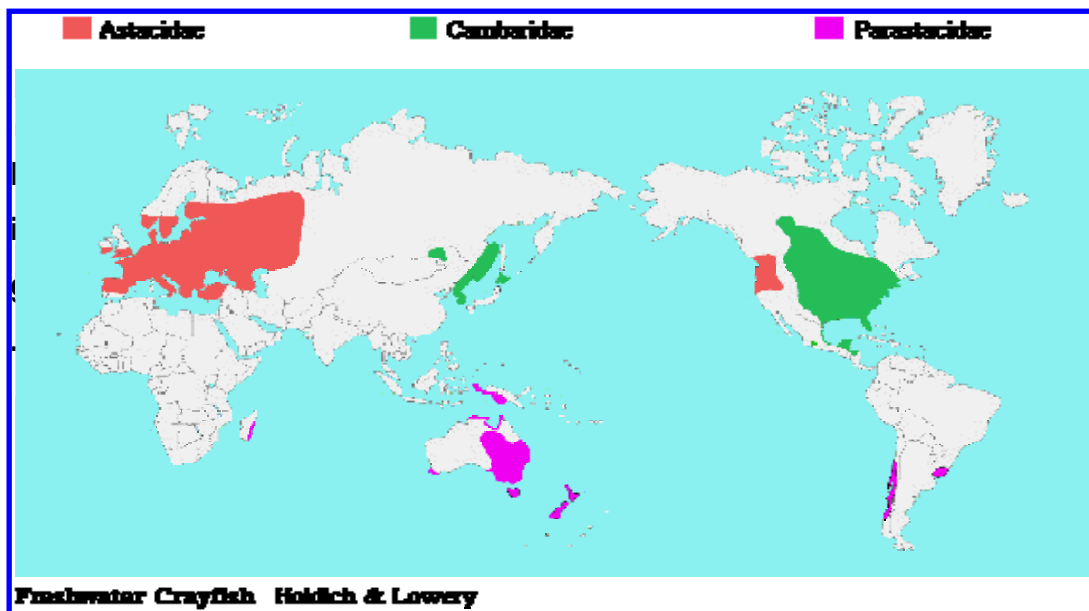


Figura 1. Mapa de distribución mundial de las principales familias de acociles (Tomado de Holdich y Lowery, 1988).

Los cámbaridos son conocidos en México como acociles (náhuatl), Kazan, makaxil (maya) chapos, camarones o cangrejos de río según la región donde se encuentren. En la época prehispánica eran conocidos y consumidos por los aztecas y otros grupos asentados en la cuenca de México. Esta tradición aún continúa ya que en los poblados cercanos al Distrito Federal, Michoacán e Hidalgo es común observar la venta de estos crustáceos (Villalobos-Hiriart et al., 1993).

Las 132 especies de Decápodos registradas en nuestro país se separan en dos componentes zoogeográficos, formas provenientes de la región Neártica constituidos por especies pertenecientes a los géneros *Procambarus* y *Cambarellus* de la familia *Cambaridae* y las formas provenientes de la región Neotropical, constituidos por las familias *Alpheidae*, *Palaemonidae*, *Atyidae*, *Pseudothelphusidae* y *Trychodactylidae* (Villalobos-Hiriart et al., 1993). Los acociles americanos están comprendidos dentro de los géneros *Procambarus*, *Orconectes*, *Cambarellus*, *Cambarus*, *Troglocambarus*, *Barbicambarus*, *Fallicambarus*, *Faxonella*, *Hobbseus* y *Pacifastacus*. En los cuerpos de agua continentales de nuestro país, la familia *Cambaridae* está representada por 53 especies, 44 del género *Procambarus*, una de *Orconectes* y 9 de *Cambarellus* (Alvarez y Rodríguez-Almaraz, 2008).

La presencia de este grupo en México data aproximadamente desde el Mioceno, cuando formas ancestrales de cambáridos migraron hacia el sur provenientes del sudeste de los Estados Unidos (Hobbs, 1984). El aislamiento debido a la elevación de la meseta central y del eje neovolcánico favoreció los procesos de especiación, que dieron origen a la riqueza específica de esta familia y a la formación de complejos de especies (Villalobos-Figueroa, 1955; Cantú et al., 1991)

En la República Mexicana existen 53 especies de cambarinos, destacando las pertenecientes a los géneros *Procambarus* con 44 y *Cambarellus* con 9, siendo la más representativa por su gran abundancia y amplia distribución en la Planicie Central de la República Mexicana *Cambarellus cambarellus montezumae* (Alvarez y Rodríguez-Almaraz, 2008).

El género *Cambarellus*, se encuentra distribuido en E.U.A. desde el norte de Florida y el sur de Illinois hasta Texas. En México, se encuentran distribuidos a través de todo el altiplano central, desde el Sur de Chihuahua y Coahuila a los lagos crater del Este de Puebla hasta la planicie costera de Sinaloa y Nayarit (Rojas et al., 2002).

Este género incluye 9 especies clasificadas en tres subgéneros; *Cambarellus* (*c.*) *montezumae*, *Cambarellus montezumae dugesi* y *Cambarellus montezumae* var. *Tridens*; el subgénero *Cambarellus*, es endémico de México y agrupa nueve

especies que se encuentran en los estados, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Tlaxcala, Morelos, México, Distrito Federal, Hidalgo y Puebla, (Alvarez y Rodríguez-Almaraz, 2008), (Fig.2).



Figura 2. Mapa de distribución del Género *Cambarellus* en la República Mexicana. ([http://www. Google.com.mx](http://www.Google.com.mx)).

De acuerdo con Hobbs (1988) la ubicación taxonómica del acocil *C. montezumae* es la siguiente.

Cuadro 1. Categorías Taxonómicas

Phylum	Artrophoda
Subphylum	Euartrophoda
Superclase	Mandibulata
Clase	Crustacea
Subclase	Malacostraca
Serie	Eumalacostraca
División	Eucarida
Orden	Decapoda
Suborden	Astacidea
Sección	Astacura
Tribu	Neprhosidea
Familia	Cambaridae
Subfamilia	Cambarellinae
Género	<i>Cambarellus</i>
Especie	<i>C. montezumae</i>

Los acociles presentan un cuerpo segmentado, más o menos cilíndrico cubierto por un exoesqueleto calcificado. Está dividido en dos regiones o tagmas: cefalotórax y abdomen. El cefalotórax porta los ojos pedunculados, el aparato bucal y las cámaras branquiales y el abdomen está compuesto por los pleópodos, el ano y el telson (Pennak, 1978).

Presentan cinco pares de apéndices torácicos los tres primeros se denominan quelípedos, porque los dos últimos artejos forman una pinza o quela, de ellos el primer par es mucho más fuerte y robusto y es utilizado para atrapar el alimento, la defensa, el ataque y para inmovilizar a la hembra durante el amplexo ó cópula (abrazo copulador). El segundo y el tercer par también son quelados aunque más esbeltos que el primero, su función es la limpieza del cuerpo y branquias, así como la búsqueda y manipulación del alimento. Los últimos dos pares de

apéndices son simples (no terminan en una quela) y son utilizados para la locomoción en la hembra sirven para el movimiento, transporte e incubación de los huevos, así como el movimiento del agua y oxigenación de los huevos, uno modificado (Pennak, 1978).

Los camarinos se caracterizan, porque los machos presentan dos formas alternantes, el cambio de una a otra ocurre en los machos maduros durante las mudas semianuales. La forma sexualmente activa o de madurez sexual conocida como (FI), se presenta después de la última muda juvenil, se distingue por crecimiento, endurecimiento y coloración de los primeros pleópodos, durante esta etapa el macho es capaz de fecundar a la hembra. Los primeros quelípedos son grandes y los conductos espermáticos están llenos de espermátidas. Esta forma (FI), es más abundante durante la primavera (Hobbs, 1991), pero ambas se pueden presentar durante todo el año (Rosas, 1976). La segunda forma es sexualmente inactiva o de inmadurez sexual y es conocida como F-II, los pleópodos son menos desarrollados y son blandos. Pero las formas I y II pueden alternarse y tener etapas activas e inactivas de reproducción aún en el estado adulto. Los apareamientos ocurren en otoño y a fines de invierno y las hembras ovígeras aparecen entre marzo y junio (Rosas, 1976) (Fig 3).

Estas estrategias reproductivas desarrolladas por estos organismos han permitido asegurar su permanencia en condiciones adversas de temperatura y desecación, así como la colonización de los ambientes dulceacuícolas (Hunner y Barr, 1984; Hobbs, 1991).

Después de la cópula entre el décimo y trigésimo día, ocurre la oviposición (Rosas, 1976), durante este proceso la hembra secreta una sustancia mucilaginosa de unas glándulas localizadas en el abdomen y a medida que van siendo liberados los óvulos del poro genital, son fertilizados y adheridos a los pleópodos mediante un corto tallo permaneciendo adheridos 45 días. Los huevos esféricos pueden medir entre 0.9 y 1.1mm, cambian de color verde olivo a anaranjado. Los óvulos son de tipo centrolécito y están recubiertos por tres membranas (Cantú, 1959).

Las hembras de mayor tamaño portan más huevos, pero esto puede variar según la época del año. En los camarinos las pérdidas de huevos se presentan por diversas causas: falta de fertilización o de fijación, abrasión con el sustrato, depredación, corriente demasiado fuerte, escasez de alimento y exceso de hembras (Hobbs, 1991).

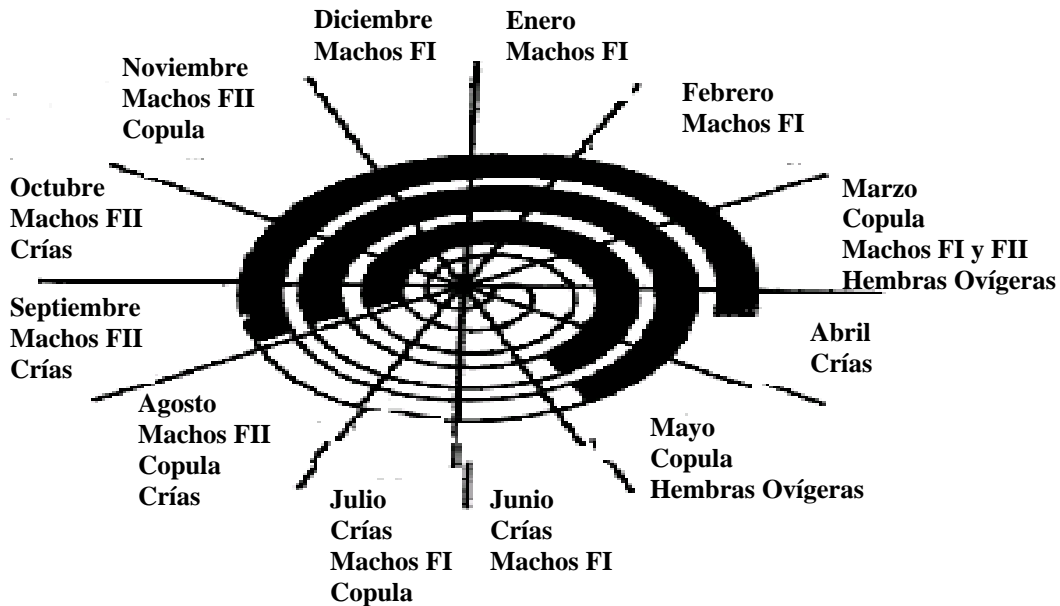


Figura 3. Ciclo vital de Camaridos (Tomado de Moctezuma,1996 y modificado por Villa, 2010).

Los crustáceos para su crecimiento necesitan cambiar periódicamente su exoesqueleto, formado por quitina y carbonato cálcico en forma de calcita, durante la muda o ecdisis (Lowery, 1988). Este proceso es controlado hormonalmente, el exoesqueleto se hace blando al reabsorberse el carbonato de calcio el cual se acumula en los gastrolitos, una vez que es liberada la cutícula. Los gastrolitos son disueltos y el carbonato de calcio es reabsorbido por el cuerpo para endurecer el nuevo exoesqueleto y el aparato bucal. Durante esta fase los acociles son extremadamente vulnerables al canibalismo, ataque de depredadores, por lo que es la fase más crítica de su ciclo vital (Holdich y Lowery, 1988).

Entre los acociles existe un marcado dimorfismo sexual que está dado por las siguientes características:

El macho presenta pequeños ganchos en los isquiopoditos del segundo y tercer par de pereiópodos y sus dos primeros pleópodos están modificados en gonópodos para efectuar la cópula. El segundo par de pleópodos es más largo que los demás y contribuye para que los espermátóforos sean depositados en la cavidad espermática de la hembra.

En las hembras el dimorfismo sexual, está expresado por la presencia de un receptáculo seminal o estructura globosa denominada *annulus ventralis*, la cual presenta forma de “U” y está ubicado en las placas esternales XIII y XIV ó en los esternitos XIII y XIV entre el cuarto y quinto par de apéndices torácicos. Las hembras que han alcanzado el estado adulto son de mayor tamaño que los machos, las quelas del primer par de pereiópodos son más cortas y gruesas, en tanto que en los machos son largas y delgadas. El abdomen de las hembras es más robusto lo que les permite tener mayor superficie para soportar los huevos (Hunner y Barr, 1984; Hobbs, 1991).

La fecundidad es determinada por el número de huevos producidos por la hembra, pero puede variar debido a factores como: edad, tamaño, especie y condiciones ambientales (alimento, temperatura, etc.). La fecundidad guarda relación directa con el tamaño de la hembra, lo que implica un mayor potencial de fecundidad mientras más grande sea (Hobbs, 1991).

En relación a su desarrollo larvario, la hembra traslada los huevos en su abdomen, durante un período variable de 2 a 20 semanas y estos eclosionan en condiciones adecuadas de temperatura, oxígeno disuelto y pH. Una vez eclosionadas, las crías permanecen de 4 a 14 días en el abdomen de la madre hasta que presentan su primer muda, durante este período las crías se encuentran protegidos de fuertes corrientes acuáticas, depredación y escasez de alimento (Hunner y Barr, 1984; Hobbs, 1991).

Los acociles son organismos omnívoros y depredadores ocasionales, consumen todo tipo de plantas acuáticas y pequeñas cantidades de animales, pero gran parte de su alimento consiste en detritus enriquecido con microorganismos

degradadores. Por lo tanto sus hábitos alimenticios se definen como politróficos (Pennak, 1978; Hunner, 1981; McHarney, 1984).

El acocil representa un papel importante en los cuerpos de agua donde habita ya que es presa de diversos peces como charales, pescado blanco, carpas, así como de ranas, ajolotes, insectos acuáticos, culebras de agua y algunos ratones de campo (Pennak, 1978; Hunner, 1981; McHarney, 1984).

Estos organismos se encuentran habitando los arroyos y depósitos lacustres continentales, viven tanto en climas tropicales como templados. Son los miembros más importantes, grandes y longevos de las comunidades macrobentónicas dulceacuícolas. Han invadido exitosamente una gran diversidad de ambientes debido a que son resistentes a los cambios de temperatura y humedad, factores que les han permitido tener gran éxito en su distribución, originando una gran diversidad de especies, subgéneros y géneros en la parte norte del Continente Americano (Hobbs, 1984). Son capaces de transformar la energía dentro de los ciclos biogeoquímicos de los cuerpos de agua utilizando materia orgánica de los ecosistemas dulceacuícolas y representan un recurso económicamente aprovechable (Holdich y Lowery; 1988; Montes, 1993).

JUSTIFICACIÓN

Debido a que hay poca información y conocimiento sobre como se encuentran las poblaciones naturales de esta especie en los cuerpos de agua. Es importante generar investigaciones para saber que es lo que está afectando y ocasionando una disminución en la abundancia y distribución de estos organismos dentro de los cuerpos de agua dulce.

El acocil *Cambarellus (c.) montezumae*, es una especie endémica de nuestro país, su hábitat natural ha sido alterado de formas muy diversas sobretodo por influencia antropogénica en las últimas décadas, lo que ha ocasionado una disminución en las poblaciones naturales, las cuales están en riesgo de desaparecer. El acocil tiene importancia cultural desde los Aztecas y su importancia nutricional es incuestionable, dado su alto valor proteico y forma parte del grupo de crustáceos del macrobentos de las comunidades dulceacuícolas que interviene regulando el flujo de energía en estos hábitats. Debido a la relevancia biológica, ecológica y hasta económica de esta especie es fundamental realizar investigaciones que permitan definir el estado actual de las poblaciones naturales y generar conocimientos para el desarrollo de la tecnología que fomente y facilite del cultivo de las mismas.

OBJETIVOS

General

Analizar algunos aspectos de la dinámica poblacional de *Cambarellus (c.) montezumae* en Xochimilco.

Particulares

Estimar la abundancia de *Cambarellus (c.) montezumae* durante un ciclo anual.

Conocer la época reproductiva, la proporción de sexos, los picos de reclutamiento y las variaciones a lo largo del año en tallas de la especie.

ÁREA DE ESTUDIO

Xochimilco deriva de la palabra Xochitl (flor), milli (campo) cultivado, lugar de las flores. Se encuentra en el Distrito Federal, colinda al Norte con las Delegaciones Coyoacán, Tlalpan e Iztapalapa, al Oriente con Tláhuac, al Poniente con Tlalpan, y al Sureste con Milpa Alta. Ocupa una superficie de 125.2 km² y se ubica como la tercera Delegación más grande en territorio (Fernández et al., 1993) (Fig.5).



Figura 5. Mapa de distribución de *C.(c) montezumae* en Xochimilco. (<http://www.google.com.mx>).

La zona chinampera y los distritos de riego se encuentran al noroeste de la Delegación. Se encuentran en la categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica publicado en el Diario Oficial de la Federación por decreto presidencial el 11 de mayo de 1992 y en 1987 ingresó en la Lista de Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO. El área canalera y de chinampas ocupaba aproximadamente 2,200 ha. Actualmente se ha reducido a 1,800 ha y la extensión de los canales es de 189 km (INEGI, 2008; UNESCO, 2005).

El embarcadero de Cuemanco fue inaugurado el 5 de Junio de 1993, con el Parque Ecológico y el Mercado de Plantas y atraviesa la Zona Ecológica y Chinampera.

Sus principales elevaciones están conformadas por los cerros Xochitepec y Tlachiallei, los volcanes Teuhtli, Tzompol así como los ríos Santiago y Tepapantla; se localizan además los canales: Nacional Chalco o Calco, Cuemanco, El Bordo, San Juan, Apatlaco, Santa Cruz. También se encuentran la Presa San Lucas y la Pista Olímpica de remo y canotaje "Virgilio Uribe" en Cuemanco (Gaceta del Distrito Federal, 2006).

El canal El Bordo se encuentra ubicado en el embarcadero de Cuemanco a un costado de la Pista de Remo y Canotaje Virgilio Uribe a 26 km del Centro de la Capital, en la Delegación Xochimilco, y dentro de la zona sujeta a conservación ecológica de el Área Nacional Protegida (ANP) (INEGI, 2008). Sus coordenadas geográficas son: 19°16'48.81" latitud norte y 99°05'30.44" latitud Oeste. Ocupa una extensión de 2,279.50 m de longitud. Comienza en la intersección que forma el canal Cuemanco y la entrada al Huetzali y termina en un recodo que conecta al canal Japón (Fig 6).

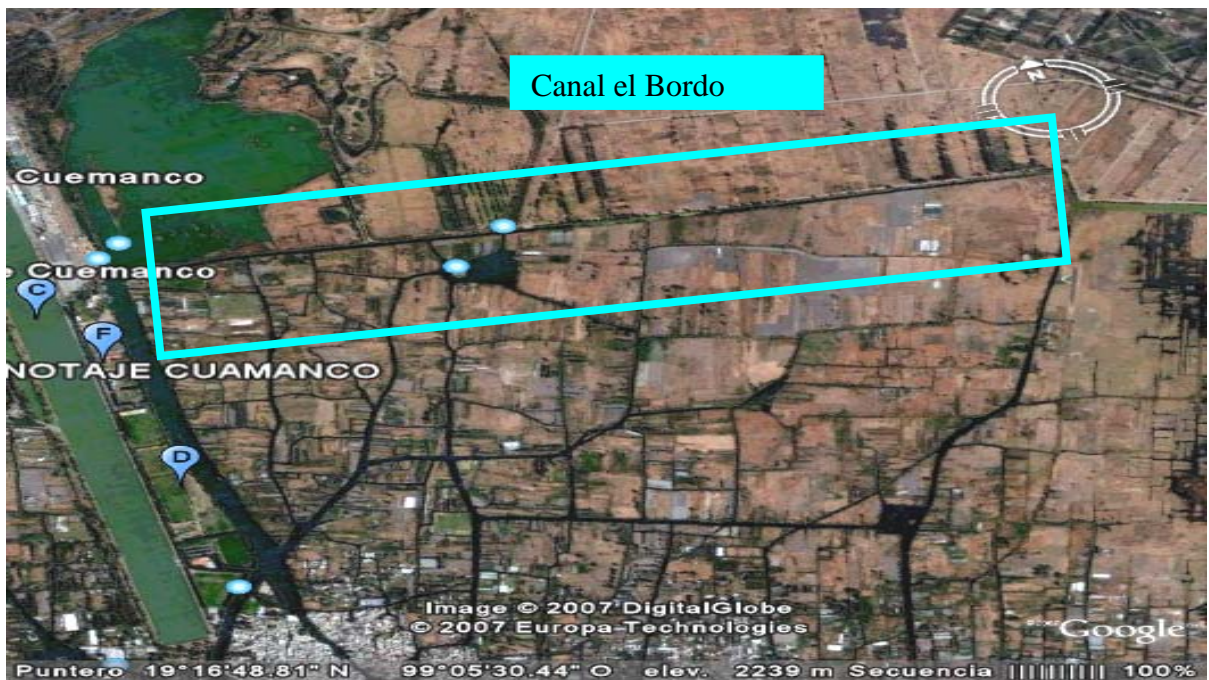


Figura 6. Vista satelital de los canales y cuerpos de agua de la zona lacustre de Xochimilco (<http://www.Google Earth>, 2010).

El clima que predomina de acuerdo a la clasificación de Köppen y modificado por (García, 1988), es Cw2, templado subhúmedo, con lluvias en verano y con una temperatura media anual entre 12° y 18°C. La temperatura promedio mensual es de 17°C, con poca variación anual entre 5° y 7°C, pero pueden presentarse algunas heladas en los meses de noviembre y enero. La precipitación media anual es de 620.4 mm y los meses con mayor abundancia de lluvias son junio y septiembre (INECOL, 2002; INEGI, 2008).

La vegetación que se presenta es de tres tipos:

a) Halófila, ésta se encuentra en terrenos propensos a inundaciones someras, en suelos alcalinos, salinos y mal drenados y se caracteriza por pastizal bajo y denso y predominan las gramíneas siendo las más representativas *Distichlis spicata*, *Eragrostis obtusiflora*, *Atriplex patula*, *Sporobolus pyramidatus*, *Pennisetum clandestinum*, *Sesuvium portulacastrum* y *Suaeda mexicana* y otras son: *Poa annua*, *Cynodon dactylum* y *Urtica dioica* (Rzedowski et al., 2001).

b) Acuática y subacuática, ésta se desarrolla en cuerpos de agua permanentes como: canales, lagunas y superficies cubiertas de ciénegas, los más representativos son los tulares *Typha latifolia*, *Schoenoplectus tabernaemontani*, los cuales crecen a orillas del agua mezcladas con *Schoenoplectus californicus*. Las especies de menor importancia pertenecen a los géneros: *Polygonum*, *Cyperus*, *Hydrocotyle*, *Eleocharis*, *Bidens*, *Berula* y *Luwigia*. Entre la vegetación flotante se encuentra *Lemna minuscula*, *Wolffia colombiana* y *Eichornia crassipes*, siendo esta última la especie más prolífera y, así como una comunidad variable a lo largo del año constituida por *Berula erecta*, *Cuphea angustifolia*, *Lythrum vulneraria*, *Phragmites australis*, *Pistia stratiotes*, *Bidens laevis*, *Lemna gibba*, *Hydromystris laevigata*, *Hydrocotyle ranunculoides* y *Nymphaea mexicana* (Rzedowski et al., 2001).

c) Terrestre o riparia se encuentra a la orilla de los canales y las especies que más predominan son: *Salix bonplandiana* y *Taxodium mucronatum*, las que se encuentran acompañadas por especies introducidas como *Salix babylonica*,

Ligustrum locidum, *Araucaria heterophylla*, *Jacaranda mimosaeifolia*, *Cassuarina equisetifolia*, *Eucalptos spp* y *Fraxinus uhdei* (Rzedowski et al., 2001).

En los canales de Xochimilco la fauna está compuesta por 139 especies de las cuales 21 corresponden a peces, 6 de anfibios, 10 de reptiles, 79 de aves y 23 de mamíferos, del total de especies, 9 de ellas se encuentran dentro de alguna categoría de protección por la NOM-059 estas son: *Ambystoma mexicanum*, *Rana tlaloci*, *Rana montezumae*, *Pituopis deppei*, *Crotalus molossus*, *Crotalus plystictus*, *Ardea herodias*, *Accipiter striatus*, *Rallus limicola* (Secretaria del Medio Ambiente, 2004)

Se presentan dos especies de peces endémicos: el charal del valle de México *Chirostoma humboldtianum*, *Algancea tincella* y los anfibios *Ambystoma mexicanum*, *Rana montezumae* y la rana de xochimilco o tláloc *Rana tlaloci* (Secretaria del Medio Ambiente, 2004).

El ANP es un refugio importante para especies de aves locales y migratorias destacando: *Anas diazi*, *Egretta tula*, *Ceryle alcyon*, *Buteo jamaicensis*, *Falco sparverius*. También es sitio de alimentación y descanso para *Ardea herodias*, *Actitis macularia*, *Podiceps nigricollis* (cuyo primer registro de reproducción fue en esta zona) y *Anas discors*, especie migratoria que desde 1986 se reproduce en esta área. Otra especie cuyo registro se encuentra en esta zona es *Jacana spinosa* (Aranda, 2004).

Para los mamíferos la zona representa un sitio de refugio y alimentación para *Criptotas parva*, *Microtus mexicanus*, *Cratogeomys merriami*, *Mormoops megalophyla*, *Didelphis virginiana* (único marsupial) y *Bassariscus astutus*.

También se encuentran gran diversidad de organismos como dinoflagelados, microalgas, rotíferos, acociles *C. montezumae*, anfípodos *Hyaella azteca*, y diversas familias de insectos (distícidos, heterópteros e hidrofílicos). Todas estas especies son importantes como parte de las cadenas tróficas y de las comunidades presentes en los canales de Xochimilco (Aranda, 2004).

Los canales más importantes conectados entre sí son: Cuemanco, Nacional, Chalco, el Bordo, Apatlaco, San Sebastián, Ampampilco, Texhuilo, Zacapa, Caltongo, Santa Cruz y el Japón. Las lagunas principales son: Caltongo, del Toro

y el lago de conservación de flora, fauna y acuacultura San Gregorio Atlapulco. Estos son alimentados artificialmente con agua tratada de las plantas de El Cerro la Estrella, cuyo aporte de agua es de $1\text{m}^3/\text{s}$, San Luis Tlaxialtemalco aporta $0.225\text{m}^3/\text{s}$ de agua además de la planta de San Lorenzo Tezonco (Gaceta del Distrito Federal, 2006).

ANTECEDENTES

Los trabajos realizados en contaminación de agua para Xochimilco son los siguientes:

- Rodríguez y Urzúa (1998), realizaron un análisis bacteriológico de aguas residuales de dos plantas de tratamiento que alimentan los canales de Xochimilco. La planta de San Luis Tlaxialtemalco y la planta Cerro de la Estrella. La primera presenta una menor concentración de indicadores microbiológicos y estreptococos fecales y su agua es eficiente para el riego pero tiene otro tipo de contaminantes. Sin embargo, la segunda presenta un alto índice de contaminantes aparte de la presencia de *Salmonella spp.*
- Avila (2000), realizó un estudio sobre la composición de la ictiofauna del lago de Xochimilco, en él menciona que la introducción de aguas negras y algunas especies de peces foráneos en los canales, han alterado la supervivencia y abundancia de los peces nativos.
- Olvera (2004), realizó un análisis poblacional de *Chirostoma jordani* en el sistema lacustre de Xochimilco.
- Ortiz y Rubalcava (2005), realizaron una evaluación del estado trófico del lago de Xochimilco y Sandoval (2008) evaluó el estado de degradación de los canales de Xochimilco, en época de lluvias de 2003 y secas de 2004.
- Cisneros (2005), efectuó un análisis ambiental de aguas superficiales y subterráneas de algunas zonas de Xochimilco y refirió que sólo tres canales cuentan con buena calidad de agua para riego agrícola, éstos son: Cuemanco, Atizapa y San Gregorio.
- De la Rosa (2006), realizó un estudio sobre la contaminación del Lago de Xochimilco por aguas negras y su influencia en la agricultura.
- Aguilar (2007), llevó a cabo el registro de algunos parámetros como el pH, temperatura y conductividad, encontrando que los canales muestran una tendencia hacia la alcalinidad y que la presencia de bacterias indicadoras y *Escherichia coli* se encuentran en la superficie del agua y la mayor contaminación se da en la temporada seca.

- Flores (2009), llevó a cabo cinco muestreos bimestrales durante el período 2007-2008, para contrastar la época fría y cálida del ciclo anual. Observó que la zona lacustre de Xochimilco presentó una estacionalidad definida, que existió una variación espacio-temporal en los canales y que se trata de un ambiente hipereutrófico.

Los estudios sobre producción de acocil de la especie *Cambarellus (c.) montezumae* son los siguientes:

- Civera y Cruz (1982), realizaron una descripción de la biología del acocil, *C. montezumae*, tomaron en consideración el hábitat, comportamiento, la locomoción, reproducción, desarrollo embrionario y la fecundidad, y demostraron que es posible el desarrollo de los huevos en incubación artificial.

- Robles (1995), realizó investigaciones que permitieran conocer y aplicar la biotecnología para producir en cautiverio acocil, rana toro y ajolote.

- Moctezuma (1996), realizó un estudio sobre las bases biológicas y técnicas para el cultivo del acocil *C. montezumae lermensis*. Llevó a cabo observaciones sobre su distribución natural y sus necesidades de sustrato, profundidad del agua, cobertura vegetal y oxigenación. Encontró que los individuos juveniles y las hembras ovígeras, prefieren aguas más someras que los adultos.

- Rodríguez (1999), realizó un estudio sobre biología y sistemática de los cambáridos del sudeste de México y su potencial aprovechamiento en la acuicultura.

Por otra parte Rodríguez y Carmona (2002), realizaron un estudio sobre el balance energético del acocil *C. montezumae* (Saussure) y pérdidas de energía en la tasa metabólica, para determinar las pérdidas por metabolismo y su efecto en la nutrición de los acociles de esta especie. Utilizaron organismos juveniles los cuales fueron alimentados con *Elodea: (Egeria) sp.*

En Xochimilco se han realizado estudios de contaminación y dinámica poblacional de *C (c.) montezumae* por:

- Rangel (2004), realizó estudios sobre dinámica poblacional de *C. montezumae* en la pista de Remo y Canotaje “Virgilio Uribe”; Xochimilco; llevando a cabo 12 muestreos quincenales del 30 de octubre de 2001 al 9 de mayo de 2002. Evaluó la tasa de crecimiento, tallas de reproducción, proporción sexual, fecundidad e intensidad de reclutamiento. Llevó a cabo mediciones de parámetros para la calidad de agua (temperatura, oxígeno disuelto, pH,).

- Rangel (2009), realizó estudios de dinámica poblacional de *C. montezumae*, en la pista de Remo y Canotaje “Virgilio Uribe” en Cuemanco Xochimilco de septiembre de 2006 a septiembre 2007. Efectuó 24 muestreos quincenales con 1,476 organismos capturados de los de los cuales 717 fueron hembras, 705 machos y 54 individuos indeterminados. Consideró como características poblacionales, la abundancia, composición de tallas por sexo y a lo largo del muestreo, tasa de crecimiento individual directa y estimada, tallas de reproducción, fecundidad e intensidad de reclutamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

TRABAJO DE CAMPO

Variación espacio-temporal.

Se realizaron 10 recolectas durante un ciclo anual de muestreos (octubre de 2007 a octubre de 2008), los cuales se efectuaron quincenalmente en el canal del Bordo.

Recolecta de organismos.

Los organismos fueron recolectados con una red de cuchara triangular de 30 cm de base por 30 cm de altura (área de 0.045m²), en las orillas del canal durante lapsos lo más similares posibles para obtener CPUE (Captura por Unidad de Esfuerzo), esto a través de un muestreo aleatorio, para conocer el patrón de distribución espacial de los organismos en el canal El Bordo. Posteriormente los especímenes recolectados fueron transportados en botes con agua del sitio de recolecta hacia el laboratorio.

Caracterización del hábitat.

Para la caracterización del hábitat, se registraron parámetros físico-químicos en los estratos superficie y fondo; la temperatura y el pH fueron medidos con un potenciómetro HI 98129, la concentración de oxígeno se midió con un oxímetro YSI modelo 51B, y el potencial redox (mV) y la conductividad (μS) fueron medidos con un multianalizador Cole Parmer; la profundidad y transparencia se registraron con el disco de Secchi.

TRABAJO DE LABORATORIO

Los organismos fueron colocados en peceras de 40 lts, con aireación constante y agua del lugar donde fueron recolectados, y reposaron 2 días en el laboratorio bajo estas condiciones.

Posteriormente se realizó el sexado de los acociles, se separó a las hembras y los machos, identificando en estos últimos las formas: maduras (FI), e inmaduras (FII).

Los organismos que no se pudieron sexar a simple vista se observaron a través de un microscopio estereoscópico con un objetivo de (10x).

Posteriormente se obtuvieron la longitud cefalotorácica (LCF) tomada desde la punta del acumen del rostrum hasta la parte media del margen posterior del cefalotórax. La longitud total (LT) se consideró desde la punta del acumen del rostrum hasta el margen posterior del telson. Para estas mediciones se utilizó un vernier de 0.05 mm de precisión TITAN Electronic Digital Caliper. Se registró el peso en una balanza analítica de precisión Sargent-Welch, Model 400D ($\pm 0.005\text{g}$).

Los análisis estadísticos realizados fueron los siguientes:

Los datos de parámetros físico-químicos (temperatura, pH, oxígeno, conductividad y potencial redox), se vaciaron en una matriz de datos y posteriormente se analizaron mediante el programa SPSS-8.0. Se realizó una estadística descriptiva para las variables antes mencionadas. Se efectuó un análisis exploratorio de los datos donde se obtuvieron diagramas de caja para todas las variables registradas (Montgomery, 1991), para observar las tendencias de los factores de contraste: meses y estratos que se presentaron en el fondo y superficie del canal del Bordo.

A continuación se realizó un análisis de varianza ANOVA de dos vías, para conocer la significancia de las variables considerando el fondo y superficie del cuerpo de agua de la localidad muestreada del Bordo y se contrastó con los factores: estratos y meses.

Por último, se realizó una prueba de contraste múltiple de medias con la prueba de Tukey (Montgomery, 1991), agrupándose los parámetros de acuerdo a la diferencia entre meses.

En el caso del acocil *C. montezumae* se construyó una matriz de datos que fue analizada mediante el programa STATISTICA 7.0 y considerando las variables meses, longitud cefalotorácica (LCT), longitud total (LT) y peso húmedo (PH). Se

efectuó un análisis estadístico descriptivo obteniéndose histogramas de frecuencia para mostrar la distribución y abundancia de las tallas de machos y hembras.

Posteriormente se contrastaron las variables: meses consecutivos vs LCT, LT, PH y se realizaron histogramas de frecuencias doble “Y”, para conocer si había diferencias significativas entre la abundancia de tallas.

A continuación se integró una matriz global de ambos sexos y se contrastaron las variables: sexo, LCT, LT, PH efectuando histogramas doble “Y”.

A la par, se integró una base de datos global de machos y se contrastaron los estadios de madurez (FI y FII) contra las variables, LCT, LT y PH.

Finalmente se efectuaron pruebas de $(J_i)^2$ para comparar las abundancias y CPUE, la proporción de machos y hembras en el ciclo anual, los machos (F-I y FII) y las hembras maduras vs los meses de muestreo, y asimismo una prueba de U para contrastar la fecundidad de las hembras durante el ciclo de muestreo y en un estudio previo (Zar, 2009).

RESULTADOS

1.- Caracterización Físico-química del Hábitat.

Los registros de los factores físico-químicos, obtenidos durante un ciclo anual en el canal El Bordo, se presentan en el cuadro 1 y en la fig. 7. Para cada factor se muestran los datos de superficie y fondo de los dos muestreos quincenales.

Cuadro.1. Registros de parámetros físico-químicos en el canal el Bordo, Xochimilco durante un ciclo anual.

Año MES	Oct. 2007	Nov. 2007	Mar. 2008	Abr. 2008	May. 2008	Jun. 2008	Jul. 2008	Ago. 2008	Sep. 2008	Oct. 2008
Temp. (°C)										
Sup.	21.5	17	20.1	19.1	24.1	21.8	20.6	23.7	21.6	16.6
	23.5	19.5	20.6	20.5		21.4	25.3	24.1	21	
Fondo. cm										
	20.6	16	19.5	19.4	25.4	20.9	20.6	22.1	21.7	15.6
	21.2	17.2	18	18.6		20.9	24.6	24.2	20.3	
Oxígeno										
Sup.	7.2	6.8	7.1	4.2	6.8	5.2	5.2	6.2	6.4	5.6
	4.8	6.4	7.6	6		6.2	6.8	6.2	6.1	
Fondo.										
	3.4	2.8	6.2	2.4	4.2	2.8	3.8	4.6	2.2	5.1
	5	3.5	5.4	3		4.8	2.3	3.3	3.8	
pH										
Sup.	7.9	10	8	9.2	10.1	8.75	8.4	8.47	9.62	8.2
	6.7	8.5	8	10.8		9.7	9.68	9.49	9.68	
Fondo.	6.6	8.5	7.1	9.2	9.83	8.8	8.7	8.53	9.5	8.2
	5.8	8.5	7	10.8		9.11	9.6	8.49	9.57	
Conduct. µS										
Sup.	135	773	717	715	717	695	648	665	635	667
	883	1107	751	638		707	797	791	677	
Fondo.	989	172	721	816	808	691	658	559	652	641
	1198	217	704	685		721	769	680	654	
Pot. Redox. mV										
Sup.	133	41	364	184		258	361	608	617	144
	238	15	619	1199	1247	378	1240	90	266	
Fondo.	84	74	271	185	1248	1076	489	275	1114	139
	150	13	174	592		361	559	228	288	

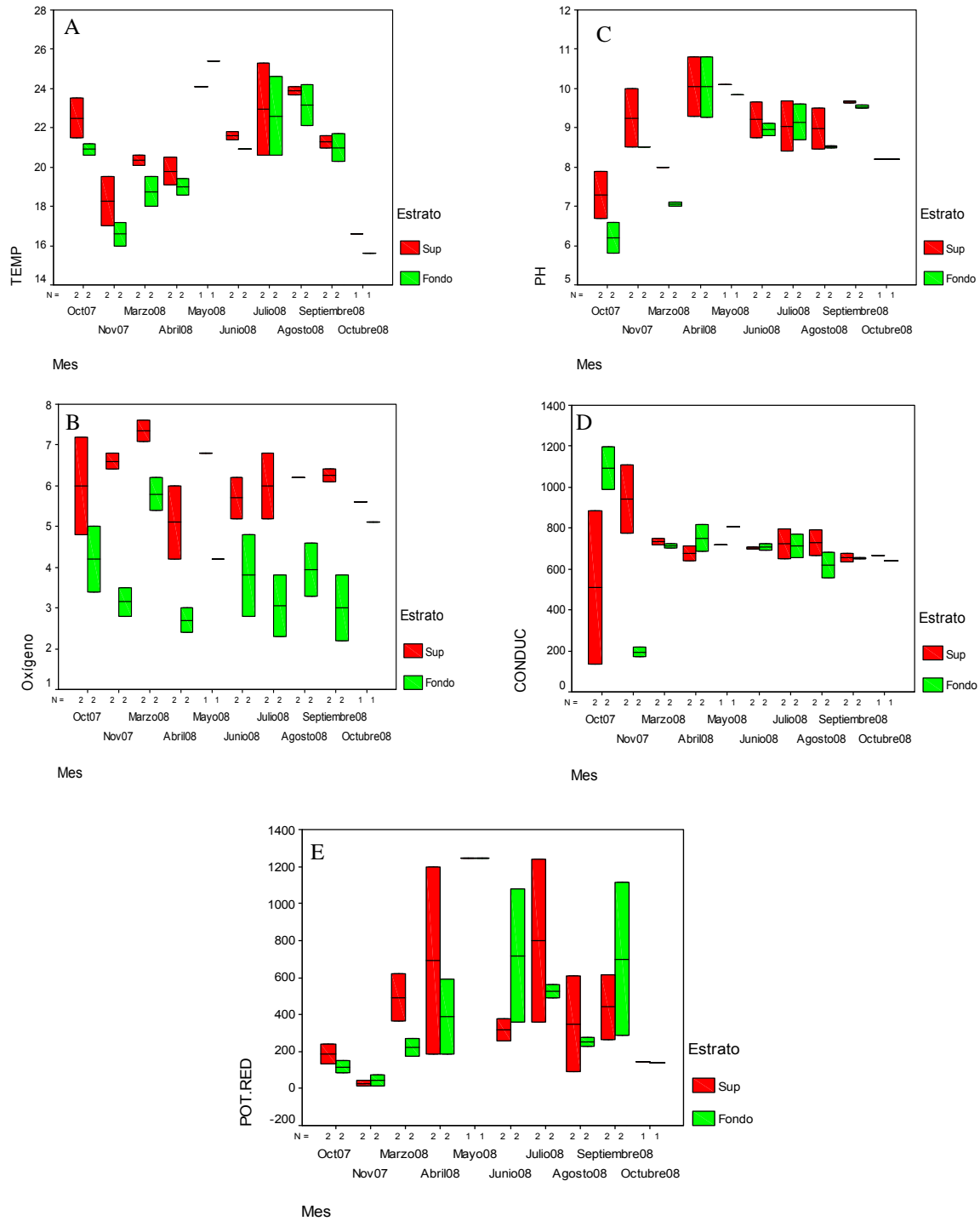


Figura 7. Variación espacio-temporal. (A) temperatura, (B) oxígeno, (C) pH, (D) conductividad y (E) potencial redox durante un ciclo anual de (octubre 2007 a octubre 2008), en el canal el Bordo en Xochimilco.

Temperatura

La variable temperatura presentó un máximo de 25.4°C en mayo y un mínimo de 15.6°C en octubre para el estrato fondo, presentando un promedio anual de $20.4 \pm 2.7^\circ\text{C}$. Mientras que para el estrato superficie el mínimo fue de 16.6°C en octubre y el máximo de 25.3°C en julio, alcanzando un promedio anual de $21.2^\circ\text{C} \pm 2.3^\circ\text{C}$, el promedio anual de ambos estratos fue $20.8 \pm 2.5^\circ\text{C}$. La relación entre el estrato y la temperatura fue significativa ($P < .016$) y los resultados del contraste múltiple de medias demuestran que octubre 2007, abril-septiembre-octubre 2008 se comportaron como meses transicionales. En tanto que los meses de noviembre 2007- marzo 2008, fué donde se registraron temperaturas más bajas correspondieron a la época fría del ciclo anual. Por otra parte, durante los meses de mayo-junio-julio-agosto 2008, se registraron las temperaturas más altas (Fig. 7A).

Oxígeno

La concentración mínima de oxígeno disuelto 2.2 mg O₂/l se presentó en el estrato fondo en septiembre y la máxima fue de 5.1 mg O₂/l en octubre 2008, con un promedio anual de 3.8 ± 1.2 mg O₂/l. En el estrato superficie, el mínimo valor fue 4.2 mg O₂/l en abril y el máximo de 7.2 mg O₂/l en octubre 2007, con un promedio anual total de 6.1 ± 0.9 mg O₂/l y presentando un promedio anual global para ambos estratos de 5 ± 1.6 mg O₂/l. La relación entre mes-oxígeno fue significativa ($P < .046$) y se advirtió que cuando las concentraciones de oxígeno se encontraron entre 5.2 y 6.8 mg O₂/l de abril a septiembre fue cuando hubo una mayor captura y abundancia de individuos de acocil. Los resultados obtenidos mediante el análisis confirmatorio de Tukey, mostraron que octubre-noviembre 2007 fueron similares. Mientras que marzo se comportó como un mes transicional y abril-mayo-junio-julio-agosto-septiembre y octubre 2008 se comportaron de forma parecida (Fig. 7B).

pH

Para la variable pH, el mínimo valor se presentó en el estrato fondo y fue de 5.8 en octubre 2007, y el valor máximo de 10.8 se registró en abril, presentando un promedio anual de 8.6 ± 1.2 . Para el estrato superficie el máximo pH se alcanzó en mayo 2008 (10.1) con un mínimo de 6.7 en octubre 2007 y un promedio anual de 8.9 ± 1.0 . El promedio anual global para ambos estratos fue 8.7 ± 1.2 . La relación estrato-pH resultó significativo ($P < .025$), a través del análisis confirmatorio se mostró que octubre 2007-marzo 2008 fueron meses transicionales y noviembre-abril-mayo-junio-julio-agosto-septiembre-octubre de 2008 fueron homogéneos entre sí, no mostraron diferencias entre ellos. Se observó que cuando los valores de pH, se encontraron entre 9 y 10, coincidió con la época cálida y con los meses de mayor abundancia y captura de organismos de acocil (Fig. 7C).

Conductividad

Para la variable conductividad el valor mínimo se presentó en el estrato fondo y fue $172 \mu\text{S}$ en noviembre y el máximo de $1198 \mu\text{S}$ en octubre 2007, arrojando un promedio anual de $685.3 \pm 230.2 \mu\text{S}$. Para el estrato superficie el mínimo valor que se obtuvo fue de $135 \mu\text{S}$ en octubre 2007, y el máximo de $1107 \mu\text{S}$ en noviembre 2007, presentándose un promedio anual de $706.5 \pm 181.1 \mu\text{S}$. El promedio anual global que se registró fue $695.9 \pm 204.4 \mu\text{S}$. La relación mes-estrato-conductividad fue significativa ($P < .008$), de acuerdo al análisis confirmatorio de Tukey, no se presentaron diferencias entre los meses que comprenden el ciclo anual (Fig. 7D).

Potencial Redox

En la variable de potencial redox, el valor mínimo se presentó en el estrato fondo y fue de 13 mV en noviembre 2007 y el máximo 1248 mV se registró en mayo 2008, con un promedio anual de 406.7 ± 376.9 . En el estrato superficie el máximo valor registrado fue 1247 mV en mayo 2008 y el mínimo fue de 15 mV en noviembre 2007, presentando un promedio anual global de 444.6 ± 404.9 . El promedio anual global total para ambos estratos fue 425.6 ± 386.0 . La relación estrato-potencial

redox fue significativa ($P < .006$). Los resultados obtenidos a través del análisis confirmatorio de Tukey muestran que no se presentaron diferencias entre los meses durante el ciclo anual (Fig. 7E).

2.- Dinámica Poblacional

Cuadro 2. Parámetros merísticos de las distribuciones de tallas de *C. (c.) montezumae* de Xochimilco en el Canal el Bordo a través de un ciclo anual.

Mes	Índice	Hembras				Machos			
		Media	D.S	Min	Max	Media	D.S	min.	Max
Oct-07	LCT	1.0077	0.3136	0.71	1.96	1.0354	0.2321	0.71	1.63
	LT	2.0782	0.5936	0.96	3.54	1.9858	0.4428	1.07	3.06
	PH	0.2811	0.2382	0.01	1.1	0.2465	0.1399	0.09	0.66
	n	66				26			
Nov-07	LCT	1.0573	0.2579	0.64	1.75	0.9671	0.2469	0.14	1.35
	LT	2.2069	0.5071	1.25	3.75	2.1149	0.4262	1.101	3.025
	PH	0.2952	0.2383	0.05	1.19	0.2725	0.1611	0.04	0.7
	n	65				28			
Mar-08	LCT	1.188	0.4231	0.41	2.2	1.159	0.346	0.55	1.98
	LT	2.4862	0.882	0.91	4.95	2.3476	0.7912	1.03	4.075
	PH	0.5074	0.5179	0.01	2.68	0.4401	0.3581	0.03	1.47
	n	76				31			
Abr-08	LCT	0.6236	0.4027	0.1	1.75	0.7576	0.4925	0.15	2.16
	LT	1.6695	0.6602	0.32	3.83	1.8447	0.6933	0.8	3.91
	PH	0.2944	0.2885	0.029	1.76	0.239	0.2303	0.016	1.05
	n	174				55			
May-08	LCT	1.0438	0.252	0.42	2.29	1.0574	0.3139	0.41	2.32
	LT	2.067	0.5441	0.14	3.61	2.1059	0.4997	0.83	2.98
	PH	0.247	0.2044	0.01	1.31	0.255	0.1674	0.01	0.6
	n	124				38			
Jun-08	LCT	0.9292	0.6264	0.27	9.6	0.8211	0.2736	0.3	1.42
	LT	1.8476	0.8223	0.1	3.74	1.6754	0.5298	0.66	2.92
	PH	0.3606	0.28	0.003	1.32	0.2074	0.1766	0.008	0.7
	n	221				120			
Jul-08	LCT	0.8507	0.4153	0.29	5.3	0.8758	0.2386	0.53	1.52
	LT	1.6631	0.6255	0.62	3.63	1.8051	0.4978	0.95	3.18
	PH	0.1657	0.2121	0.005	1.22	0.1774	0.1883	0.01	0.76
	n	247				120			
Ago-08	LCT	0.8365	0.2762	0.37	1.81	0.9499	0.2404	0.57	1.62
	LT	1.657	0.6112	0.81	3.85	1.9328	0.4723	1.04	3.16
	PH	0.1583	0.2468	0.01	1.26	0.1954	0.1674	0.03	0.85
	n	169				68			
Sep-08	LCT	0.7717	0.258	0.1	1.67	0.8407	0.3169	0.1	1.6
	LT	1.5247	0.5428	0.51	3.09	1.7563	0.6374	0.64	3.72
	PH	0.1119	0.1319	0.006	0.79	0.1838	0.2025	0.006	1.2
	n	178				99			
Oct-08	LCT	0.8689	0.2693	0.38	1.66	0.9131	0.2948	0.38	1.62
	LT	1.7555	0.5657	0.76	3.35	1.8633	0.6314	0.86	3.45
	PH	0.1764	0.208	0.01	1.03	0.2216	0.2358	0.01	1.15
	n	140				45			

Notación: Longitud cefalotórax (LCT), longitud total (LT), peso húmedo (PH), la media (X), desviación estándar (DS), valor mínimo (Min) y valor máximo (Max).

Los datos biométricos de LCT, LT, PH y tamaño de muestra de los acociles de ambos sexos recolectados en Xochimilco durante el período octubre 2007- octubre 2008, se muestran en el cuadro 2.

Durante el ciclo anual la distribución y composición global de las tallas en las hembras se presentó de la siguiente manera; el intervalo de tallas fue de 0.32 cm (LT) las más pequeñas, a 4.95 cm (LT) que fueron las más grandes. Las clases más abundantes de tallas se encontraron entre 0.8 a 2.3 cm (LT) correspondiendo al 74% del total de los organismos distribuido entre crías, juveniles y adultos. La mayor abundancia de individuos (52%), se encontró entre 1.3 y 1.8 cm (LT), que correspondieron a los estadios juveniles de la población. El promedio anual global total fue de 1.86 ± 0.670 cm, las hembras de mayor talla 4.9 cm (LT), se encontraron en marzo, abril y agosto 3.8 cm (LT) (Fig. 8A).

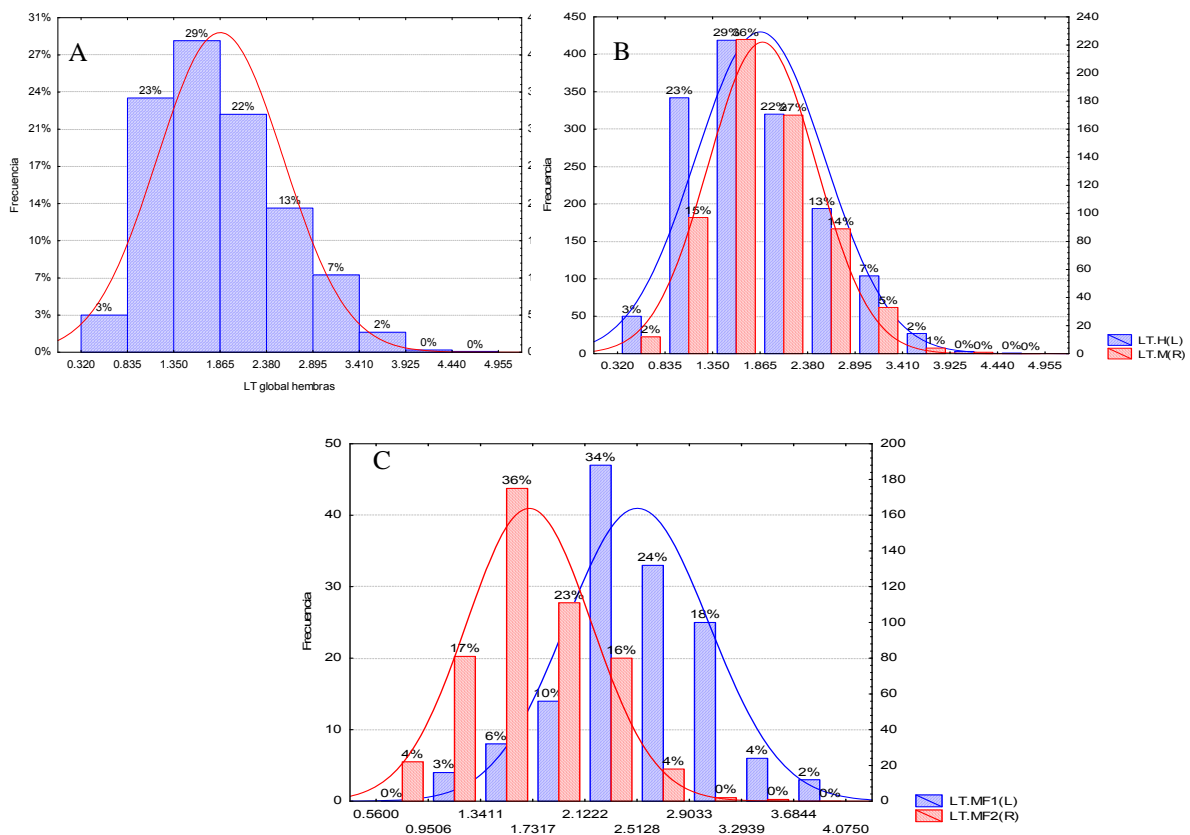


Figura 8. Distribución de (LT), de ambos sexos (A, B), y estados de madurez C (c.) *montezumae* de Xochimilco en un ciclo anual.

La distribución y composición global de tallas de ambos sexos indican que las hembras y machos exhibieron un rango de tallas de 0.3 a 3.9 cm (LT). La mayor abundancia de clase de talla se encontró entre 0.8 a 1.8 cm (LT) para las hembras, representando el 58% de la población crías y juveniles. En cambio para los machos la abundancia de clases fue del 51% entre 1.3 a 1.8 cm (LT) denotando alta incidencia de estados juveniles. La mayor abundancia para ambos sexos se presentó entre 1.3 y 1.9 cm (LT) que representó el 49% de los organismos y son estados juveniles de *C. montezumae*, arrojando un promedio anual de 1.86 ± 0.70 cm (LT) en hembras y 1.8 ± 0.58 cm (LT) en los machos. Los machos más grandes se encontraron en marzo con 4.0 cm (LT), abril 3.9 cm (LT) y septiembre con 3.7 cm (LT); se observaron diferencias entre las tallas de ambos sexos, pues las hembras alcanzaron mayores tallas por lo cual fueron más grandes y adquieren la madurez sexual en tallas más pequeñas, mientras que los machos fueron más pequeños y alcanzaron tallas más pequeñas, solo muy pocos exhibieron tallas grandes (Fig. 8B).

Para la distribución global de estadios de madurez en los machos, se encontró que el rango de clases tallas para los machos FII varió de 0.5 a 2.5 cm (LT), lo que representó el 90% de la población correspondiendo a crías, estadios juveniles y machos adultos inmaduros. La mayor abundancia de machos FII se ubicó entre 1.3 y 1.7 cm (LT), 59% del total que fueron estados juveniles, presentando un promedio anual de 1.70 ± 0.47 cm (LT). Para los machos FI la variación de tallas fue de 0.9 a 3.6 cm de (LT) distribuido entre individuos pequeños, juveniles y adultos, pero la mayor abundancia se encontró en el intervalo de clases de 2.1 a 2.9 cm LT (76%), que corresponde a machos maduros FI, con un promedio anual de 2.51 ± 0.53 cm. Cada uno de los estadios se encontró durante todo el ciclo anual de muestreo, pero se presentó una mayor abundancia de machos FII (Fig. 8C).

Las tendencias generales muestran que para la época fría la distribución de tallas para el mes de octubre (2007) se encontró entre 0.9 a 3.5cm (LT) y la mayor abundancia (56%) se ubicó en el rango de tallas de 1.5 y 2.3 cm de (LT) representando individuos juveniles y adultos, con un promedio mensual de $2.08 \pm$

0.59 cm para las hembras y 1.99 ± 0.44 cm para los machos. La talla más pequeña fue de 0.96 cm (LT) y la más grande 3.54 cm (LT) para las hembras, en los machos el valor más pequeño fue 1.07 y el más grande 3.06 cm LT (Fig. 9A).

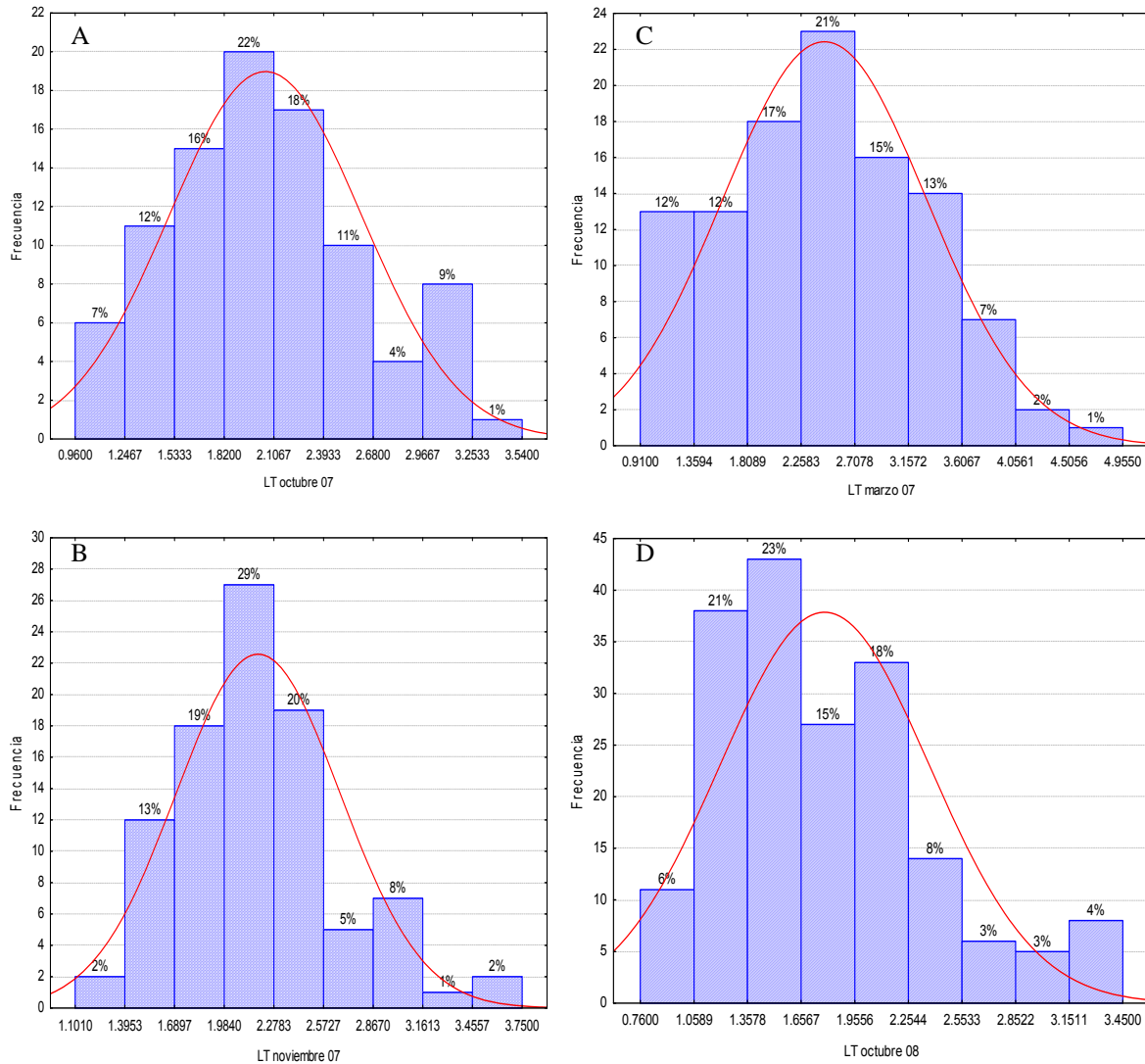


Figura 9. Distribución de frecuencias mensuales de (LT) de ambos sexos de *C. montezumae* en Xochimilco, época fría. (A) octubre 2007, (B) noviembre 2007, (C) marzo 2008 y (D) octubre 2008.

En noviembre el intervalo de las clases de tallas fué de 1.1 a 3.75 cm (LT). La mayor abundancia se presentó en tallas de 1.6 a 2.5 cm LT (68%) representando acociles, juveniles y adultos, con un promedio mensual de 2.21 ± 0.51 cm en hembras y de 2.11 ± 0.43 cm en machos. El valor más pequeño en hembras fue 1.25 cm (LT) y el más grande 3.75 cm (LT). En el caso de los machos el organismo mas pequeño fue de 1.01 cm y el más grande de 3.02 cm (LT), no se encontraron crías para este mes y se presentaron las primeras formas adultas; el crecimiento es igual para ambos sexos (Fig. 9B).

En el mes de marzo aparecen las primeras crías de acocil, la distribución de tallas fluctuó de 0.9 a 4.95 cm (LT) y la mayor abundancia (66%) se ubicó entre 1.8 y 3.1 cm (LT), presentando un promedio mensual en hembras de 2.49 ± 0.88 cm y de 2.35 ± 0.79 cm para los machos. Las hembras más pequeñas se encontraron entre 0.91 cm (LT) y las más grandes de 4.9 cm (LT), en los machos la mayor talla fue 4.0 cm y el más pequeño de 1.0 cm. (Fig. 9C).

En octubre de 2008 el intervalo de clases de tallas fue de 0.76 cm a 3.45 cm (LT). La mayor abundancia se encontró entre 1.05 y 1.95 cm que representa el 77%; el promedio mensual para las hembras fue de 1.76 ± 0.57 cm y para los machos de 1.86 ± 0.63 cm. (Fig. 9D).

La Fig. 10 muestra las distribuciones de tallas de LT de los acociles colectados durante la época cálida del año (Abril-Septiembre 2008) del ciclo anual. Esta época se caracterizó por presentar las tallas más pequeñas de todos los organismos capturados (clase talla: 0.32 - 0.72 cm de LT que representa el 16% de los organismos en el mes de abril), (Fig. 10A), así como distribuciones asimétricas con frecuencias mayores en los intervalos de talla menores, indicando que existió un reclutamiento continuo de crías a la población con dos eventos de mayor magnitud (meses de mayo-julio) y durante septiembre. Las distribuciones de talla reflejan un comportamiento bimodal (mayo, junio y septiembre), lo que denota la mezcla de dos cohortes en los meses señalados.

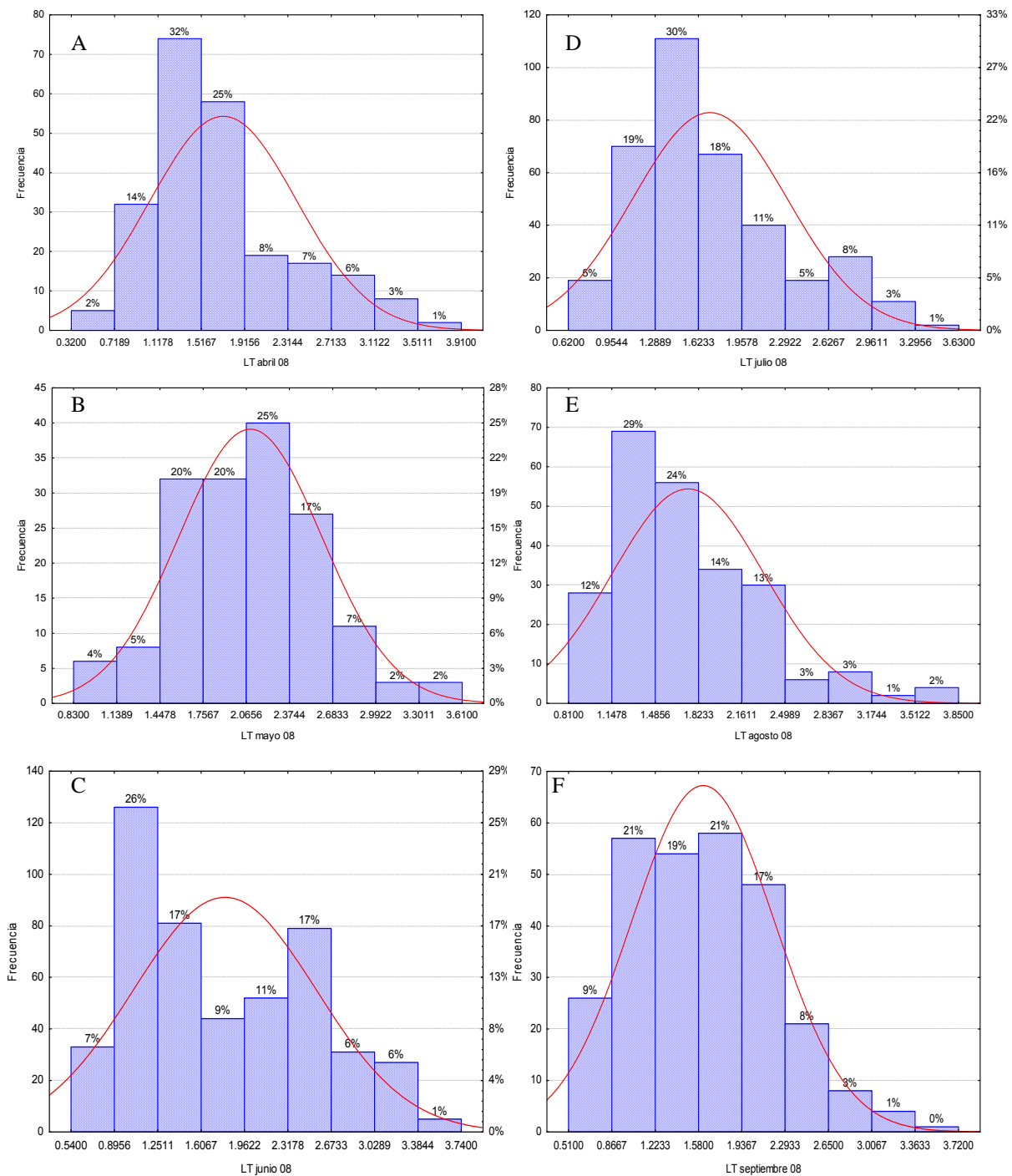


Figura 10. Distribución de frecuencias mensuales de (LT) en ambos sexos de *C. montezumae* en Xochimilco, época cálida. (A) abril, (B) mayo, (C) junio, (D) julio, (E) agosto y (F) septiembre.

En la época cálida, los meses de abril, junio, julio y agosto mostraron una distribución de tallas asimétrica negativa con una mayor frecuencia de tallas pequeñas.

El total de acociles recolectados durante 18 muestreos (octubre 2007-octubre 2008), fue de 2,328 individuos de los cuales 1,665 fueron hembras y 663 machos y de estos 140 fueron machos FI y 523 correspondieron a machos FII. El cuadro 3 presenta las abundancias, estados de madurez y registros de captura en los diversos meses del ciclo.

Cuadro 3. Abundancia, estados de madurez y registros de captura de *Cambarellus montezumae* de Xochimilco, (durante un ciclo anual)

mes	machos	FI	FII	hembras	Total	Lances	Duración	CPUE	CPUE/h	Rel.sexos(M:H)
Oct-07	26	10	16	66	92	132	4.4	0.7	0.16	0.39:1
Nov-07	28	10	18	65	93	150	4.12	0.62	0.15	0.43:1
Mar-08	31	16	15	76	107	227	4.05	0.47	0.12	0.41:1
Abr-08	88	13	75	270	358	117	3.52	3.06	0.86	0.32:1
May-08	38	12	26	124	162	59	1.03	2.75	2.67	0.30:1
Jun-08	120	28	92	330	450	197	6.15	2.28	0.37	0.36:1
Jul-08	120	25	95	247	367	160	3.59	2.29	0.64	0.48:1
Ago-08	68	4	64	169	237	163	3.43	1.45	0.42	0.40:1
Sep-08	99	16	83	178	277	121	1.34	2.29	1.71	0.55:1
Oct-08	45	6	39	140	185	49	3.3	3.77	1.14	0.32:1
Totales	663	140	523	1,665	2,328	1,375	34.93	19.68	8.24	

Del total de acociles capturados 72.7% correspondieron a hembras y el 27.2% (130) fueron machos, de éstos 42 individuos (32.3%) fueron machos maduros FI, en tanto el número de machos inmaduros FII fue de 88 individuos (67.7%) del total con una proporción de (FI1 : 2.1FII); la proporción para ambos sexos fue de (H3.9 : 1M). El número de lances fue de 558 y los organismos capturados por lance fue 0.85, con una duración de 15.87 horas que correspondió a una CPUE/h de 1.39.

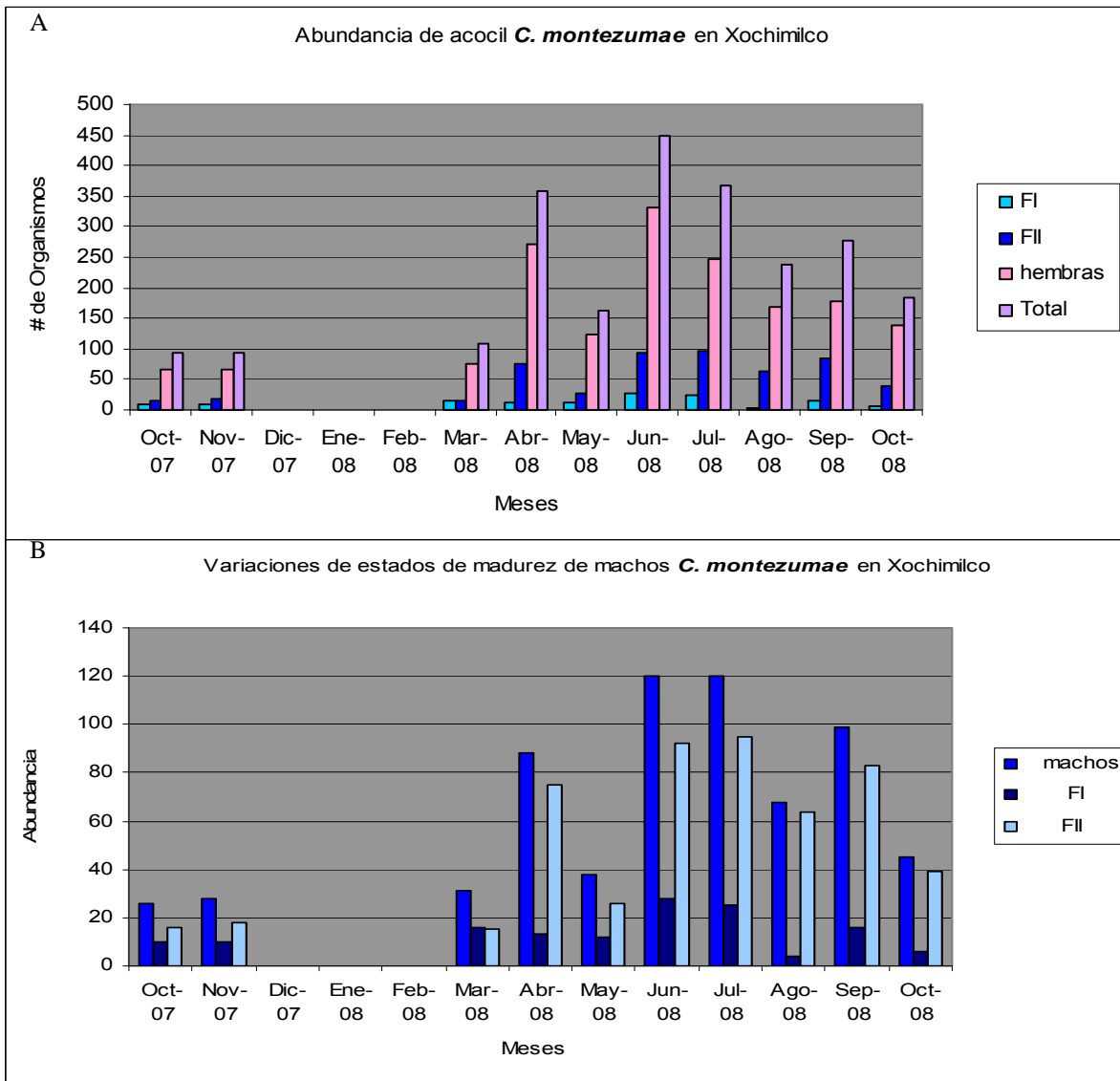


Figura 11. Variaciones en abundancia y estados de madurez de *C. montezumae* en un ciclo anual (A) ambos sexos, (B) machos FI y FII.

Durante la época fría del año (octubre 2007-marzo 2008), fueron capturados 477 especímenes que representaron el 20.4% del total de los organismos, de los cuales 347 (que fue la relación proporción de individuos durante la época cálida) fue 3.9 veces mayor que en la estación fría. El valor de CPUE anual fue de 1.7

acociles/lance y la relación de sexos fue superior en las hembras (2.5 hembras por cada ejemplar macho), (Fig 11A).

De los acociles machos capturados la mayor cantidad correspondió a estados inmaduros (n=523), representando el 78.9% del total, esto involucra una proporción (3.7:1) de machos inmaduros a maduros (Cuadro 3, Fig 11B), la abundancia de la población se vio influida drásticamente por la temperatura.

En la época cálida el número de organismos fue de 1,851 (79.6%) de los cuales 1,318 (71.2%), fueron hembras y solamente 533 machos y de estos, 98 acociles (18.4%) correspondió a machos maduros FI, y 435 (81.6%), fueron formas inmaduras FII con una proporción de (FI1 : 4.4FII). La proporción en ambos sexos fue de (H2.5:1M) y la proporción anual en los machos fue de (FI1:3.73FII). El número de lances fue de 817 y los organismos capturados por lance fué de 2.26 con una duración (h) de 19.06 y una CPUE/h promedio de 2.02.

La dinámica reproductiva de *C.(c.) montezumae*, se presenta en las Figuras 12 y 13, en meses consecutivos del ciclo anual, durante la época fría y cálida del período (Octubre 2007- octubre 2008). Las distribuciones comparadas entre octubre-noviembre y noviembre-marzo, denotan estructuras de tallas cercanas a la normalidad, con nula proporción de crías en ellas (rangos: 0.96 - 3.75 y 0.91 - 4.95 cm) LT, (Fig 12A y 12B) en tanto el contraste de marzo-abril (Fig. 12C), señala el inicio de la época reproductiva (aparecen individuos de tallas pequeñas). Este proceso se acrecentó durante la época cálida (Fig. 13A a 13F). Durante este lapso en todas las recolectas se encontraron acociles de tallas inferiores a 0.8 cm de LT, indicando un reclutamiento constante de crías a la población durante esta época del año.

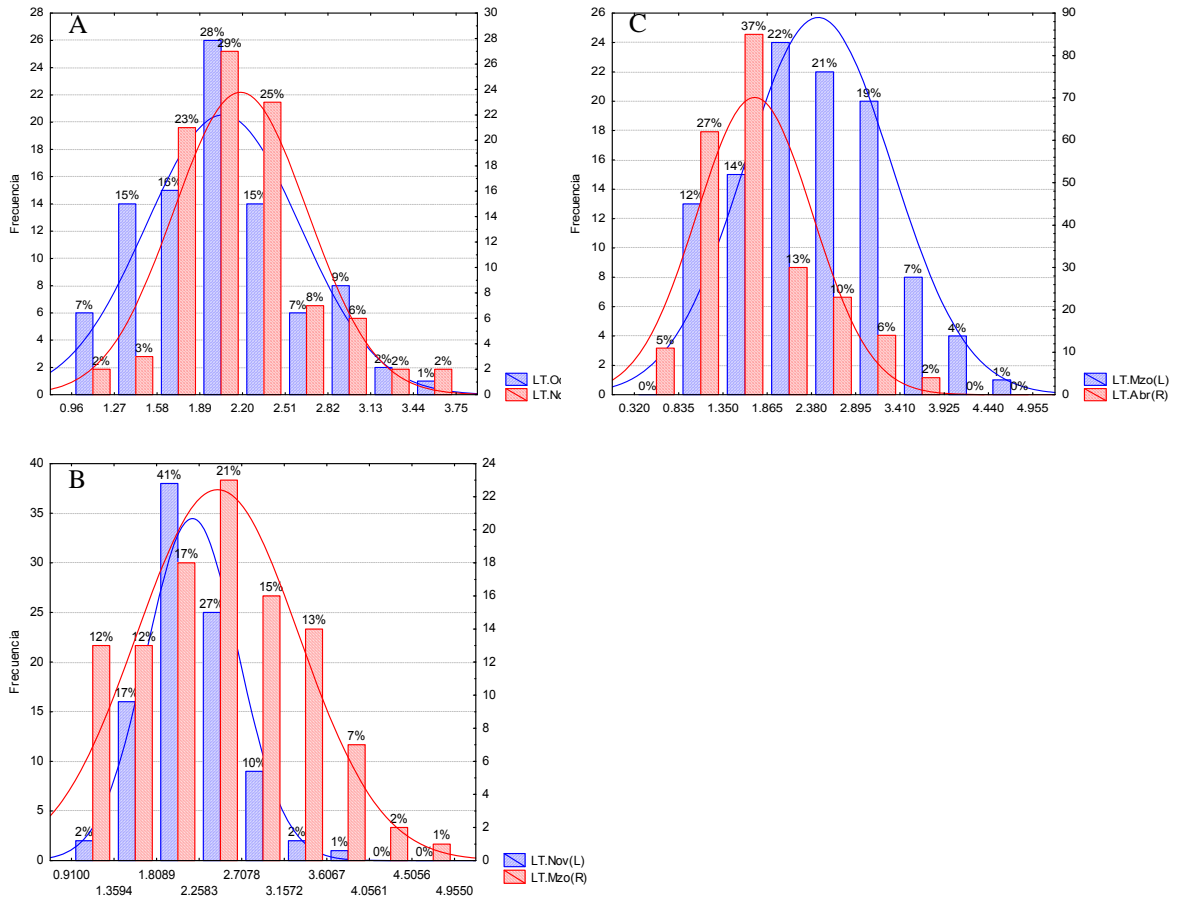


Figura 12. Comparación de la distribución de tallas de (LT), de *Cambarellus montezumae* en meses consecutivos de un ciclo anual. (A) octubre-noviembre 2007, (B), noviembre 2007-marzo 2008, (C) marzo-abril 2008.

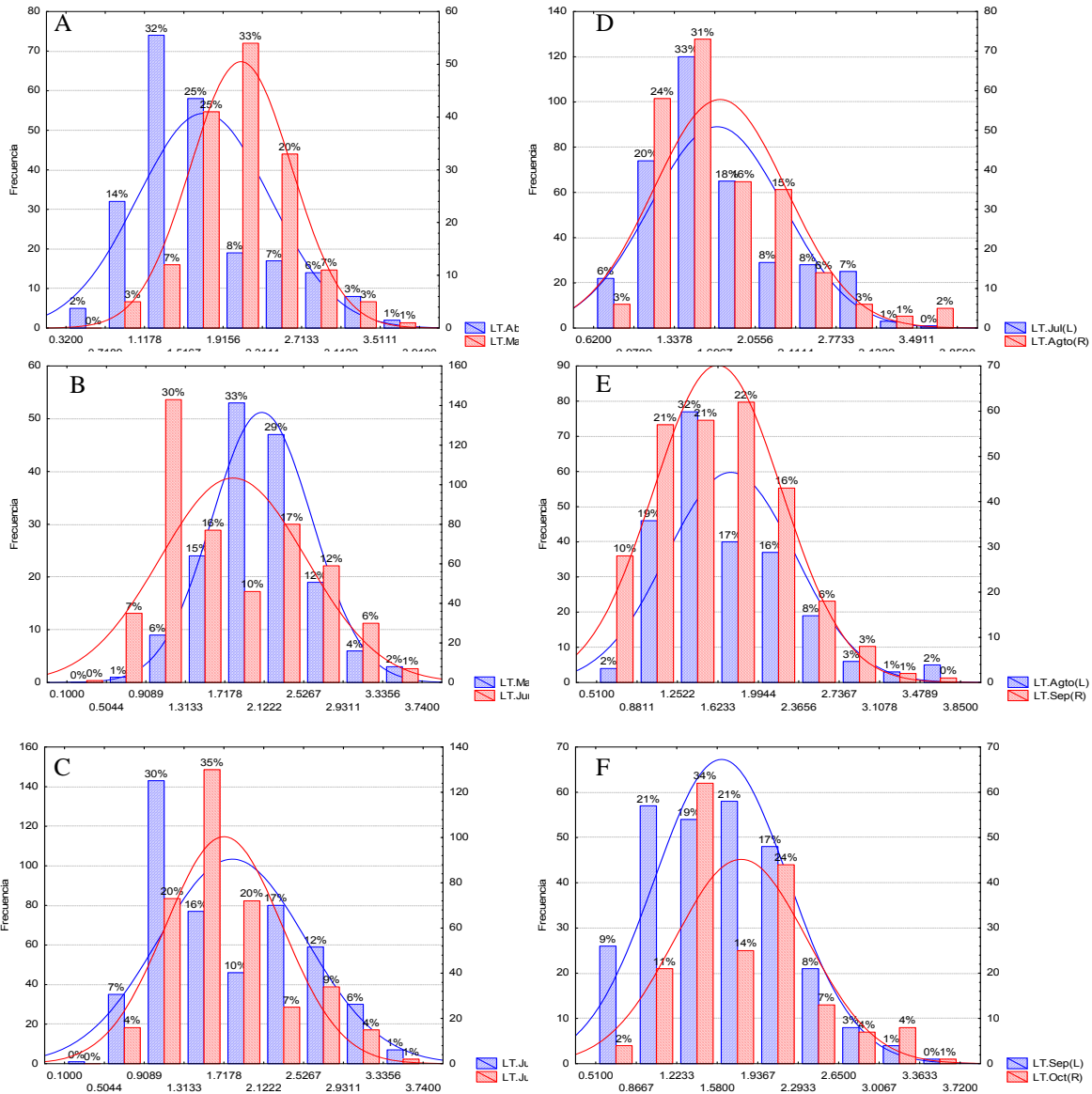


Figura 13. Comparación de la distribución de tallas de (LT) de *C. montezumae* en meses consecutivos de un ciclo anual. (A) abril-mayo 2008, (B) mayo-junio, (C) junio-julio, (D) julio-agosto, (E) agosto-septiembre y (E) septiembre-octubre.

Fecundidad

En todas las recolectas realizadas el número de hembras ovígeras capturadas fue muy bajo ($n=6$), al correlacionar la fecundidad (# de huevos-crías/hembra) en relación a su longitud total y se obtuvo que acociles de LT pequeñas y grandes (3.2 y 4.4 cm) tuvieron baja fecundidad, con 23 a 27 huevos/ hembra.

Las hembras de tallas entre 3.5 y 3.8 cm de LT mostraron registros de 35-55 huevos (Fig 14) por lo que no se evidenció una correlación entre fecundidad-talla en estos especímenes.

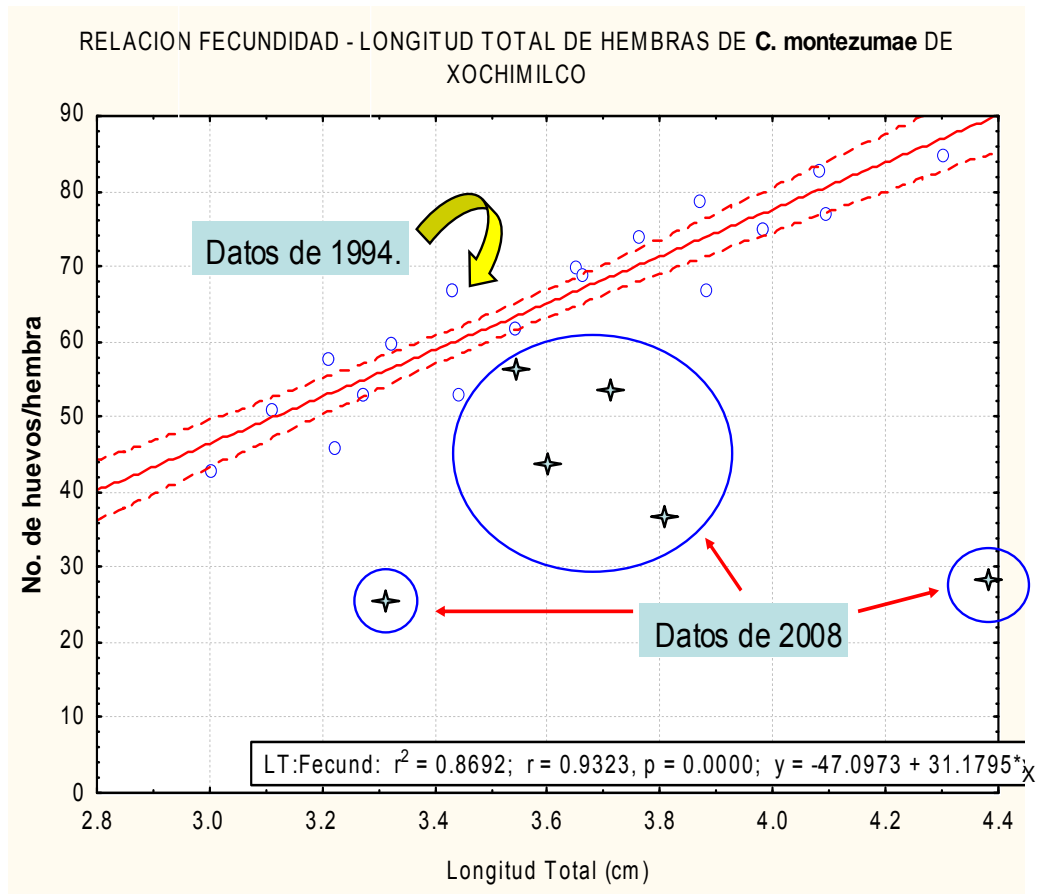


Figura.14. Comparación de la fecundidad de hembras de *Cambarellus montezumae* de Xochimilco.

Al comparar la relación fecundidad-talla del año 1994 para *C. montezumae* de Xochimilco, fue claro que el potencial reproductivo fue significativamente mayor y estaba relacionado con la talla de los especímenes, ya que en las tallas de 3.0 y 4.3 cm de LT el número de huevos fue de 41 a 85 huevos/hembra respectivamente (Latournerié, compers, 94).

Discusión

1.- Caracterización de hábitat

Con respecto a la calidad del agua y en base a los resultados obtenidos en el análisis de caracterización de hábitat. Se encontró que la variación de la temperatura en el tiempo tuvo un impacto significativo en el canal el Bordo, con dos estacionalidades marcadas una como época fría, que correspondió al período noviembre – marzo, con temperaturas mínimas registradas de 15.6°C-16.6°C, y una época cálida correspondiente a los meses de mayo – agosto del ciclo anual, con una temperatura máxima de 25.4°C.

Aunque no se aplicó un análisis estadístico para correlacionar la temperatura con la dinámica de la población de *C. montezumae*, es posible inferir que la distribución y abundancia de los organismos varió en relación a este parámetro, ya que cuando las temperaturas fueron más bajas, el número de acociles disminuyó, y cuando las temperaturas fueron más cálidas hubo un aumento en el número de éstos (Cuadro 3).

Es factible señalar que este factor ejerció un efecto modulador en la distribución y abundancia de los acociles, pero actuando en conjunto con otros factores, como la disponibilidad de alimento, tipo de vegetación, presencia de depredadores, desechos tóxicos, contaminantes, así como la conducta de los organismos y su fecundidad.

Las temperaturas más bajas fueron registradas en el fondo de la columna de agua, durante los meses de noviembre 2007 y octubre 2008 con 16°C. Mientras que los máximos valores se registraron en la superficie en los meses de mayo, julio y agosto. Esto es muy similar con los datos reportados para el lago de Xochimilco por Ortiz y Rubalcava (2005), donde el comportamiento de la temperatura cambió según el mes y año en los que se realizaron los muestreos, las máximas temperaturas (25°C) fueron obtenidas en abril y mayo, y en el mes de noviembre se registró la menor temperatura (15.6°C).

La importancia de la temperatura radica en que influye sobre algunos parámetros, físicos, químicos y biológicos del canal el Bordo como pueden ser la disminución

de la solubilidad de algunos gases, acelerando reacciones químicas y puede incrementar o disminuir el metabolismo de los organismos, lo que afecta la producción del sistema (Margalef, 1983). La temperatura ha sido descrita como el factor primordial para el crecimiento del acocil (Lowery, 1988).

El crecimiento también puede ser modificado por la calidad y disponibilidad del alimento, química del agua, disponibilidad de refugios, estrés ambiental y factores dependientes de la densidad (Jones y Momot, 1983; Lowery, 1988; Morrissy et al 1995). Estos factores también pueden afectar de forma diferencial componentes separados del crecimiento de crustáceos, por ejemplo el tamaño del incremento de muda y la duración del período de intermuda.

En el caso del lago de Xochimilco, el ciclo de temperatura anual varía en magnitud en distintos años en el área de estudio (Latournerié, com.pers), lo que a su vez tiene un efecto modulador de la dinámica de la población de *C. (c.) montezumae*. Usualmente un acocil alcanza su primer talla de madurez entre 1.8 y 2.0 cm de LT con temperaturas promedio por arriba de 19°C, pero en años con ciclos de temperatura altos, donde hay varios meses con valores de temperatura entre 23 a 25°C, la talla de primera madurez, puede darse inclusive en machos de 1.6 cm de LT.

Debe considerarse que el efecto de la temperatura puede estar relacionado con la abundancia de alimento, densidad de depredadores, cobertura de la vegetación riparia entre otros factores. Cornejo (1991), registró en laboratorio que los adultos de *C. montezumae* tuvieron una preferencia térmica de 23°C y que los juveniles seleccionaron activamente una temperatura de 25°C en un gradiente térmico horizontal. Estos valores de temperatura estarían reflejando el intervalo óptimo de maduración para los adultos de la especie y las condiciones de mejor crecimiento para los primeros estados de desarrollo. Recientemente, Aguilar-Román, et al., (2010), reporta óptimo crecimiento de crías de acocil a 25°C, en un ensayo de crecimiento empleando tres niveles de temperatura: 20, 25 y 30°C en condiciones de laboratorio. Dado lo anterior, cabría esperar que en el intervalo térmico de 18 a 25°C (zona de tolerancia al factor temperatura en *C. montezumae*), se deberían

alcanzar las mayores abundancias de esta especie en el área de estudio (Maldonado y Latournerié, 1990).

Para la variable oxígeno de acuerdo a los datos obtenidos se observó que se presentaron condiciones anóxicas en el fondo de la columna de agua. En la superficie durante los meses de abril, junio, julio que fueron los de mayor abundancia de captura la concentración de oxígeno disuelto fue 4.2 - 6.8 mg O₂/l, por lo que se encontró dentro del límite inferior permisible para soportar la vida acuática (4.1-7.9 mg O₂/l). Durante el ciclo anual el oxígeno se mantuvo por arriba de 6 mg O₂/l, por lo que se concluye que *C (c.). montezumae* tolera variaciones en los niveles de oxígeno (dentro de este intervalo), sin impacto significativo aparente en la presencia de esta especie.

La concentración de oxígeno en el fondo fue menor durante el mes de abril con 2.4 mg O₂/l y en septiembre con 2.2 mg O₂/l. Mientras en la superficie la concentración de oxígeno fue mayor en el mes de marzo con 7.6 mg O₂/l. Esto puede deberse a que en el lugar se descargan aguas de las plantas el Cerro de la Estrella y San Luis Tlaxiátemalco, que contienen una gran cantidad de materiales orgánicos y nutrimentos, los cuales aprovechan las algas para su desarrollo, ocasionando por ende sobreesaturación y/o descensos abruptos en los niveles de oxígeno dependiendo de las condiciones ambientales y la época del año. La disminución de oxígeno puede ser resultado de procesos de consumo de este gas por efecto de las bacterias (Nijboer y Verdonshot, 2004).

La disminución del oxígeno disuelto en la superficie es una medida de la descomposición de la materia orgánica en aguas profundas y en los sedimentos y representa una medida indirecta de la producción biológica en el sistema acuático (Wetzel, 2001).

Durante octubre 2007 el agua del canal el Bordo presentó condiciones ligeramente ácidas con un pH de 5.8, pero la mayor parte del ciclo anual el pH se mantuvo por arriba de 8 y 9 unidades, por lo que el agua tiende hacia la alcalinidad, pero en los meses de abril, junio y julio el pH registrado fue de 8.4 a 10.8 unidades. Los valores de pH más alcalinos, pueden influir de manera directa en el proceso de muda y crecimiento así como en la alta mortalidad de fases juveniles. En este

estudio la variación del pH fue significativa ($P < .025$) en el tiempo. El valor mínimo de pH se registró en 5.8 unidades en octubre 2007 y los máximos niveles (10.8) se presentaron en abril.

Esto concuerda con los datos de Ramos-Bello et al., 2001, para este parámetro hay incremento de pH, durante los meses de julio y agosto, que corresponde al período de lluvias. Durante la época de lluvias se presenta un lavado de suelo circundante al cuerpo de agua, este lavado provoca el arrastre de compuestos carbonatados, lo que incrementa los valores de pH, hacia la alcalinidad.

Los valores de pH, en el sistema, tienden a un comportamiento de neutro a básico. Esta basicidad es resultado de la hidrólisis de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos de calcio (Lind, 1985). En general el pH se ubicó entre 7 a 9 unidades, pero hubo un incremento desde abril hasta septiembre, lo que indica que ya no solamente influyó la época de lluvias sino hubo una interacción con otros factores, como es el caso de la descarga de las aguas negras y residuales que se vierten en todos los canales, ya que acarrearán una gran cantidad de carbonatos, bicarbonatos, fosfatos, nitritos, nitratos, sulfatos. Esto genera una disminución del CO_2 libre y consecuentemente los altos valores de alcalinidad de este sistema.

En nuestro país los niveles de conductividad oscilan entre 20 y 10,000 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ (Arredondo- Figueroa y Ponce-Palafox, 1986). Para el lago de Xochimilco los meses donde se presentaron niveles altos de iones fueron octubre-noviembre 2007, con 1198 y 1107 μS tanto en el fondo como en la superficie, de acuerdo a Ramos-Bello et al., 2001 esto puede deberse al empleo de fertilizantes en las chinampas, al pastoreo de ganado y a la gran cantidad de materia inorgánica en forma de partículas suspendidas que forman compuestos iónicos a lo largo de la columna de agua. Durante todo el ciclo anual los niveles de conductividad eléctrica se mantuvieron por arriba de 500 y 900 μSm . Por ende, la conductividad no parece ser un factor determinante en la abundancia y distribución de los acociles, y se mantuvo por abajo de los límites permisibles para nuestro país.

Con respecto al potencial redox los niveles más bajos se presentaron en los meses de octubre y noviembre de 2007, siendo de 84 y 238 mV y 13 y 74mV, en superficie y fondo respectivamente, lo que indicó que durante la época fría las

reacciones de oxidación se encuentran disminuidas. En tanto que en la época cálida y en los meses donde hubo una mayor recolecta de organismos los valores se mantuvieron por arriba de 184 mV, alcanzando niveles de hasta 1240 mV.

Los valores más altos se presentaron en la época cálida durante el mes de mayo con 1247 y 1248 mV en superficie y fondo, y en julio con 1240 mV en superficie. Según Parinet et al., 2004, los niveles de potencial redox se incrementan debido a la liberación de fosfatos acumulados en los sedimentos.

2.- Dinámica Poblacional

En cuanto a la abundancia global de *C (c.) montezumae* se observaron diferencias notables entre las recolectas realizadas entre las épocas fría y cálida del ciclo anual, incrementándose los valores de abundancia durante la estación cálida. Para todos los casos, la proporción hembras : machos fue mayor en las primeras, así como los valores fueron mayores en la proporción de estados inmaduros ($p < 0.0001$), empleando la prueba de χ^2 .

Esto es muy similar a lo reportado por Gherardi (2007), Kirjavainen y Westman (1999) y Grandjean (2000) para la población de *Pacifastacus leniusculus*, estos autores concluyeron que la baja captura de organismos durante el invierno y primavera con respecto al verano y otoño, pudo estar relacionado con la menor actividad de los acociles después de la crianza y la época de desove. Asimismo Masón (1970) refirió que el incremento en la captura de organismos durante el verano y otoño pudo estar relacionado con la presencia de pastos y la actividad de crecimiento y el inicio de la estación de apareamiento. En este estudio la abundancia varió de una época a otra por factores como la temperatura, pH, nutrientes, materia orgánica y depredación, siempre los acociles se encontraron a lo largo del canal, asociados con la vegetación riparia y el sustrato fangoso, mostrando un promedio anual para las hembras de $(1.86 \pm 0.67$ cm de LT) y en los machos de $(1.8 \pm 0.58$ cm). Los acociles más grandes tuvieron 4.95 cm de LT y correspondieron a hembras. Esto pudo deberse a que las hembras alcanzan la madurez sexual a tallas más grandes por lo que canalizan más su energía al crecimiento y desarrollo de ovarios. En los machos las tallas más grandes fueron

de 4.07 cm de LT, lo que puede relacionarse a que los machos alcanzaron la madurez sexual a tallas más pequeñas y la mayor parte de su energía la canalizaron al proceso reproductivo. Esto es similar a lo reportado por Rangel (2009), quien mencionó que a partir de abril hubo un aumento en la población y un mayor porcentaje de individuos en la época de lluvias calientes (43%), lluvias frías 26% y secas 31%. En la distribución de tallas presentadas en las hembras, éstas se encontraron en el intervalo de 0.6 mm a 41.5 mm (LT) y las hembras más grandes aparecieron en los meses de febrero, marzo y abril y fueron de 38 mm a 41.5 mm. Vásquez (2009) reportó que las hembras más grandes alcanzaron una longitud de 44.4 mm y las de menor tamaño fueron de 20 mm en septiembre 2006 a enero 2007.

En lo que respecta a la abundancia anual de los estados de madurez de los machos, se encontraron durante todo el ciclo ambas formas, pero predominó la abundancia de machos FII. Lo anterior puede relacionarse con la variación espacio – temporal de la temperatura, depredación, contaminación, estrés ambiental, etc. A su vez, la alteración en la proporción de sexos puede asociarse a que en el agua de los canales estuvo presente algún metal tóxico, hormonas o contaminante químico que pudo afectar e influir en la abundancia de machos (FI). Por su parte (Rangel, 2009), reporta que en *C. montezumae* los machos juveniles, se encontraron en baja proporción en el período de septiembre a febrero, mientras que en el transcurso de marzo a junio su número aumentó. Esto es muy similar con los resultados de este trabajo pues los meses donde hubo un mayor número de organismos juveniles fueron abril y junio de la época cálida.

En el caso de la abundancia de los estadios de madurez de los machos (Rangel, 2009), reportó que los machos forma I y forma II fueron escasos durante la temporada de lluvias frías y secas (septiembre-06 a mayo- 07) pero que en la época de lluvias calientes (junio a septiembre-06) el número de individuos se incrementó significativamente. En este estudio se encontró que en los meses de (junio-julio 08) es donde hubo un mayor incremento de machos FI, que efectivamente correspondió a la época cálida de lluvias, mientras que en la época fría el número en la población de machos FI fue muy escasa. En los estadios de

de machos inmaduros FII se encontró un mayor número de estos en la época cálida de abril a septiembre del 2008.

Entre estos estresores ambientales se encuentran los pesticidas, los cuales son empleados en muchas áreas de la agricultura para control de plagas e incrementar los rendimientos de los cultivos, y en el caso de Xochimilco aunque la información es dispersa, existen evidencias del empleo de estos en las actividades productivas de la zona chinampera (De la Luz-Ramírez y Latournerié, com. pers). Algunos de los más usados a nivel global son: atrazina, cianazina y simazina, metolaclor, alaclor y acetoclor, así como compuestos organofosforados, estos químicos son encontrados en ríos y lagos, en aguas superficiales de escurrimientos de las actividades agrícolas (Wolf y Moore, 2002). Los peces y los invertebrados acuáticos están expuestos a diversos niveles de contaminantes a través del año, los cuales pueden causar daño físico a distintas áreas del cuerpo del organismo (Wolf y Moore 2002).

Estos contaminantes pueden disminuir la capacidad de percibir y responder apropiadamente a los estímulos químicos del hábitat (Klaprat, et al. 1992). Entre las respuestas alteradas pueden citarse: desorientación hacia el alimento, interacciones sociales (disminución de la frecuencia de apareamiento) e incluso reconocimiento inapropiado de depredadores. En este caso, la respuesta de alarma inicial del acocil ante un depredador, consiste en cesar su movimiento para pasar desapercibido o buscar refugio. Sin embargo en presencia de pesticidas, los organismos pierden coordinación muscular y presentan inhibición de los receptores de la neurotransmisión para el procesamiento adecuado de la información de su entorno, tal conducta facilita el proceso de depredación (Wolf y Moore, 2002).

En este estudio se observó que la estructura poblacional (fecundidad, proporción de sexos, estados maduros e inmaduros) de *C. (c.) montezumae* está alterada, pues ante la disminución del número de machos maduros también se presentó una baja capacidad reproductiva y de fertilidad y de una disminución en el potencial reproductivo de la población. Esto influyó en la fecundidad y puesta de huevos de las hembras, así como el tamaño de las tallas durante la época de

apareamiento, ya que al presentar los machos tallas más pequeñas escogen hembras de tallas medianas en las cuales el nivel de fecundidad no es muy alto, comparado con tallas mayores, ó que al ser mayor la población de hembras, el número de machos no sea suficiente para la cópula durante la temporada reproductiva. Tales tendencias conllevarán en breve plazo a un colapso de la población de acocil en este sitio, si no se toman las medidas adecuadas.

Por ende, la información generada en este estudio, resulta de importancia primordial para señalar a las autoridades competentes que es urgente generar un plan de acción que permita la recuperación y manejo sustentable de la población de acocil en Xochimilco, antes de que desaparezca este patrimonio de la población mexicana.

Conclusiones

La temperatura tuvo un impacto significativo en la variación espacio-temporal en la localidad de estudio.

Las temperaturas más altas se registraron durante los meses de mayo, julio y agosto (época cálida), y las más bajas se registraron durante el período noviembre – marzo (época fría).

La concentración de oxígeno, el potencial redox y la conductividad no mostraron variación en el tiempo.

El agua del Canal El Bordo mostró una tendencia ligera hacia la alcalinidad durante la época cálida.

La distribución de *C. montezumae* estuvo asociada a la presencia de vegetación riparia en las orillas de los canales.

El mayor número de acociles se recolectó en la época cálida, cuando la temperatura estuvo en un rango de 19°C a 25°C, este intervalo de temperatura fue favorable para la reproducción y eclosión de crías de *C. montezumae*.

Las tallas globales máximas alcanzadas en hembras fue de 0.3 a 3.9 mm LT y en los machos de 0.3 a 3.4 mm LT.

Las tallas más abundantes de *C. montezumae* de ambos sexos durante todo el ciclo anual, se encontró en 1.3 mm LT, correspondiendo a organismos juveniles.

Las tallas de machos FI fueron de 2.1 a 3.6 mm LT y en machos FII fue de 0.5 a 2.5 mm LT.

La mayor abundancia de tallas para machos FI, se encontró en 2.1 mm y para los machos FII en 1.3mm.

Los meses con mayor abundancia de *C. montezumae* fueron abril, junio, julio, agosto y septiembre, los de menor abundancia fueron octubre, noviembre y marzo.

Fue mayor la abundancia de la población de hembras que la población de machos.

Fue mayor la abundancia de la población de machos FII que la población de machos FI.

Los meses de mayor abundancia de machos FI, fueron junio y julio.

El proceso reproductivo fue continuo todo el año, pero los mayores pulsos se presentaron entre los meses de la época fría marzo- mayo, y en un segundo evento de menor intensidad en julio- agosto.

El reclutamiento de crías de *C. montezumae* es continuo todo el año pero los mayores pulsos se presentaron durante la época cálida, en los meses de abril- junio y un segundo evento de menor intensidad en septiembre-octubre.

Hubo una mayor tasa de mortalidad en crías y en especial en machos.

Durante los meses de mayo, junio y septiembre se presentó una distribución bimodal de tallas.

El potencial reproductivo de la población de *C. montezumae* se encontró reducido.

La fecundidad fue muy baja en hembras de tallas pequeñas y grandes.

La fecundidad en las hembras se encontró reducida en el año 2008, en comparación con los registros de fecundidad de la especie del año 1994.

La fecundidad en las hembras no guardó una relación directa entre el tamaño y número de huevos en 2008.

La fecundidad en las hembras sí guardó una relación directa entre el tamaño y número de huevos en el año 1994.

Recomendaciones

Dar pláticas y crear conciencia en la población del lugar y a los visitantes que no tiren basura en los canales

Generar más proyectos de investigación sobre *C. montezumae* para poder tomar las medidas adecuadas para su manejo y conservación.

Hacer repoblamiento de la especie en zonas de menor impacto.

Hacer criaderos tanto de acocil como ajolote para asegurar su preservación y conservación dentro de los canales que tengan menor impacto en el área de estudio.

En el caso del acocil invertir mas en su cultivo ya que es un recurso que puede ser explotado adecuadamente, y a la vez generar una derrama económica en la población, de esta forma la comunidad Xochimilca aprendería a conservar y cuidar este recurso.

Anexo 1

Cuadro 3. Resultados de contrastes múltiples de medias obtenida con la prueba de Tukey análisis confirmatorio.

Factor	MESES
Temperatura	<u>Oct07#Nov07=Maz08=Abr08#May08=Jun08=Jul08=Ago08=Sep08#Oct08</u>
Oxígeno	<u>Oct07=Nov07=Maz08#Abr08=May08=Jun08=Jul08=Ago08=Sep08=Oct08</u>
pH	<u>Oct07#Nov07=Maz08#Abr08=May08=Jun08=Jul08=Ago08=Sep08=Oct08</u>
Conductividad	<u>Oct07=Nov07=Maz08=Abr08=May08=Jun08=Jul08=Ago08=Sep08=Oct08</u>
Potencial Redox	<u>Oct07=Nov07=Maz08=Abr08=May08=Jun08=Jul08=Ago08=Sep08=0oct08</u>

LITERATURA CITADA

- Aguilar, M. M. 2007. Detección de factores de virulencia de *Escherichia coli*, *Shigella*, *Salmonella* en agua superficial y subterránea de Xochimilco. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología. UNAM. México. 43 pp.
- Aguilar-R; Nacif-Osorio, Y; García-Padilla, G; R. Cárdenas-Vázquez and J. R. Latournerié-Cervera. 2010. The effect of temperature on the growth, survival and production of offspring of crayfish *Cambarellus montezumae* (SAUSSURE) from the lake of Xochimilco. Poster presentation at International Association of Astacology 18 th Symposium in Columbia, Missouri, USA. July 18 – 23, 2010.
- Ahvenharju, T. 2007. Food intake, growth and social interactions of signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (DANA). PHD Dissertation in Fishery Science. Faculty of Biosciences of the University of Helsinki. Finlandia. 61 pp.
- Alvarez, F. y G. Rodríguez-Almaraz. 2008. Crustáceos de México: estado actual de su conocimiento. Direc. Gral. Pub. Univ. Autón. Nuevo León, NL. 522 pp.
- Aranda, M. S. 2004. Zona lacustre “Ejidos de San Gregorio Atlapulco”. Ficha informativa de los Humedales de Ramsar (FIR). México. 13 pp.
- Arredondo-Figueroa, J. L y Ponce-Palafox, J. T. 1986. Aporte al conocimiento limnológico de un embalse temporal tropical por medio de la aplicación de modelos multivariados. Anales del instituto Ciencias del mar y Limnología. 13 (2): 47-56.
- Arredondo-F, J. L; Vásquez, G. A; Barriga, S. I; Carmona, O. C; y Rodríguez, S. M. 2010. Effect of density on growth and feeding of the crayfish *Cambarellus montezumae* (Saussure, 1857). Journal of Applied Aquaculture. 22 (1): 66-73.
- Avila, B. E. 2000. Composición actual de la ictiofauna del lago de Xochimilco. Tesis de Licenciatura. ENEP- Iztacala. UNAM. México. 57 pp.
- Bhattacharya, G. C. 2007. A Simple Method of Resolution of a Distribution into Gaussian Components. International Biometric Society. 135 pp.

- Cantú, L. L. 1959. Contribución al conocimiento de la embriología del acocil *Cambarellus capota*. Tesis. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 36 pp.
- Cantú, A. R; Díaz-Barriga, F; Eccardi-Ambrosi, E; Lira-Fernandez, J; Ramírez-Ruíz, M; Serra-Tejada y A. Zavala-González. 1991. México diverso un encuentro con su naturaleza. ISSSTE, México, D.F. 254 pp.
- Capurro, M; Galli, L; Mori, M; Salvidio, S y Arillo, A. 2007. The signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) [Crustácea: Decapoda: Astacidae], in the Brugneto lake (Liguria, NW, Italia). The beginning of the invasion of the river Po watershed. *Aquatic Invasions*. 2 (1): 17-24.
- Cisneros, I. L. 2005. Aspectos ambientales relacionados con la calidad del agua en Xochimilco, Distrito Federal. Tesis de licenciatura. UNAM. Facultad de Ciencias. México. 91 pp.
- Civera, C. R. y Cruz, S. L. 1982. Bioensayos de incubación artificial del acocil *Cambarellus montezumae*. (Saussure, 1858) (Decapoda, Astacidae). Tesis de licenciatura. UAM Iztapalapa. México. 75 pp.
- Cornejo-Rodríguez. A. 1992. Selección térmica del acocil *Cambarellus montezumae* (SAUSSURE) (CRUSTACEA: ASTACIDAE) y su correlación con algunos índices fisiológicos diferencias estacionales". Tesis de licenciatura. UNAM. Facultad de Ciencias. México. 42 pp.
- De la Rosa, B. J. 2006. Contaminación del lago Xochimilco por aguas negras y su influencia en la agricultura local. Tesis de licenciatura. UNAM. Facultad de Filosofía y Letras. México. 71 pp.
- Fernández, A. M; Cortés, E. A y Hernández, M. V. 1993. Policultivo de peces en un sistema chinampero de San Luis Tlaxialtemalco, Xochimilco. D.F. UAM Xochimilco (Comps.). Primer Seminario Internacional de Investigadores de Xochimilco. Memorias, UAM. Xochimilco. México. 250 pp.
- Flores, R. G. A. 2009. Análisis preliminar de algunos factores físico-químicos indicadores de la calidad del agua en Xochimilco. Tesis de licenciatura. UNAM. Facultad de Ciencias. México. 43 pp.

- Gaceta Oficial del Distrito Federal. 11 de Enero de 2006. Órgano de Gobierno del Distrito Federal. Décima Sexta Edición.No.5 Gobierno del Distrito Federal. 45 pp.
- García, E. 1988. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. México, offset Larios. 217 pp.
- Gherardi, F. 2007. Understanding the impact of invasive crayfish In: Universidad Columbia. USA. 507-542 pp.
- Hobbs, H. H. Jr., 1984. On the distribution of the crayfish genus *Procambarus* (Decapoda: Cambaridae). Journal of crustacean, Biology, 4 (1): 12-24.
- Hobbs, H. H. Jr. 1988. Crayfish distribution, adaptative radiation and evolution, In: Holdich D .M. and R. S. Lowery (eds), Freshwater crayfish, biology, management and exploitation. Croom Helm Press, London, 82 pp.
- Hobbs, H. H, III, 1991. Adaptations and convergence in North American Crayfishes. Freshwater crayfish. 2, 541-549.
- Holdich, M. D. 2002. Distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries. England. Bull.Fr.Peché. Piscic. 367: 611-645.
- Holdich, D. M; Lowery, R. S. 1988. Freshwater crayfish: biology, management and exploitation. Chapman and Hall, London. 498 pp.
- Holdich, M. D. 1993. A review of Astaciculture: Freshwater crayfish farming. Aquat, Living Resour. 6: 307-317.
- Holdich, D.M. and R. S. Lowery. 1998. Growth, Moulting and Reproduction. Helm. London. 83-112 pp.
- Holdich, D. M. and R. S, Lowery. 1998. Ecology, Population Biology and Behavior. Helm. London. 115- 143 pp.
- Hunner, J. V. 1981. Information about the biology and culture of the red crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Decapoda: Cambaridae) for fisheries managers in Latin America. An.Instituto del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, 8 (1): 43-50.
- Hunner, J. V y J. E. Barr. 1984. Red swamp crayfish: biology and exploitation. Baton Rouge, Louisiana USA, Louisiana Sea Grant College Program, Center ford Wetlan Resources, Louisiana State University. 136 pp.

- INECOL, 2002. Informe final programa rector de restauración ecológica área natural protegida zona de conservación ecológica "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2008. Cuaderno delegacional de Xochimilco, Distrito Federal. Sistema Nacional de Información Estadística y Geografía. [http// www. Inegi.org.mx](http://www.Inegi.org.mx). consulta en noviembre 2009.
- Jones, P. D. y Momot, W.T.1983. Bioenergetics of *Orconectes virilis* in two pothole lakes. *Freshwater Crayfish*, 5:192-209.
- Klaprat; D. A; Evans, R. E and Hara, T. J. 1992. Environmental contaminants and chemoreception in fishes. in Hara, T. J. (editor). *Fish chemoreception*. Chapman and Hall, New York. 321-341.
- Latournerié-Cervera, J. R; Nacif-Osorio, Y; Cárdenas-Vázquez, R. y J. Romero-Jarero. 2006. Crecimiento, Producción y Eficiencias de Energía de crías de acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure), alimentadas con detritus de *Egeria Densa*. *REDVET*, 7 (12) 1-11.
- Latournerié, comentarios personales.
- Lind, O. T. 1985. *Handbook of common methods in limnology*. 2nd. Ed. Kendall/Hunt Publishing company. Iowa. U.S.A.199 pp.
- Lowery, R. S.1988. Growth, moulting and reproduction. In: Holdich, D. M; and Lowery, R. S. (ed.s), *Freshwater crayfish biology, management and exploitation*. London, Croom Helm Timber Press. 83-113 pp.
- McHarney, W. 1984. *The freshwater aquaculture book*. Hartley & Marks Press. 58 pp.
- Maldonado-Rodríguez, J. G. 1990. Respuesta al estrés térmico del acocil *Cambarellus montezumae* Saussure. Comparación de métodos. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México.74 pp.
- Margalef, L. R. 1983. *Limnología*. Ed. Omega. Barcelona 1010 pp.
- Mason, J. C. 1970. Copulatory behavior of the crayfish, *Pacifastacus trobridgii* (Stimpson). *Canadian Journal of Zoology*, 48: 969-97.

- Moctezuma, M. A. 1996. Bases biológicas y técnicas para el cultivo de acocil *Cambarellus montezumae*. Tesis de maestría. Universidad de Colima. México. 67 pp.
- Mongomery, D. C. 1991. Diseño experimental y análisis de experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica S.A. México 589 pp.
- Montes, O. C. 1993. Bases ecológicas para la gestión integral del cangrejo rojo de la marisma (*Procambarus clarkii*) en el parque nacional de doñana. España. Tomo 1. Departamento Interuniversitario de Ecología. Universidad Autónoma de Madrid .132 pp.
- Morrissy, N. M; Bird, C; Cassell, G.1995. Density- dependent growth of cultured marron, *Cherax tenuimanus* (Smith 1912). *Freshwater Crayfish*, 10: 560-568.
- Ortiz-Ramos. J. B. y A. Rubalcava- García. 2005. Evaluación del estado trófico del lago de Xochimilco, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México. 106 pp.
- Parkin, M. S; Collier, J, K and Hicks, J. B. 2002. Growth and population dynamics of crayfish *Paranephrops planifrons* in streams whitin native forest and pastoral land uses. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, (36): 847-861.
- Parinet, B. A. Lhote y Legube, B. 2004. Principal component analysis: an appropriate tool for water quality evaluation and management- application to a tropical lake system. *Ecological Modelling*, 178: 295-311.
- Pennak, R. W. 1978. *Freshwater invertebrates of the United States*. 2a ed. John Wiley and Sons. Nueva York. 803 pp.
- Ramírez, G. A. 2006. Ecología y métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. Ed. Pontificia Universidad Saveriana. Colombia. 158-185 pp.
- Ramos-Bello, R; Cajuste-Lenom, J; Flores-Román, D y N. García-Calderón. 2001. Metales pesados, sales y sodio en suelos de chinampa en México. *Agrociencia*, 35: 385-395.
- Rangel, T. R. 2004. Estudio Poblacional de *Cambarellus montezumae* en la Pista de Remo y Canotaje “Virgilio Uribe” Xochimilco; México, D. F. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 44 pp.

- Rangel, T. R. 2009. Ecología Poblacional de *Cambarellus montezumae* en Xochimilco; México. D, F. Tesis de Maestría. Instituto de Biología. UNAM. México. 43 pp.
- Robles, A. G. 1995. Realizar investigaciones que permitan conocer y aplicar la biotecnología para producir en cautiverio Acocil, Rana Toro, Ajolote desarrollo de lotes. Tesis de Licenciatura. UAM. Unidad Iztapalapa. México. 130 pp.
- Rodríguez, S. M. 1999. Biología y sistemática de los Cámbaridos del sudeste de México y su potencial aprovechamiento en la acuicultura. Tesis de doctorado. UAM. Unidad Iztapalapa. México. 95 pp.
- Rodríguez-Serna, M. y C. Carmona-Olalde. 2002. Balance energético del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustácea: Astacidae: Cambaridae) pérdida de energía en la tasa metabólica. *Universidad y Ciencia*, 18 (03): 128-133.
- Rodríguez-Gonzalez, P. y M. G. Urzua- De la Cruz. 1998. Análisis bacteriológicos de aguas residuales en las plantas de tratamiento de la delegación Xochimilco. Tesis de licenciatura. FES Cuautitlan. UNAM. México. 69 pp.
- Rojas, Y., Álvarez, F. y Villalobos, J. L. 2002. Morphological variation in the crayfish *Cambarellus (Cambarellus) montezumae* (Crustácea: Decapoda: Cambaridae) (311-317p). *In*: E. Escobar- Briones & F. Alvarez (eds.), *Modern Approaches to the study of Crustacea*, Kluwer academia/ Plenum Publishers, New York, New York, USA.
- Rosas, M. M. 1976. Datos biológicos sobre el acocil del lago de Pátzcuaro (*C. montezumae patzcuarensis*). Memoria del simposio sobre pesquerías en aguas continentales. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. Instituto Nacional de la Pesca. Vol II. 123 pp.
- Rzedowski, G. C de Rzedowski, J y colaboradores. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª Ed; Instituto de ecología, A. C y Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad Pátzcuaro (Michoacán). 1406pp.

- Sandoval, J. C. 2008. Evaluación de la calidad del agua en los canales de Xochimilco para su recuperación ecológica. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología. UNAM. México. 96 pp.
- Secretaría de Medio Ambiente. 2004. Programa de Manejo: Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, Propuesta 2004. Administración pública del Distrito Federal. <http://www.unescomexico.org/xochimilco/docs/docs2/talleres/tallerChinampaXoc.pdf>. consultado junio 2009.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) NOM-059-SEMARNAT-2001. Norma oficial mexicana que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción amenazadas, raras y las sujetas a protección. Diario oficial de la federación. Segunda sección. 78 pp.
- UNESCO. 2005. Proyecto UNESCO- Xochimilco. Informe del taller de planeación participativa. La Chinampa como patrimonio cultural de Xochimilco. <http://www.unescomexico.org/xochimilco/docs2/talleres/TallerChinampaXoc.Pdf>. Consultado en enero 2009.
- Vázquez, G. A. 2009. Aspectos sobre la reproducción y el crecimiento del acocil *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857), en condiciones de Laboratorio. Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias. UAM. Unidad Xochimilco. 98 pp.
- Villalobos-Hiriart et al., 1993. Los crustáceos de agua dulce en México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, 44: 267-290.
- Wetzel, R. G. 2001. Limnology lake and river ecosystems. 3th ed. Academic Press. San Diego California. 1006 pp.
- Wolf, C. M y Moore, A. P. 2002. Effects of the herbicide metolachlor on the perception of chemical stimuli by *Orconectes rusticus*. J. N. Am. Benthol. Soc., 21 (3): 457-467.
- Zar, J.H. 2009. Bioestatistical analysis. 5th Edition, London. Prentice Hall. Inc National. 944 pp.