



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ASPECTOS DE LA ECOFISIOLOGÍA Y BIOENERGÉTICA DE
Procambarus bouvieri: UN ESTUDIO DE CAMPO Y
LABORATORIO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A:

DE LÁZARO LÓPEZ ÓSCAR



DIRECTOR DE TESIS:

DR. JOSÉ ROMÁN LATOURNERIÉ CERVERA

2013



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.

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno

de Lázaro

López

Óscar

59788232

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

305294601

2. Datos del Tutor

Dr.

José Román

Latournerié

Cervera

3. Datos del sinodal 1

Dra.

María Luisa

Fanjul

Peña

4. Datos del sinodal 2

Dr.

René de Jesús

Cárdenas

Vázquez

5. Datos del sinodal 3

Dr.

José Luis

Villalobos

Hiriart

6. Datos del sinodal 4

Lic. En Econ.

Alma Rosa

Estrada

Ortega

7. Datos del trabajo escrito

Aspectos de la ecofisiología y bioenergética de *Procambarus bouvieri*: un estudio de campo y laboratorio.

97 p

2013

Agradecimientos.

Este trabajo ha sido concluido gracias al apoyo moral otorgado por familiares y amigos. Pero principalmente al apoyo de la UNAM, casa que me abrió las puertas para formarme como profesional.

Doy un profundo agradecimiento a la Facultad de Ciencias y al Laboratorio de Acuicultura y Producción Acuática por brindarme el espacio y los recursos necesarios para la realización de este proyecto.

A mi tutor y excelente profesor el Dr. José Román Latournerié Cervera por su dedicación y apoyo sin el cual este trabajo no hubiera podido realizarse. Gracias por haberme transmitido una gran parte de sus conocimientos y experiencias que me motivaron a salir adelante en este gran campo de la biología, es decir gracias por ser una parte muy importante en mi formación académica y profesional.

Pero sobre todo gracias por la paciencia, confianza y motivación para laborar en este gran laboratorio. Fue un verdadero placer formar parte de su equipo de trabajo.

A la Lic. en Econ. Alma Rosa Estrada por sus comentarios que mejoraron este trabajo, pero principalmente quiero agradecerle por ser una de mis grandes maestras de la carrera, por ser una gran persona y sobre todo por enseñarme a defender los recursos naturales. Gracias por sembrar esa gran semilla en mí.

A la M. en C. Yamel Nacif por ser una parte fundamental para realizar este trabajo, por motivarme a trabajar con esta especie y por ser atenta a lo largo de todo este proceso, gracias por los consejos académicos y personales que me ayudaron a salir adelante.

Al Dr. Rene Cárdenas por permitirme colaborar en sus proyectos en el laboratorio de Biología Animal Experimental, por brindarme conocimientos muy interesantes de Bioquímica y alentarme a la investigación, del mismo modo gracias por revisar y comentar este trabajo que de igual forma fueron muy acertadas y constructivas sus observaciones.

A los miembros del jurado Dra. María Luisa Fanjul y Dr. José Luis Villalobos por haber revisado, comentado y aportado en este trabajo de investigación.

Quiero agradecer a los grupos de la materia optativa de Acuicultura 5251 del semestre 2010-2 y al 5503 del semestre 2011-1 por su colaboración en el trabajo de campo de esta investigación.

A mis tíos Rafael Gonzales y Román López por haberme ayudado a construir los contenedores de las unidades experimentales. Gracias por tomarse gran parte de su tiempo en mis actividades escolares.

También quiero agradecer a mis compañeras Edith García y Verónica Morales del laboratorio de Acuicultura y producción acuática por apoyarme incondicionalmente en esas tardes de alimentación de los acociles y la eterna respirometría de la fase experimental.

Dedicatorias

Quiero dedicar principalmente a mi mamá **María de los Ángeles López**, por ser mi ejemplo a salir adelante y por los consejos que han sido muy importantes para mi vida, por confiar en mí y por estar conmigo en todo momento a pesar de las circunstancias que pasamos, lograste sacar adelante nuestra pequeña familia. Gracias mamita ¡te amo!

A mi papá **José Óscar de Lázaro** por tus sabios consejos que me brindaste, por enseñarme a salir adelante y por esa gran herencia de la cual nunca voy a poder pagarte, gracias a ti ya he logrado uno de mis grandes sueños y sobre todo muchas gracias por enseñarme a valerme por mí y a motivarme a lograr cada una de mis metas y sueños.

A mis dos hermosas hermanas **Melissa y Jolene de Lázaro**, que con su amor y sus lindas sonrisas me han enseñado y me motivan a salir adelante. Cada momento que pasamos los llevo grabado en mi mente y nunca se me olvidaran, y aun nos faltan muchas cosas por pasar juntos, ¡las amo nenitas hermosas!

A la niña de la hermosa sonrisa **Karen Maya**, gracias por compartir grandes acontecimientos de mi vida, gracias por tu amor, por ser como eres, por aguantarme, pero sobre todo gracias por enseñarme a creer en mí, por motivarme hacer las cosas de la mejor manera, por escucharme, por acompañarme incondicionalmente en los momentos importantes, felices y tristes. Gracias por todo.

A mi tía **María Isabel López** por estar en los momentos más difíciles que pude haber pasado, por tus consejos, por tus oraciones hacia a mí para salir adelante. Eres un pilar muy importante en mi vida, gracias.

A mi compañera del laboratorio y mi gran amiga **Dafne Bonilla**, que gracias a tu apoyo salimos adelante, porque logramos formar un equipo de trabajo que jamás van a superar, lo que inicio con una esperanza de salvar a *Procambarus bouvieri* ahora es todo esto lo que hemos logrado juntos y que las circunstancias nos vuelvan a cruzar para seguir trabajando.

A mi prima y casi mi hermana **Nadia Jiménez** por estar en cada momento de mi vida, porque sé que puedo confiar en ti y que tú siempre estarás conmigo en cualquier situación o lugar en donde yo me encuentre. ¡Te quiero hermanita!

A mis amigos **Luis Alday, Coral Martínez, Flor Hilario, Casandra Victoria, Yair Castañeda** y **Eunice Molina**, por pasar a mi lado los momentos de mi vida universitaria y estar siempre en las buenas y en las malas, los llevo siempre en mi pensamiento, jamás los olvidare.

A **Héctor, Oliver Arenas y José Alberto Hernández**, a pesar de la distancia yo sé que puedo confiar en ustedes, y de antemano cuando las circunstancias lo requieran se que ustedes serán los primeros en estar conmigo apoyándome, gracias hermanos por todo este tiempo del cual hemos convivido.

Quiero dedicar este logro a todos los miembros de la Familia **de Lázaro Vázquez**. Detrás de toda familia siempre hay alguien que fue el ejemplo a seguir, en este caso fue mi Abuelito **Segismundo Erasmo de Lázaro**, porque gracias a él todos hemos tratado de seguir sus pasos, a pesar de que el ya no se encuentra con nosotros nos dejó un gran legado, y que toda la familia no lo ha olvidado y eso es lo que nos ha mantenido juntos hasta la fecha.
Gracias a todos ellos y siempre los llevo en el pensamiento.

Finalmente a mis abuelitos **Aurelio López y Francisca Canoa**, por esas grandes enseñanzas, por ser unas grandes personas que siempre han podido salir adelante y ser triunfadores, son un ejemplo a seguir.

Sábado 5 de julio

Alguna vez intente imaginar cómo sería mi vida sin esos pequeños momentos, como sentarme debajo de los árboles a escuchar sus increíbles historias y sentir las hojas que caen acariciando mi cara..... Cuando niño mi padre me dijo que al cumplirse un deseo una hoja cae..... en ese momento hubo mucha gente feliz. Me pregunto si el sol se sentirá solo alguna vez.....

Fontana Bella, Austin TV.

Nuestra personalidad existe, por eso necesitamos hablar con la gente que queremos, la amistad crece en tres soles y una luna y permanece segura, feliz y libre aun a través de los mundos, no tengas miedo estamos vivos, somos libres. Aquí no hay enfermedad, solo ansiedad mental, nadie lo cree pero es real.

María de Paz.

Juguemos. Si soy un gran pianista.....

-Si eres un gran pianista, y te corto un brazo, ¿Qué haces?

- Me dedico a pintar.

- Si eres un gran pintor y te corto el otro brazo, ¿Qué haces?

-Me dedico a bailar.

-Si eres un gran bailarín y te corto las piernas ¿Qué haces?

- Me dedico a cantar.

-Si eres un cantante y te corto la garganta ¿Qué haces?

-Como estoy muerto, pido que con mi piel se fabrique un hermoso tambor.

- Y si quemo el tambor ¿Qué haces?

- Me convierto en una nube que tome todas las formas.

-Si la nube se disuelve ¿Qué haces?

-Me convierto en lluvia y hago que nazcan las hierbas

-Ganaste, me sentiré muy solo el día que no estés

- Si algún día te sientes solo, busca la maravillosa ciudad de Tar.

Juguemos. Fando y Lis, Alejandro Jodorowsky.

-¿Te acuerdas?

-Sí, me acuerdo.

-Lo dices como si hubieras cambiado tus sentimientos,
como si ya no me quisieras. ¡Dime que aún me quieres!

-¡Si te quiero!

-¡Repítelo!, quiero estar seguro de que no estas mintiéndome.

-¡Si, te quiero!, ¡te quiero! y sé que tú me has querido siempre.

Ella no me conoce, Austin TV.

I know someday you´ll have a beautiful life
I know you´ll be star in somebody else´s sky
But why, why, why can´t it be, can´t it be mine?

Eddy Vedder.

RESUMEN

Procambarus (Mexicambarus) bouvieri (Ortmann, 1909), es una especie endémica de la Meseta Central Occidental Mexicana, actualmente su distribución se encuentra restringida por efectos antropogénicos por lo que es importante se generen conocimientos para el manejo de las poblaciones silvestres así como el desarrollo de la tecnología de su cultivo. En esta investigación se evaluó la variabilidad del hábitat en dos épocas contrastantes del ciclo anual (Abril: Secas; Septiembre: Lluvias) y se midieron algunos aspectos de la dinámica poblacional del acocil *P. (M.) bouvieri* en la presa Caltzontzin, Uruapan, Michoacán. Además se determinaron en condiciones de laboratorio la influencia del sexo y la clase talla en tres elementos de la ecuación general de balance de energía: crecimiento (P), tasa metabólica de rutina (R) y tasa de excreción nitrogenada (U).

Al analizar los parámetros fisicoquímicos del cuerpo de agua, resultaron ser diferentes las condiciones en los meses muestreados, destacando por su influencia la época de lluvias en la localidad. Aunado a que el mes de Septiembre se caracteriza por formar parte de la época de reproducción de los acociles, lo que además tiene efectos en la composición de tallas de la población. En ambas épocas los sexos presentaron un crecimiento de tipo alométrico positivo, excepto para los machos Fma-I del mes de septiembre, en los cuales se observa una tendencia a ser de tipo alométrico negativo, estos organismos son los discrepantes en la época al presentar una mayor talla y peso. El hábitat de la presa se caracteriza como el adecuado para la distribución de los acociles.

En cuanto a los elementos de la ecuación general del balance de energía, se evaluó la interacción entre los factores clase talla y sexo, encontrándose un efecto estadísticamente significativo ($p < 0.05$) de la clase talla. Para P que se midió como la tasa de crecimiento en % en relación al peso inicial, se observó un mayor incremento (68%) en los organismos de menor tamaño en comparación con los grandes, que registraron sólo un 14%. A partir de los resultados para R y U se obtuvieron las relaciones tasa metabólica y tasa de excreción nitrogenada vs peso seco de los acociles. Posteriormente se calcularon las pérdidas de energía para ambos índices, empleando calorimetría indirecta obteniéndose una aproximación a la ración de mantenimiento/día por unidad de masa corporal, al sumar los gastos de energía de R y U para cada clase talla. Los resultados señalan, una mayor ración de mantenimiento en los organismos con clase talla más pequeñas (2.55%), (PS=1g; LT= 53.74mm) en comparación con los de mayor tamaño (1.04%), (PS=3g; LT= 74.54mm). Con esta información se proponen algunas condiciones del manejo de la especie para su posible cultivo.

Contribución No. 151. (Tesis de Licenciatura). Laboratorio de Acuicultura y Producción Acuática. Departamento de Biología Comparada. Facultad de Ciencias, UNAM (2013).

CONTENIDO	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	8
III. JUSTIFICACIÓN	18
IV. HIPÓTESIS	19
V. OBJETIVOS	19
IV.1. Objetivo General.	19
IV.2 Objetivos Particulares.	19
VI. MATERIALES Y MÉTODO	20
VI.1 Área de estudio.	20
VI.2 Trabajo de campo.	21
VI.2.1 Caracterización del hábitat.	22
VI.2.2 Colecta de organismos.	23
VI.3 Trabajo de laboratorio.	24
VI 3.1 Variabilidad del hábitat.	24
VI3.2 Aspectos de dinámica poblacional.	24
VI 3.3. Influencia del sexo y la clase talla en el crecimiento (P) y las variables (R y U) de la ecuación del balance de energía: $C=P+R+F+U$ (Grodzinski, 1975).	25
VII. RESULTADOS	30
VII.1 Variabilidad del hábitat.	30
VII.2 Aspectos de dinámica poblacional.	32
VII.3. Influencia del sexo y la clase talla en el crecimiento (P) y las variables (R y U) de la ecuación del balance de energía: $C=P+R+F+U$ (Grodzinski, 1975).	39
VIII. DISCUSIÓN	47
IX. CONCLUSIONES	72
X. PERSPECTIVAS	73
XI. LITERATURA CITADA	74
XII. ANEXOS	85

Lista de Figuras

Figura		Página
1	Morfología de los Cambáridos (Modificado de Hobbs III, 1991).	5
2	Área de Estudio, Presa Caltzontzin (Uruapan), Michoacán (Modificado de Gutiérrez, 2003).	20
3	Estaciones de Muestreo en el área de estudio.	22
4	Contenedores señalando las unidades experimentales utilizadas en la fase experimental para evaluar la influencia del sexo y la clase talla en el crecimiento de <i>P. (M.) bouvieri</i> .	26
5	Gráfico de variables canónicas del modelo discriminante: Temperatura, Oxígeno disuelto, pH, Conductividad y Dureza Total en el agua en los meses de Abril y Septiembre de 2010 en la Presa Caltzontzin.	32
6	Proporción de sexos de <i>P. (M.) bouvieri</i> en la presa Caltzontzin: A) Abril 2010 y B) Septiembre 2010.	34
7	Captura por unidad de esfuerzo, (CPUE) y proporción de sexos de <i>P. (M.) bouvieri</i> en los meses de Abril y Septiembre 2010 en la Presa Caltzontzin.	35
8	Diferencias de la distribución poblacional de pesos en <i>P. (M.) bouvieri</i> en los meses de Abril y Septiembre 2010 en la Presa Caltzontzin.	37
9	Diferencias en los estimadores merísticos de <i>P. (M.) bouvieri</i> en los meses de Abril y Septiembre 2010 en la Presa Caltzontzin. A) Longitud total B) Longitud Cefalotórax y C) Peso.	38
10	Diferencias en el crecimiento de <i>P. (M.) bouvieri</i> durante la fase experimental: A) 15 días B) 30 días C) 45 días y D) 60 días.	40
11	Gráfico de variables Canónicas del Análisis discriminante entre Machos y Hembras.	45
12	Gráfico de variables Canónicas del Análisis discriminante entre Clases Talla: A) Hembras y B) Machos.	46

Lista de Cuadros

Cuadro		Pagina
1	Variabilidad de los Parámetros fisicoquímicos de la presa Caltzontzin, Uruapan, Michoacán.	31
2	Parámetros merísticos y análisis de distribuciones de <i>P. (M.) bouvieri</i> en la presa Caltzontzin, Uruapan, Michoacán. Abril y Septiembre de 2010.	33
3	Relaciones alométricas de <i>P. (M.) bouvieri</i> en las épocas de Abril y septiembre de 2010 en la Presa Caltzontzin, (Uruapan), Michoacán.	36
4	Parámetros fisicoquímicos registrados en los contenedores durante la fase experimental.	39
5	Consumo de Oxígeno y Excreción Nitrogenada Amoniacal Promedio por clases talla de <i>P. (M.) bouvieri</i> .	42
6	Requerimiento Energético diario para <i>P. (M.) bouvieri</i> de distintas talla.	43
7	Peso Seco Promedio Total y de la Cola por clase talla al término de la fase experimental.	44
8	Valores Promedio de las variables consideradas en el análisis discriminante.	46

I. INTRODUCCIÓN

Los ambientes dulceacuícolas constituyen un hábitat donde viven y se desarrollan gran variedad de seres vivos, los cuales dependen del agua para su subsistencia. Estos hábitats ocupan el 1.42% del territorio nacional, por definición se pueden distinguir dos tipos: los lóticos y lénticos (INEGI, 2010b).

Cuando hacemos referencia a las funciones de estos ambientes hablamos de procesos ecológicos naturales y de su importancia en el balance dinámico, biogeoquímico de la cuenca o de la zona geográfica donde se encuentran. Estos hábitats muestran grandes variaciones a lo largo de su vida geológica, por sus características asociadas con el agua y sus atributos son considerados ecosistemas muy dinámicos, pero son sensibles ante ciertos cambios que hoy en día son originados por actividades antropogénicas.

En la dinámica de una población influyen factores bióticos y abióticos que actúan en el organismo y en el medio ambiente. Debido a la disminución de los ambientes dulceacuícolas, se desconoce en la actualidad como afecta esta problemática a los organismos, poblaciones y comunidades que los habitan (Begon *et al.*, 1988).

Tal es el caso de los acociles que son potencialmente cultivables, además de que son especies de tipo cosmopolita, que pueden vivir en climas de tipo templados e incluso tropicales, (Clifford y Brick, 1979). Hobbs (1991) reporta que los acociles desempeñan un papel importante en los ciclos de la materia orgánica, así como en los procesos de transformación y flujo de energía.

Los acociles son crustáceos decápodos de agua dulce. Existen más de 550 especies que conforman tres familias: Astacidae, Cambaridae y Parastacidae (Holdich y Lowery, 1988). Para las cuales se establecen dos áreas de distribución: en el Hemisferio Norte se encuentran las familias Astacidae y Cambaridae, mientras que al Sur se localiza a la Parastacidae (Hobbs, 1989). Los organismos pertenecientes a los géneros *Procambarus* y *Cambarellus*, que se distribuyen en México provienen de la región Neártica (Villalobos *et al.*, 1993).

Procambarus (Mexicambarus) bouvieri (Ortmann, 1909) es un crustáceo decápodo endémico de la zona sur de la meseta Purépecha, en Michoacán (Rendón, 1993; Rojas, 1998), en el centro de la Meseta Occidental de México (Gutiérrez-Yurrita y Latournerié, 1999) donde comúnmente los conocen como “Chapos”. Actualmente su distribución se encuentra restringida, limitándose a sólo pequeños cuerpos de agua, a pesar de que anteriormente era más amplia, sobre todo en el estado de Michoacán (Gutiérrez-Yurrita y Latournerié-Cervera, 1999).

Desde la época precolombina éstos organismos han sido utilizados como un recurso para el consumo, las mismas comunidades se han percatado que la captura ha ido disminuyendo con el paso de los años, este tipo de casos particulares se han reportado en la Presa Caltzontzin y en las zonas aledañas al municipio de Uruapan. Por ello se hace hincapié en la falta de estudios para poner en alerta dichas problemáticas que van desde la destrucción acelerada de diversas regiones del territorio nacional por el crecimiento irregular de las zonas urbanas, la deforestación, la contaminación de los ríos y la utilización de gran parte del territorio para la agricultura, provocando desecación de los cuerpos de agua y poniendo en riesgo inminente a las diversas especies, (Villalobos *et al.*, 1993; Álvarez y Villalobos, 1994).

Para realizar un plan de manejo de conservación, en primera instancia debe conocerse cómo es que las poblaciones de estos organismos se comportan en su ambiente natural, con ello nos referimos a estudiar sus estrategias de vida. Si se considera que los acociles constituyen un recurso potencialmente explotable, ya sea a través de una pesquería artesanal y/o en sistemas de cultivo, resulta entonces fundamental evaluar el crecimiento de las poblaciones silvestres, así como conocer su desempeño en cautiverio, con la finalidad de determinar la gama de factores que inciden en su crecimiento y reproducción, para generar en el corto plazo una biotecnología de su cultivo, y definir las posibles acciones de manejo de las poblaciones naturales por los usuarios actuales y potenciales de este recurso. Por ello es de suma importancia realizar estudios sobre su Ecofisiología.

Estas investigaciones aportan información sobre cómo es que los organismos ajustan sus funciones metabólicas a la gran diversidad de ambientes que ocupan, considerando las fluctuaciones de sus respuestas ante diversos factores de tipo biótico y abiótico, y que nos conducen a entender sus estrategias de vida en condiciones naturales.

Una manera de acercarnos a estas respuestas es por medio de la medición del balance de energía, lo que conlleva a medir en el hábitat natural o simular en el laboratorio las condiciones ambientales del entorno de las especies, con la finalidad de evaluar su eficiencia metabólica y sus procesos de transformación de energía, permitiendo así medir sus requerimientos energéticos diarios. Todos estos aspectos se pueden describir por medio de la ecuación general del balance de energía (Jobling, 1994). La ecuación postula que $C = P + R + F + U$. Donde (C) es la energía ingerida por medio del alimento, (P) es aquella porción de la energía que se destina al crecimiento, a la par que a la producción de gametos dependiendo del estadio del ciclo de vida de los organismos, (R) es la fracción de energía canalizada para la respiración, a (F) se le denomina la energía que se pierde por medio de la heces fecales y (U) indica la energía perdida como excreción de productos nitrogenados (Phillipson, 1975).

El modelo permite conocer el balance y las eficiencias energéticas de los organismos en condiciones de campo, con la finalidad de tener patrones de referencia que en condiciones de manejo en cautiverio puedan ser optimizados, tendiendo a una producción intensiva de las especies. Cabe mencionar que la alteración de estas variables puede repercutir de manera negativa o tener efectos positivos en los organismos. En este último caso, el control en el laboratorio de diversos factores que pueden ser de tipo biótico y abiótico (talla de los organismos, sexo, cantidad y calidad de alimento, fotoperiodo, temperatura, calidad del agua, etc.), pueden conducir a una mayor eficiencia o producción de una especie determinada (Talbot, 1985).

Aspectos biológicos del acocil *P. (M.) bouvieri*.

Distribución Geográfica.

En México *P. (M.) bouvieri* es una especie de acocil que pertenece a la Familia Cambaridae. Habita en los ríos y arroyos de varias localidades de Uruapan, Michoacán (Hobbs, 1988). Sin embargo, Villalobos (1955) estableció como localidades tipo, a un pequeño río torrencial de Uruapan, Michoacán, y la presa el ahorcado. Actualmente su distribución está restringida a 234 km². (Álvarez *et al.*, 2010).

Ubicación Taxonómica de la especie.

En los cuerpos de agua dulce acuáticos de nuestro país, se reportan distribuidas más de 50 especies de acociles pertenecientes a la familia Cambaridae, de las cuales 39 pertenecen al género *Procambarus*. La clasificación de la especie *P. (M.) bouvieri* (Ortmann, 1909), es la siguiente:

Phylum	Arthropoda Siebold & Stannius, 1847
Subphylum	Crustacea Brünnich, 1772
Clase	Malacostraca Latreille, 1802
Orden	Decapoda Latreille, 1802
Suborden	Pleocyemata Burkenroad, 1963
Infraorden	Astacidea Latreille, 1802
Superfamilia	Astacoidea Latreille, 1802
Familia	Cambaridae Hobbs, 1942
Subfamilia	Cambarinae Hobbs, 1942
Género	<i>Procambarus</i> Ortmann, 1905
Subgénero	<i>Mexicambarus</i> Hobbs, 1972
Especie	<i>P. (M.) bouvieri</i> (Ortmann, 1909)

Morfología.

Los acociles presentan un cuerpo segmentado, más o menos cilíndrico, se encuentran cubiertos por un tegumento fuertemente calcificado. Se distinguen en tres tagmas o regiones: el cefalón, el tórax y el abdomen. Las dos primeras se encuentran fusionadas para formar un cefalotórax que incluye los ojos pedunculados, el aparato bucal y las cámaras branquiales. En el abdomen se ubican los pleópodos, el ano y el telsón (Fig. 1).

Presentan cinco pares de apéndices torácicos o pereiópodos, los tres primeros se encuentran modificados para atrapar y manipular el alimento, para la defensa y el ataque, y son denominados quelípedos y los dos últimos son simples, el organismo los usa para la locomoción y la limpieza. Los apéndices abdominales se conocen como pleópodos, los que en el caso de las hembras le sirven para el transporte e incubación de los huevos, así como para el movimiento del agua y su oxigenación, y en los machos los dos primeros pares están modificados para la reproducción (Pennak, 1978).

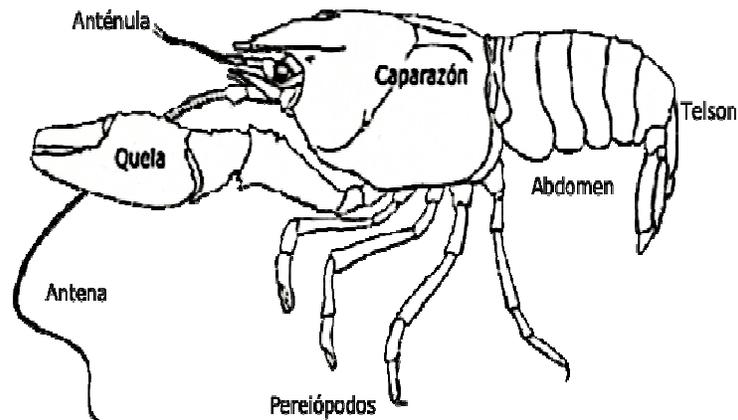


Fig. 1. Morfología de los Cambáridos (Modificado de Hobbs III, 1991).

Al presentar el exoesqueleto duro y flexible compuesto de quitina y carbonato de calcio en forma de calcita, el crecimiento de estos organismos es por medio de la ecdisis o muda. Este es un proceso que está controlado hormonalmente en periodos donde el animal entra en un estado de reposo antes de iniciar el proceso de la muda. El exoesqueleto se hace blando al reabsorberse el carbonato de calcio, el cual se acumula en los gastrolitos una vez que se libera la cutícula. Los gastrolitos se disuelven y el carbonato de calcio se reabsorbe en el cuerpo para endurecer el nuevo exoesqueleto y el aparato bucal. El exoesqueleto descartado lleva el nombre de *exuvia*, muchas veces es consumido por los organismos recién mudados como una fuente de proteína. Esta fase de crecimiento de los acociles es muy crítica en su ciclo de vida, debido a que son vulnerables a los ataques de ciertos depredadores o bien al canibalismo (Holdich y Lowery, 1988).

Reproducción.

Los acociles presentan dimorfismo sexual. En los machos los dos primeros pares de apéndices abdominales denominados pleópodos están modificados para transferir el esperma al receptáculo seminal de la hembra (Avault y Huner, 1985). Aunado a esta característica se presentan dos formas alternas de maduración sexual o bien una forma sexualmente activa. El morfo sexualmente activo es conocido como "Macho Fma-I", ésta forma se presenta después de la última muda juvenil, se distingue por el crecimiento, endurecimiento y coloración córnea de los procesos apicales de los primeros pleópodos, con los cuales el macho es capaz de fecundar a la hembra. El segundo morfo es la forma sexualmente inactiva denominada "Macho Fma-II", donde los pleópodos presentan los procesos apicales blandos y poco desarrollados (Rosas, 1976).

Las hembras pueden ser de mayor tamaño y tienen el abdomen más ancho y corto que los machos. Presentan un receptáculo seminal denominado *annulus ventralis*, el cual se ubica entre el cuarto y quinto par de pereiópodos, y es donde el macho deposita el espermatóforo (Villalobos, 1955).

En general, la fertilización no es inmediata, ya que la hembra puede almacenar el esperma hasta más de seis meses. El desove se lleva a cabo dentro de los túneles que construyen o encuentran en su hábitat. Los huevos son expulsados a través de un par de oviductos que se abren en la base del tercer par de pereiópodos para ser fertilizados. Durante este proceso las glándulas de la superficie ventral de los segmentos abdominales producen una sustancia pegajosa donde se adhieren los huevos ya fertilizados.

Una vez adheridos, la hembra se encarga de incubarlos y con un movimiento constante de los pleópodos crean una corriente de agua que ayuda a airear y a eliminar los huevos muertos, hasta que eclosionan las larvas, dos o tres semanas después.

El desarrollo de los acociles se caracteriza por ser directo, se ha reportado que el tiempo de eclosión de las larvas, en el caso de *Procambarus (G.) clarkii* (Girard, 1852) es de 14 a 21 días y para *P. (O.) blandingii* (Harlan, 1830) es de 17 a 29 días. Al eclosionar las crías, éstas aún permanecen adheridas a la hembra durante un cierto tiempo, en el cual concluyan dos mudas o más (Avault y Huner, 1985).

La fecundidad depende del tamaño de la hembra y de la especie que se trate; los organismos que miden de 7.5 a 8.5 cm de longitud total pueden producir 100 o más huevos. Una hembra de 12.5 cm produce entre 600 y 700 huevos por puesta en promedio (Gutiérrez-Yurrita, 1997). La mayoría de los acociles se reproducen una vez al año, la época de reproducción se ubica al final de la primavera y la madurez sexual la alcanzan en menos de 6 meses.

Alimentación.

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 que sus hábitos alimenticios se definen como politróficos (Pennak, 1978; Huner, 1981; McHarney, 1984).

Los acociles juveniles son primordialmente cazadores y preferentemente consumen proteína animal. En edad adulta no depredan, pero consumen pequeñas cantidades de animales, aunque gran parte de su alimento consiste en detritus vegetal, sin embargo, no podrían desarrollarse con una dieta predominantemente vegetal (Mc Harney, 1984; Bardach *et al.*, 1986; Lowery, 1988; Huner, 1991).

Afinidades de la especie.

P. (M.) bouvieri está relacionado con *P. (P.) digueti* (Bouvier, 1897) por la distribución geográfica y por aspectos morfológicos. Villalobos (1955) reporta que ambas especies en los machos Fma-I, presentan una similitud en la disposición de la forma y ubicación de ciertos procesos apicales del primer par de pleópodos, y señala que pueden diferenciarse debido a que *P. (P.) digueti* es más robusto.

Ecología.

Tienen la capacidad de resistir los cambios de humedad y temperatura, lo que les ha permitido tener éxito al distribuirse. Su importancia no solo es ecológica, ya que son capaces de transformar la energía dentro de los ciclos biogeoquímicos de los cuerpos de agua utilizando materia orgánica de los ecosistemas dulceacuícolas, además también representan un recurso, económicamente aprovechable (Holdich y Lowery, 1988; Montes, 1993).

La vegetación que presenta la presa Caltzontzin es acuática y subacuática, donde particularmente predominaba el “berro” (*Nasturtium officinale* (Aiton, 1812)), planta a la que se encontraban asociados los acociles (Rodríguez, 2003), por lo que constituye un tipo de refugio contra depredadores. En nuestras últimas visitas al área de estudio, el berro fue removido ocasionando que fuera nula su presencia, teniendo posiblemente un efecto en la abundancia de estos organismos.

Cabe mencionar que *P. (M.) bouvieri* es una especie conspicua en el área por ser capturada por los pobladores como una actividad secundaria que contribuye en gran medida a suplementar la dieta y la economía familiar.

Debido a la introducción de especies exóticas en este lugar, *P. (M.) bouvieri* es presa de ciertos peces ornamentales como *Poecilia reticulata* (Peters, 1859), y de la trucha *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792), que por un mal manejo en los intentos de cultivo de estos organismos, invadieron la presa y ahora son un factor muy importante en la disminución de la población de los acociles. Por nombrar otros depredadores, estos incluyen algunas aves como las garzas pertenecientes a la familia Ardeidae y patos del género *Anas*.

II. ANTECEDENTES

Villalobos (1955) efectuó una descripción taxonómica de *P. (M.) bouvieri*, mencionando que la especie se distribuye en un pequeño río torrencial de Uruapan, Michoacán y en la presa el ahorcado. Enfatiza que hay una relación con *P. (P.) digueti* no solo por su distribución geográfica en la vertiente del Pacífico, si no por presentar características morfológicas afines.

Estrada (1972) investigó en *P. (M.) bouvieri* las modificaciones en la actividad de los pigmentos retinianos accesorios y en la respuesta eléctrica de las células retinulares a la luz (Fotoperiodo). Observó que la privación de luz por lapsos de uno a cinco meses induce en el ojo compuesto del acocil alteraciones estructurales y funcionales, de las cuales destacan la destrucción de conos cristalinos, parálisis de los pigmentos retinianos accesorios, ocasionando que dejen de responder a la luz y por ende no siguen el ritmo endógeno de periodicidad circadiana.

Por otra parte, Berdeja (1972) describió las respuestas glucemiantes en *P. (M.) bouvieri*. Observó que en especímenes recién colectados en el ambiente natural hay grandes diferencias en las respuestas glucemiantes, que pueden ser atribuidas a las variaciones estacionales, a distintas condiciones ecológicas, manipulaciones premiosas o lesiones sobre los animales. Además destaca que los valores glucémicos de estos acociles son más elevados en las hembras en comparación con los machos.

López (1973) midió el efecto de la administración parenteral de glucosa en *P. (M.) bouvieri*, comparando organismos que se les extirparon los tallos oculares e íntegros (sin esta operación). En este estudio, se describe que hay una relación en donde la administración parenteral de glucosa a diferentes concentraciones, produce hiperglucemias diferentes dependiendo de la cantidad suministrada. Además, se menciona que los organismos íntegros eliminaban más glucosa, debido a un posible rechazo a su aplicación por parte del animal. Dado lo anterior, se puede concluir que los acociles se hacían diabéticos, por no asimilar la glucosa, debido a la alteración del medio interno en cantidades anormales, perturbando el equilibrio osmótico.

En *P. (M.) bouvieri* se ha aislado y purificado una hormona neurodepresora de la glándula sinusal en el tallo ocular con el propósito de caracterizarla y en su momento sintetizarla (Cimet, 1977). Dicha hormona se aisló y purificó por medio de técnicas de electroforesis determinando que es una sola hormona en el tallo ocular la que deprime la actividad motora.

Aguilar (1993) determinó las secuencias de aminoácidos de las siguientes hormonas: hormona inhibidora de la vitelogénesis, hormona inhibidora de la muda y de dos isomorfos de la hormona hiperglucemiantes de *P. (M.) bouvieri*, a partir de glándulas sinusales aisladas por microdissección de los tallos oculares. La comparación de las secuencias indican que las hormonas son proteínas homólogas y que la similitud entre cualquier par de ellas es muy alta, existiendo por lo menos dos genes que originan esta familia, no se encontraron homologías de ninguna de las hormonas del acocil con las demás proteínas que se conocen hasta la fecha, excepto con otras hormonas de crustáceos ya estudiados. Al comparar secuencias del isomorfo más abundante de la hormona hiperglucemiantes (HHG) con la de otros crustáceos confirman que existen relaciones taxonómicas que ya se habían establecido con base en criterios morfológicos, revelando además un alto grado de conservación de esta molécula durante la evolución.

Los procesos fisiológicos de los crustáceos como la muda, madurez sexual, osmoregulación, regulación de niveles de glucosa, mantenimiento del ritmo circadiano y actividad locomotora se regulan por factores hormonales que se liberan por exocitosis del sistema de la glándula sinusal órgano X. En el caso del proceso de muda, ésta se encuentra controlada por la hormona inhibidora de la muda, que como su nombre lo señala, inhibe tal proceso hasta que el organismo crece. Aguilar (1997) clonó el gen que codifica para esta hormona de la glándula sinusal de *P. (M.) bouvieri*, con el fin de entender su fisiología y su futura aplicación biotecnológica. Al lograrse la clonación se compararon las secuencias de aminoácidos de la hormona de este acocil con la de diferentes crustáceos, encontrando entre 46 a 79% de similitud, concluyendo que la hormona se ha conservado en los crustáceos y que con estos resultados se puede dar paso para su aplicación en el campo de la acuicultura, con la finalidad de manipular el ciclo de muda y lograr un mayor crecimiento en un periodo de tiempo corto, lo que se reflejará en una mayor producción.

Amaya *et al.* (1999) midieron los requerimientos de energía en *P. (M.) bouvieri* colectados en el embalse Cuitzitan. Se diseñó un estudio donde se consideraron las condiciones ambientales en las temporadas de lluvias y secas de la región, al igual que las fases de luz y oscuridad al evaluar la tasa metabólica de rutina (QO_2) por medio de un respirómetro en un ciclo de 24 horas. Estos autores reportan que encontraron diferencias significativas señalando que durante la fase de luz en temporada de lluvias hay una mayor tasa de consumo, y en consecuencia la energía canalizada a la respiración es más alta que en una temporada de secas. Además de que los organismos de dicha época tienen un mayor contenido calórico en el tejido.

Considerando que la temperatura es un factor ecológico que influye en los costos energéticos de mantenimiento del organismo, se infiere que el régimen termal de la especie afectará los requerimientos de energía de los acociles de acuerdo a las variaciones de este factor en su hábitat natural. Por ende, Latournerié *et al.* (2011) evaluaron la tasa metabólica del acocil *P. (M.) bouvieri* colectados de la presa Caltzontzin, Uruapan Michoacán empleando dos regímenes de temperatura que reflejan la variación promedio anual de este factor en el hábitat de la especie: $16 \pm 1^\circ\text{C}$ y $23 \pm 1^\circ\text{C}$. Se realizó un análisis de la tasa respiratoria de rutina (QO_2), en lapsos de 12 h, empleando un respirómetro semi-abierto. Se reportó que el efecto de las diferentes temperaturas fue marginalmente significativo, la tasa de consumo fue mayor a 23°C y se reflejó en los gastos de energía en la respiración, que fue un 27% mayor

que a 16°C. Además se denotó que los acociles registran una compensación parcial en sus respuestas fisiológicas a este cambio de temperatura.

Se cuenta con estudios donde se analizan otras variables que influyen en los costos energéticos de mantenimiento en la tasa respiratoria en *P. (M.) bouvieri*, como el estudio realizado por de Lázaro *et al.* (2013), donde evaluaron el efecto de la clase talla y el sexo en la tasa metabólica en acociles colectados en la presa Caltzontzin, Uruapan, Michoacán. Ellos establecieron cinco clases talla para machos y hembras (Peso húmedo= 3.83-16g, Peso Seco: 0.66-2.76g) para medir la tasa respiratoria de rutina (QO₂) empleando un respirómetro semiabierto. La interacción de los factores en el índice fisiológico fue significativa, observándose que a partir de calcular las pérdidas de energía por calorimetría indirecta, los valores de la ración de mantenimiento fueron más altos en hembras de clase talla menor (CT1= 3.83 g PH- 0.66g PS, 60.49 cal/acocil día), en comparación con los machos de mayor tamaño (CT5=16g PH- 2.76g PS, 13.82 cal/acocil día).

Bonilla-Cerquedo, *et al.* (2013) evaluaron en *P. (M.) bouvieri* el efecto de la ablación unilateral del pedúnculo ocular en el cambio de peso total, peso del cefalotórax y del peso de la cola de acociles colectados en la presa Caltzontzin. Para ello separaron en dos clases de tamaños a los machos y hembras: Chicos (H= 2-3.5g y M=5-7.4g) y Grandes (H=3.6-7g y M=7-13g). De forma aleatoria se seleccionaron acociles a los cuales se les efectuó ablación unilateral del tallo ocular, el resto quedó como un grupo control de organismos íntegros. Los tres indicadores de crecimiento se vieron afectados significativamente por: el sexo, clase talla y por la interacción clase talla-tratamiento-sexo. Concluyendo que los organismos con ablación unilateral, tienden a tener una tasa de aumento en peso mayor en comparación con los organismos íntegros.

La gran mayoría de las líneas de investigación que se han realizado en *P. (M.) bouvieri*, tienen enfoques diferentes a los que se establecen en la presente investigación, por tal motivo la información con la que se cuenta es escasa. Por otra parte, en relación con investigaciones con especies de acociles afines que se distribuyen en el país y con otras especies que se distribuyen en la Unión Europea de las cuales tienen una amplia relación con nuestra especie de estudio puesto que pertenecen a la misma Familia, se han reportado los siguientes aspectos.

Cornejo (1991) estudió la selección térmica de *Cambarellus (C.) montezumae* (Saussure, 1857) y su correlación con algunos índices fisiológicos; se describe que existen diferencias en la selección de una temperatura dependiendo del sexo y talla de los organismos, además de la temporada del año en la que se encuentre el organismo. Cabe mencionar que estas diferencias, inciden en el desempeño de los organismos.

En *P. (G.) clarkii* se realizaron análisis preliminares en la tasa metabólica por sexo, tamaño y región, donde se encontró que hubo diferencias significativas en la tasa de consumo de oxígeno entre los individuos capturados en diferentes regiones, debido a que los organismos eran de diferente tamaño, señalando que las fluctuaciones en el consumo de oxígeno están influenciados por el ritmo circadiano de cada especie que se condiciona por su medio ambiente (Gutiérrez *et al.*, 1994).

En la misma especie se determinó la influencia de los factores ambientales sobre sus actividades fisiológicas en acociles colectados del Parque Nacional Doñana, España. Se menciona que estos tienen influencia en los niveles de consumo de oxígeno, debido a que el fotoperiodo y la disponibilidad de oxígeno fueron las variables que influyeron a que este acocil se comportara como un oxi-conformador cuando la disponibilidad de oxígeno era baja o muy alta, pero al mantenerse estable el oxígeno disuelto en el agua, los acociles tendieron a comportarse como oxi-reguladores. Los organismos inmaduros tuvieron una mayor tasa metabólica que los animales maduros, además de que los machos tuvieron un metabolismo más activo que las hembras.

Barbosa (1998) empleando modelos estadísticos determinó el efecto de la temperatura y el nivel de bioelementos en el alimento sobre el crecimiento en *C. (C.) montezumae*. En el estudio no se encontró una relación significativa entre los factores analizados, pero se señala que los organismos de menor talla presentan una tasa de crecimiento superior en comparación con los de mayor talla.

En condiciones de laboratorio se estudió el ciclo de vida y algunos indicadores de crecimiento (peso corporal y longitud total) del acocil *Procambarus (A.) llamasii* (Villalobos, 1954). Indicando que su talla mínima de reproducción es de 4-4.5 cm, con una puesta de 400-700 huevos, las longitudes máximas de crecimiento para las hembras es de 80 mm y para los machos de 85 mm, el peso máximo para las hembras es de 14.14 g y para los machos de 18.15 g. Se hace hincapié en que la alimentación debe consistir de dietas balanceadas, ya que son

adecuadas para el desarrollo de estos acociles, en comparación con dietas frescas como zanahoria y carnes que sólo originaron una mayor mortalidad (Rodríguez, 1999).

En *C. (C.) montezumae* se ha analizado la pérdida de energía en la tasa metabólica y su efecto en la nutrición, sometiendo a los organismos a diferentes temperaturas y raciones de alimento (ensilado de *Elodea sp.*). Se observó que el metabolismo se ve modificado por la clase talla y por el nivel de ración, refiriendo que la temperatura tuvo influencia en el consumo debido a que a menor temperatura se presentó una mayor tasa de ingesta, y una mayor eficiencia (Rodríguez y Carmona, 2002).

Se han realizado estudios en el acocil *C. (C.) montezumae* sobre la influencia de la estacionalidad en el balance energético tomando en consideración todas las variables de la ecuación general de balance de energía en el lago de Xochimilco. García (2010), determinó que hay un efecto de estacionalidad, debido a que en la época cálida de la localidad encontró una mayor abundancia de organismos de talla pequeña, indicando que es una época adecuada para la reproducción, en esta temporada reporta una mayor ingesta de alimento así como una menor tasa de evacuación de heces fecales que en la época fría del año. Menciona que hay un efecto de la talla y estacionalidad en la tasa metabólica, describiendo que hay costos más bajos del metabolismo en una época fría y en organismos con una menor talla. Por ello la cantidad de energía canalizada en el crecimiento fue mayor en época cálida.

Se ha observado que la temperatura es un factor determinante en el desarrollo y supervivencia de los organismos, debido a que influye en los procesos fisiológicos. Por lo anterior en *C. (C.) patzcuarensis* (Villalobos, 1943) se estudió el efecto de este factor en el crecimiento, supervivencia, desove y viabilidad en condiciones de laboratorio, estos organismos fueron sometidos a tres temperaturas diferentes (18, 22 y 26°C) con alimentación controlada. Se reporta que en los machos no hubo un efecto en el crecimiento y supervivencia en los diferentes tratamientos, pero en las hembras se obtuvo una mayor sobrevivencia a temperaturas menores (18° C) y una mayor reproducción, expresada en desove y viabilidad de huevos a una mayor temperatura (26° C) (Gallardo, 2011).

Por otra parte, en crías del acocil *C. (C.) montezumae* se realizó un estudio sobre el efecto de la temperatura en el crecimiento, supervivencia y en la tasa metabólica. En éste trabajo se utilizaron diferentes temperaturas (20, 25 y 30° C). Se encontró al igual que en el trabajo anterior, que a una menor temperatura hay una mayor sobrevivencia, además postula que

para tener un mayor crecimiento y reproducción las temperaturas adecuadas deben estar en el rango de 20 a 25 °C. En el caso de los índices metabólicos y de excreción nitrogenada a 25 °C se reporta un menor gasto de energía expresado en tasa metabólica, pero es mayor la tasa de excreción de productos nitrogenados (Aguilar, 2011).

La dinámica de poblaciones se encarga de estudiar el comportamiento de las poblaciones a través del tiempo (Frank y Legget, 1994; Hanski y Gilpin, 1997; Hilborn y Mangel, 1997; Pisanty, 2003). Esta dinámica está marcada por las tasas de natalidad, mortalidad, migración, dispersión y depredación (factores bióticos). Puede haber diferencias, en la estructura de las poblaciones, aun cuando haya una continuidad genética.

En este tenor en *P. (M.) bouvieri* se cuenta con los siguientes estudios:

P. (M.) bouvieri y *P. (P.) digueti* tienen una amplia relación por su distribución geográfica, por ello se investigaron algunas características ecológicas en ambas especies, en dos temporadas del año en sus respectivas localidades de distribución (Gutiérrez-Yurrita y Latournerié-Cervera, 1999). Describen que hay diferencias en cada característica analizada, probablemente por la diferencia de hábitat. La estructura poblacional y la tasa de crecimiento son diferentes, debido a que en *P. (M.) bouvieri* el crecimiento se catalogó como isométrico donde hay un aumento primordialmente en la longitud cefalotorácica más que en el peso, que es lo opuesto a *P. (P.) digueti*; se postula que presentan una selección de tipo "r" y que la tasa de mortalidad en *P. (M.) bouvieri* está influenciada por la pesca.

Rodríguez (2003) realizó un trabajo para proponer programas de manejo y conservación del acocil *P. (M.) bouvieri* en la presa Caltzontzin, Uruapan Michoacán. Para ello tuvo que analizar cómo se comportaban las poblaciones en esa localidad. Realizó 12 colectas en un periodo de dos años, registrando un total de 930 individuos en un intervalo de longitud total de 7 a 85 mm, la proporción de machos y hembras (M:H) fue de 1.1: 0.7. Se calculó una longevidad de tres años en los organismos, con una talla mínima para la reproducción en hembras de 53mm, además evaluó la fecundidad, la cual fluctuó entre 73 a 118 huevos por puesta, con una tasa básica de reproducción de 22 descendientes. Se calculó la tasa generacional que fue de 12.6 meses estipulando que la época de reproducción en estos organismos es en épocas de lluvias que va de Junio a Septiembre en esta localidad.

Los tópicos de dinámica poblacional en nuestra especie de estudio de igual forma son escasos, pero se cuenta con información de especies afines que pertenecen al mismo orden o familia que se distribuyen en nuestro país o son organismos originarios del continente americano y fueron introducidos en la Unión Europea, o bien son autóctonos de Europa.

Austropotamobius pallipes (Lereboullet, 1858) es un acocil Astacido endémico de Europa (Holdich y Lowery, 1988). Actualmente se encuentra amenazado por la modificación de su hábitat, la contaminación, la introducción de otras especies de acociles y por ser blanco de ciertas enfermedades virales. Se realizaron muestreos en 62 cuerpos de agua de los cuales se midieron un gran número de variables ambientales que tienen influencia en la distribución de esta especie. Los autores reportan que en el 48% de las localidades analizadas hubo presencia de este acocil, donde anteriormente se reportaba una gran abundancia de estos organismos, además de que relativamente los hábitats muestreados estuvieron libres de contaminantes. Los autores concluyeron que una buena calidad del agua asegurará una supervivencia de estos acociles, que el tamaño poblacional está influenciado por la presencia de refugios, arbustos y árboles de los cuales sus raíces se extienden al cuerpo de agua. Además, señalan que los márgenes del cuerpo de agua, constituye un área de concentración de acociles juveniles considerándolo como regiones de protección para estas tallas (Smith *et al.*, 1995).

En el caso de especies introducidas como *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) han estudiado su respuesta en el crecimiento y la reproducción de este acocil en ciertos lugares donde se ha introducido. Se reporta que los machos son de mayor tamaño (> 55 mm LCT) que las hembras (45mm LCT), y que en los machos el ciclo de muda es menos prologando y frecuente. Entre sus anotaciones describen que colectaron hembras ovígeras, describiendo que la de menor tamaño midió 36.3mm de longitud total, con una puesta de 158 huevos (Guan y Wiles, 1999).

P. (G.) clarkii es un acocil originario de las regiones centro-meridionales de los Estados Unidos y del noroeste de México. Tiene una amplia tolerancia ambiental caracterizándola como una especie cultivable, se ha introducido en numerosas regiones a nivel mundial, ocasionando la regresión o desaparición de muchas especies autóctonas de sus áreas naturales de distribución. Por ello se ha tomado mucha atención en el comportamiento de sus poblaciones en el ambiente en el cual se ha introducido (Pérez *et al.*, 2000).

En los cuerpos de agua de Extremadura, España, no se ha determinado si las poblaciones de la especie se están expandiendo o se están mermando, por el hecho de no contar con antecedentes de la especie en la localidad, pero aseguran que las poblaciones no se están extendiendo tan rápido como se esperaba al tener una alta capacidad colonizadora; la proporción de sexos fue de 1.41:1 predominando los machos. Se ha observado que en la gran mayoría de los lugares donde se ha introducido esta especie, presentan condiciones climáticas adecuadas dentro del rango de tolerancia de la especie, pero se existen reportes de su presencia en regiones donde las condiciones no son las óptimas; y en estos casos, éstas poblaciones han desarrollado mecanismos de tolerancia con un costo en el crecimiento, ocasionado que su densidad sea baja. Hay que destacar que en este tipo de condiciones, se observa un dominio por parte de las hembras en la proporción de sexos. Asimismo se reporta que estos ajustes en la proporción de sexos, resulta ser un mecanismo de respuesta a la necesidad de reclutar más juveniles para estabilizar el número de los individuos en la población (Pérez *et al.*, 2000).

Se ha estudiado la distribución poblacional de *C. (C.) montezumae* en el canal de Cuemanco, Xochimilco, México. Se registró que las hembras colectadas tenían mayor tamaño en comparación de los machos, hubo constantemente machos maduros y hembras ovígeras lo cual sugiere que la reproducción es constante a través del año. Reportan que la talla mínima para la reproducción en esta especie es de 24mm de LT para hembras y de 21mm para los machos, sus análisis proponen que esa talla la alcanzan en un periodo de 248-284 días de edad. Además de que reportan una alta mortalidad en los primeros meses de vida y que el 4% de la población alcanza las tallas reproductivas (Álvarez y Rangel, 2007).

Rangel (2009) realizó un estudio de dinámica poblacional en la pista de canotaje Virgilio Uribe (Cuemanco, Xochimilco, D.F.). Se describe que la temperatura tiene un efecto significativo sobre la abundancia considerando que la población aumenta en los meses cálidos, la reproducción y reclutamiento se presentan en todo el año, dado que los machos alcanzan la madurez sexual primero y a una edad temprana. Cabe mencionar que los juveniles son lo que presentan una mayor tasa de mortalidad estimando que su talla máxima es de 48.7 mm de LT, se concluye que estas poblaciones de acociles presentan una selección de tipo "r".

Se cuenta con un trabajo similar con *C. (C.) montezumae*, pero en el Canal el Bordo, Xochimilco D.F; se reafirma que la temperatura de la localidad tiene un efecto en la distribución de los organismos por encontrar una mayor cantidad de acociles en la época cálida que en la fría, las colectas se caracterizaron por tener un dominio por parte de las hembras y por la presencia en cantidades mayores de machos en estado inmaduro que los maduros. Se reitera que las hembras alcanzan su maduración sexual a tallas más grandes en comparación con los machos (Villa-Narciso, 2010).

En Tezontepec de Aldama, Hidalgo, se han hecho estudios poblacionales de *C. (C.) montezumae*. Se describe que la mayoría de organismos se concentran en zonas donde hay vegetación, que se encuentran presentes todo el año. En octubre y noviembre se le atribuye que es una época reproductiva, debido a que en los meses de enero a marzo hubo una mayor abundancia de crías. Por las tendencias al canibalismo, las crías y juveniles permanecen en las zonas de vegetación mientras que los adultos emigran a zonas más profundas (Monroy *et al.*, 2012).

Existen infinidad de modelos que tratan de explicar el efecto de ciertas variables ambientales en la dinámica poblacional de los acociles. Entre estas principalmente encontramos los factores climatológicos y la disponibilidad de alimento.

En Noruega desarrollaron un modelo para evaluar los principales factores que controlan el tamaño poblacional del acocil *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758), con el fin de que proporcionara una predicción para futuros cambios poblacionales y así desarrollar una herramienta de gestión ambiental. Se desarrolló un modelo de tamaño estructural con bi-estabilidad, donde se consideró el ciclo de vida de *A. astacus*, parámetros específicos y no específicos de las poblaciones así como factores independientes como la temperatura de la región y la cobertura de *Elodea canadensis* (Michaux, 1803) (planta introducida). Debido a las características de los acociles se esperaba que aumentaran las poblaciones al introducirse esta especie de macrófita, pero con el paso de los años se observó una disminución de las poblaciones; con el modelo se rebeló que la disminución se debió a un efecto dependiente de la expansión de la *E. canadensis*, además de encontrar una reducción en la tasa de muda provocando una mayor depredación y canibalismo, debido a un factor regulador que constantemente estuvo cambiante en la localidad que fueron las temperaturas bajas. Se concluye que este modelo puede ser aplicable en otras especies de crustáceos de crecimiento lento y maduración tardía (Sadykova *et al.*, 2009).

En *P. leniusculus* trataron de determinar si había una talla o un sexo específico que hiciera posible la colonización de nuevos hábitat. Entre sus resultados hacen énfasis que la proporción de sexos en sus poblaciones era de 1.18:1, que en especies más pequeñas había una preferencia por hábitats de poca profundidad, mientras que en tallas más grandes prefieren aguas más profundas (Wutz y Geist, 2012).

III. JUSTIFICACION

En la actualidad, el hábitat de *P. (M.) bouvieri* ha sido fuertemente perturbado principalmente por diversas actividades humanas, provocando que la especie se encuentre en peligro de extinción, además de que se desconoce el status de las poblaciones silvestres dentro del restringido rango de distribución que estas presentan, por ello la importancia de hacer estudios sobre su Ecofisiología. La evaluación del balance energético de los organismos es un elemento clave que permite describir y predecir el estado fisiológico de los organismos dependiendo de la influencia de las variables ambientales. A la par, resulta fundamental conocer el estado de las poblaciones naturales para definir estrategias para su conservación, así como implementar técnicas para lograr su reproducción en condiciones de laboratorio.

Es preciso señalar que el poco conocimiento de muchas de las especies endémicas y la dinámica de sus poblaciones en México, permite que el presente trabajo contribuya a la generación de datos y conocimientos que ayuden a definir estrategias dirigidas a la producción o recuperación de las poblaciones de *P. (M.) bouvieri*.

IV. HIPÓTESIS

En los sistemas acuáticos interactúan factores bióticos y abióticos que propician un ambiente dinámico, por lo que se presupone que tal variabilidad influirá en la distribución poblacional de *P. (M.) bouvieri*. Además se postula que los organismos deberán ajustar sus respuestas fisiológicas y su presupuesto energético para cubrir sus requerimientos necesarios en las diferentes etapas de su ciclo de vida. Por ello, tanto el sexo como la talla son componentes que deberán tener un efecto significativo en los elementos P, R y U de la ecuación general del balance de energía.

V. OBJETIVOS

IV.1 Objetivo General.

El objetivo general de esta investigación consistió en caracterizar la variabilidad del hábitat de *P. (M.) bouvieri*, así como algunos aspectos de su dinámica poblacional en la presa Caltzontzin, Uruapan, Michoacán., y determinar en condiciones de laboratorio la influencia del sexo y la clase talla en tres elementos de la ecuación general de balance de energía (P, R y U). (Grodzinsky, 1975).

IV.2 Objetivos Particulares.

- Establecer las diferencias en los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua a nivel temporal (Abril y Septiembre del 2010), en la Presa Caltzontzin.
- Determinar si hay efecto de temporalidad en la distribución de tallas y proporción de sexos en el acocil *P. (M.) bouvieri*.
- Medir el aumento en peso y tasa de crecimiento de los organismos.
- Cuantificar las pérdidas de energía por respiración y desechos nitrogenados en acociles de distinto sexo y clase talla.
- Calcular la ración de mantenimiento/día a partir de las pérdidas de energía de R y U.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

VI.1 Área de Estudio.

- Presa Caltzontzin.

La presa se localiza dentro de la zona urbana del municipio de Uruapan en las coordenadas $19^{\circ} 32'20''$ N y $101^{\circ} 38'40''$ O, a una altitud de 1600 m.s.n.m. Cuenta con una superficie de 3.31 km^2 . Colinda al norte y sur con la zona federal del río Santa Bárbara. La fuente principal de agua y porción inicial del sistema de riego son los manantiales de Santa Catarina, forma parte de la microcuenca del Río Santa Bárbara. (INEGI, 2010 b) (Fig. 2).

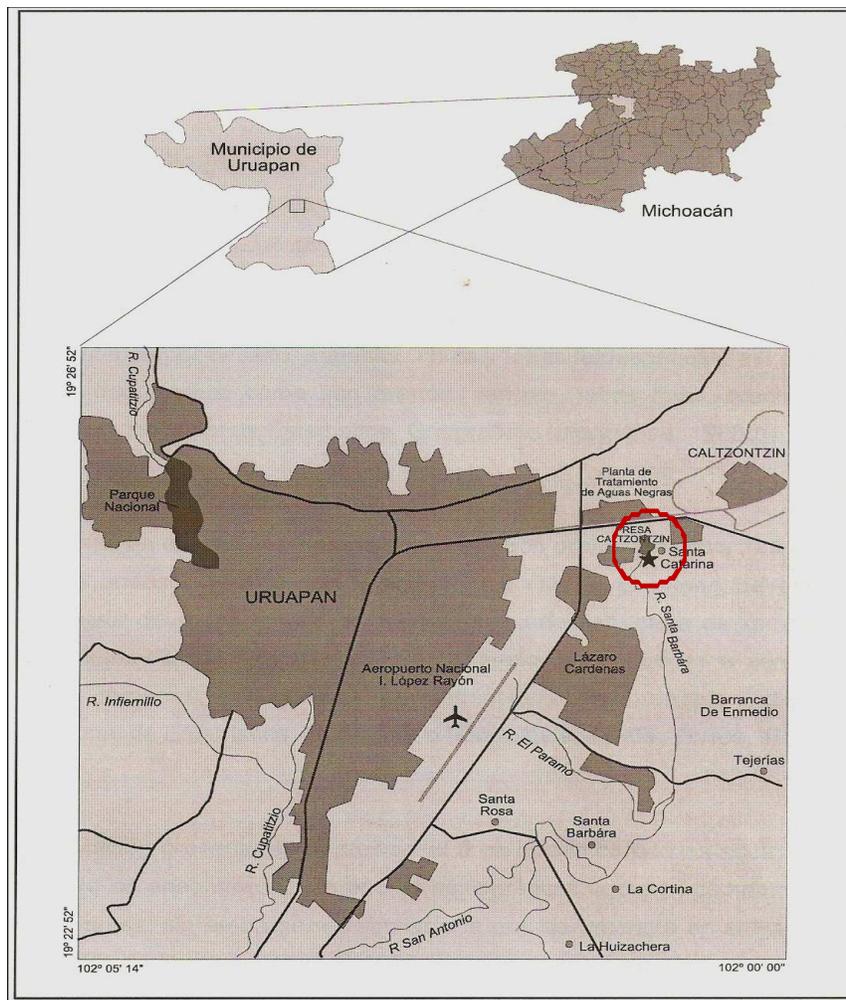


Fig. 2. Área de Estudio, Presa Caltzontzin (Uruapan), Michoacán (Modificado de Rodríguez, 2003).

El clima que presenta esta localidad basado en la clasificación de Köppen es de tipo semi-cálido húmedo con lluvias en verano (A) C (m), con una temperatura media anual de 20 a 24°C. La precipitación anual es de 1200 a 2000 mm³. (INEGI, 2010 a).

Con base en los criterios de Rzedowski (1978) la vegetación es de tipo acuática y subacuática, similar a la que presenta el Parque Urbano Ecológico de Uruapan, situado a 1000 m al sur de la presa (Rodríguez, 2003). En la comunidad tular y carrizal es dominante *Scirpus californicus* (Steudel, 1841), esta planta se arraiga en el fondo poco profundo de cuerpos de agua de corriente lenta y estacionarias (González, 1999).

Dentro de la comunidad herbácea anfibia se encuentra *Polygonum punctatum* (Elliot, 1821) y dos especies del genero *Ranunculus*. En la comunidad acuática sumergida predomina *Potamogeton pectinatus* (Linnaeus, 1753), esta planta en particular requiere que la calidad del agua sea transparente. La comunidad leñosa queda representada por *Salix sp.*, esta especie se desarrolla a lo largo de las corrientes de agua (González, 1999).

La ictiofauna más representativa de la zona son: *Allotoca catarinae* (de Buen, 1942) perteneciente a la familia Goodeidae que es autóctono de la presa Cupatitzio, otro pez perteneciente a la misma familia es *Ilyodon whitei* (Meek, 1904) típico de la cuenca del río Balsas (González, 1999).

Las aves más comunes son garzas pertenecientes a la familia Ardeidae como: La garcita del tular (*Ixobrychus exilis* (Van Rossem, 1930)), garzón blanco (*Casmerodius albus* (Linnaeus, 1758)) y garcita ganadera (*Bubulcus ibis* (Linnaeus, 1758)). De igual forma se observan gorriones domésticos (*Passer domesticus* (Linnaeus, 1758)) y golondrinas del género *Tachycineta* (González, 1999).

VI.2 Trabajo de Campo.

Se realizaron dos visitas a la presa Caltzontzin, una en el mes de Abril y la otra en Septiembre del año 2010; con la finalidad de coleccionar organismos de la especie *P. (M.) bouvieri*, para analizar aspectos de su dinámica poblacional, caracterizar la dinámica hidrológica del hábitat de la especie en dos épocas contrastantes del ciclo anual y efectuar experimentos sobre el efecto de la clase talla y el sexo en las variables P, R y U de la ecuación general del balance de energía en el laboratorio de Acuicultura y Producción Acuática de la Facultad de Ciencias, UNAM.

VI.2.1 Caracterización del hábitat.

Para analizar las posibles diferencias de temporalidad en el hábitat de *P. (M.) bouvieri*, se establecieron siete estaciones de muestreo en la zona de estudio, incluyendo el área del manantial y el cuerpo de agua principal (Fig.3).

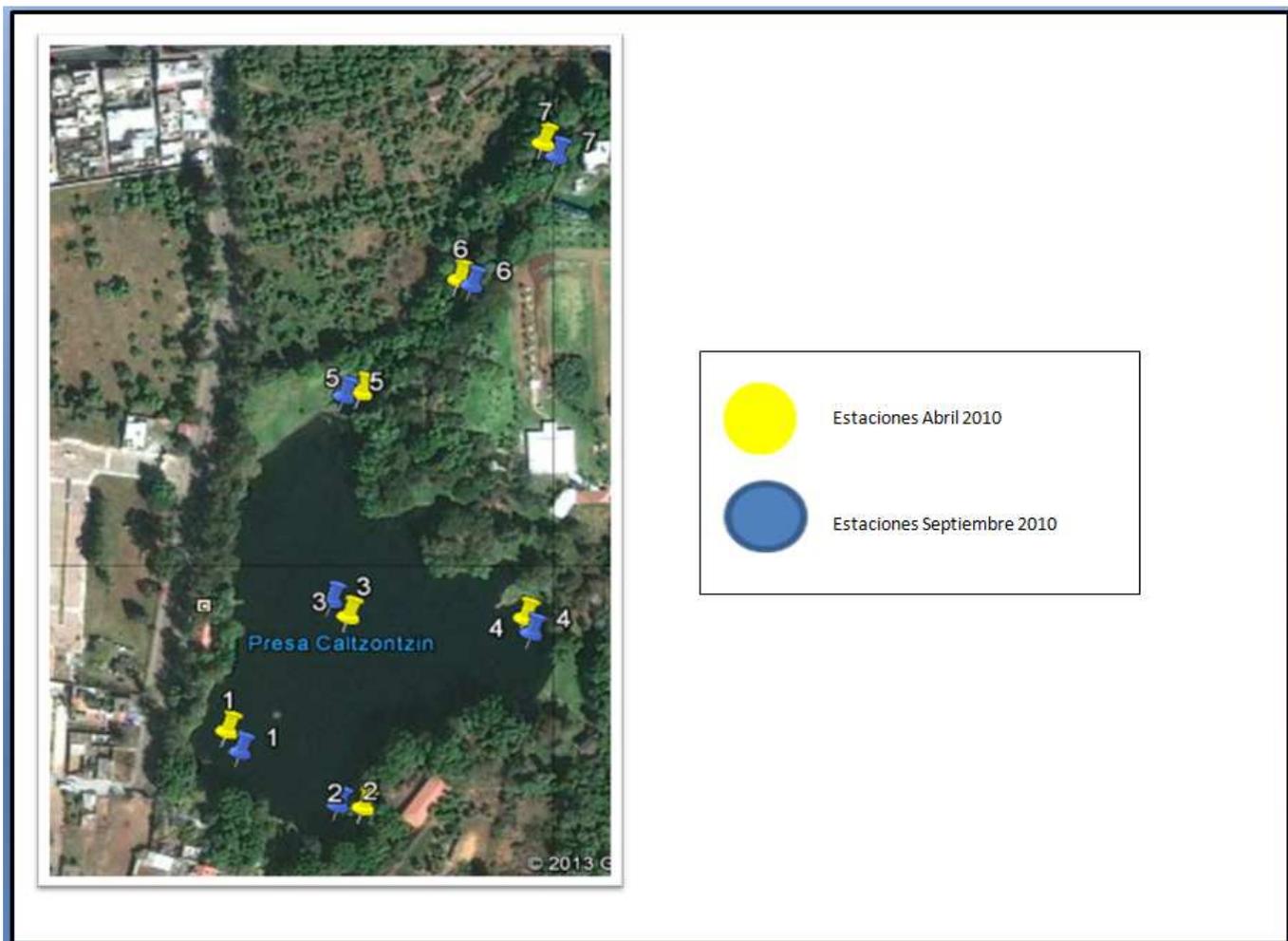


Fig. 3. Estaciones de muestreo en el área de estudio.

En estas estaciones se midieron los siguientes parámetros fisicoquímicos de calidad del agua en dos diferentes horarios del día (matutino: 09:00 h y vespertino: 14:00 h) en dos estratos de la columna de agua (superficie y fondo): Temperatura, Oxígeno Disuelto, pH, Conductividad y Dureza Total.

El instrumental para realizar dichos muestreos consistió de los siguientes equipos: para la medición de temperatura (± 0.05 °C), conductividad (± 0.05 μ S) y pH se utilizó un multianalizador HANNA HI98129, el oxígeno disuelto (± 0.05 mg O₂/L) se midió con un oxímetro YSI modelo 55.

En el caso de la Dureza Total se determinó *in situ* por medio del método de titulación con EDTA, (APHA, 1992) y para los sólidos disueltos se realizó por medio del método de gravimetría que consistió en seleccionar e identificar para cada muestra un papel filtro Whatman (41: 20-25 μ m, libre de cenizas), que se pesó en una balanza analítica (± 0.005 g) Sargent modelo 100A. Posteriormente la muestra de agua se filtró en el papel y a continuación se dejaron secar en una estufa convencional hasta peso constante y por diferencia de pesos se obtuvieron los sólidos disueltos de cada estación.

VI.2.2. Colecta de Organismos.

Los organismos se colectaron por medio de una red de cuchara con una malla de 1mm de haz de luz. De igual forma se establecieron dos horarios de colecta, uno matutino (09:00 h) y otro vespertino (14:00 h) que estuvieron enfocados en las zonas donde se presentara una mayor vegetación acuática.

Después de la colecta, los acociles se concentraron en jivas de plástico con agua del medio natural, suministrando oxígeno a nivel de saturación para su posterior traslado al área de acuarios del Laboratorio de Acuicultura y Producción Acuática de la Facultad de Ciencias, UNAM en la Ciudad de México. Llegando a la zona de acuarios los organismos se mantuvieron en peceras de 40 L con un recambio de agua de 80% de la presa y 20% de agua corriente a temperatura ambiente (17 ± 1 °C) sin suministrar alimento en un lapso de 24 horas.

Al cumplirse 48 horas después de la colecta se realizaron biometrías a los organismos colectados con las siguientes características morfométricas: Longitud Total, (LT: de la punta del rostro al margen posterior del telson), Longitud Cefalotorácica, (LCT: de la punta del rostro hasta la región dorsal media del margen posterior del cefalotórax). Para las medidas se usó un vernier (± 0.01 mm) Caliper y para el peso húmedo una balanza (± 0.01 gr) OHAUS, Scout Pro. Al final se sexaron y en el caso de los machos se determinó si eran morfo 1 (macho Fma-I, Maduro) o morfo 2 (macho Fma-II, Inmaduro).

VI.3 Trabajo de Laboratorio.

VI.3.1 Variabilidad del Hábitat.

VI.3.1.1. Temporalidad.

Se realizó una evaluación de la temporalidad (Abril y Septiembre 2010) en la presa Caltzontzin, de las siete estaciones muestreadas se compararon los siguientes parámetros fisicoquímicos de calidad del agua: Oxígeno disuelto, Conductividad, pH, Temperatura, Dureza total y Sólidos disueltos.

Con los datos obtenidos se elaboró una matriz de datos donde se especificó: el mes de muestreo, estrato, estación de muestreo y parámetro de calidad de agua medido. Posteriormente se realizó un análisis factorial para contrastar las épocas con cada uno de los parámetros de calidad de agua por medio del paquete estadístico JMP 10.0. Asimismo, se analizó el posible efecto de temporalidad, contemplando todas las variables, por medio de un análisis discriminante por época, por interacción de época y estación de muestreo y un análisis por efecto de época y estrato.

VI.3.2 Aspectos de la Dinámica Poblacional.

- VI.3.2.1 Distribución de Tallas.

De las dos épocas de colecta (Abril- Septiembre 2010). Se determinó la distribución de tallas de los organismos por mes y sexo. Considerando las tres medidas morfométricas utilizadas (LT, LCT y Peso). Se realizaron pruebas de ajuste de normalidad por sexo y con los valores agrupados de cada colecta, por medio de la prueba de Kolmogorov Smirnov ($p=0.05$), empleando el software JMP 10.0.

- VI.3.2.2 Abundancia por Épocas.

Se identificó el sexo de los organismos colectados, en el caso de los machos se determinó su estado de madurez (macho Fma-I y macho Fma-II) y se calcularon las proporciones sexuales. Además se determinó la captura por unidad de esfuerzo, (CPUE) por época.

- VI.3.2.3 Diferencias Poblacionales en la Localidad.

Con el propósito de generar información que nos permitiese diferenciar las poblaciones en las épocas del estudio, se calcularon diferentes relaciones morfométricas de *P. (M.) bouvieri*. Con los registros de Longitud Total, Longitud cefalotórax y Peso Húmedo, se determinaron a partir de modelos de regresión potencial las siguientes relaciones: PH - LT, PH - LCT y LCT - LT para los organismos colectados en la temporadas de Abril y Septiembre, además se tomó en consideración la agrupación de los sexos y por separado.

También se determinó si había diferencias en la estructura poblacional de los acociles que se colectaron en los diferentes meses por el posible efecto de temporalidad en el hábitat. Para ello se agruparon los acociles colectados por época y sexo, para contrastarlos con las variables LT, LCT y Peso, por medio de un análisis factorial y comparando las distribuciones de talla correspondientes.

- VI.3.3 Influencia del sexo y la clase talla en el crecimiento (P) y las variables (R y U) de la ecuación del balance de energía: $C=P+R+F+U$ (Grodzinski, 1975).

De acuerdo a la disponibilidad y abundancia de los organismos colectados se seleccionaron 20 organismos: 10 Machos y 10 hembras de diferente tamaño y peso húmedo (LT: Machos: 36.84 - 73.99 mm, Hembras: 44.83 - 69.05 mm; P.H: Machos: 1 - 14.03 g, Hembras: 2.38 - 10.22 g) para establecer un diseño factorial de bloques incompletos al azar (Sexo y Clase Talla).

Se establecieron cinco clases tallas para machos y hembras, que representaban de la talla pequeña a la grande. Ya delimitados los grupos de organismos por sexo y clase talla se sometieron a un periodo de aclimatación de un mes, donde gradualmente se aumentó la temperatura 1°C /cada tercer día, hasta alcanzar una temperatura de 23°C con calentadores convencionales para peceras.

En este periodo los organismos fueron alimentados con alimento balanceado comercial (PURINA 35% de proteína), suministrándoles cada tercer día una ración de siete pellets por organismo.

Finalizado el periodo de aclimatación se delimitaron los cinco bloques que los organismos ocuparían, al interior de éstos se asignaron de forma aleatoria los acociles de las diferentes clases talla y sexo, individualizados en contenedores con capacidad de 1L de agua, cada

bloque contenía cuatro contenedores (unidades experimentales= u. e.). En un lapso de 60 días estos se mantuvieron con un flujo continuo de oxígeno y temperatura constante. Los acociles fueron alimentados con una ración del 4% del peso corporal del organismo cada tercer día con: *Artemia sp* (50%), alimento balanceado comercial para peces (30%) y zanahoria (20%) (Fig. 4).



Fig. 4. Contenedores señalando las unidades experimentales utilizadas en la fase experimental para evaluar la influencia del sexo y la clase talla en el crecimiento de *P. (M.) bouvieri*.

- VI.3.3.1 Fase experimental.

Análisis de calidad del agua de los contenedores.

En los cinco contenedores se monitorearon los siguientes parámetros fisicoquímicos del agua: oxígeno disuelto y temperatura ($O_2 = \pm 0.05 \text{ mg O}_2/\text{L}$, $T = \pm 0.05 \text{ }^\circ\text{C}$) por medio de un oxímetro modelo YSI 55 cada tercer día. Semanalmente se realizaron recambios de agua del 25% del total de los contenedores.

Crecimiento expresado en ganancia de peso (P).

Para determinar el crecimiento de los acociles, a los 20 organismos (u. e.) confinados en los bloques se les realizaron biometrías a los: 0, 15, 30, 45 y 60 días de la fase experimental. Estas biometrías quincenales consistieron en medir: LT, LCT, con un vernier ($\pm 0.01\text{mm}$) Caliper, y peso húmedo con una balanza ($\pm 0.01\text{ gr}$) OHAUS, Scout Pro.

En los lapsos señalados, se calculó el porcentaje de ganancia en peso de cada organismo por clase talla y sexo, respecto al peso inicial, por medio de la diferencia del peso obtenido en ese día y el peso inicial del experimento.

Energía por metabolismo (R).

Se realizaron estimaciones de la energía consumida por los acociles a través de la tasa metabólica, medida como el consumo de oxígeno de rutina expresado como una tasa bajo condiciones de ayunas ($Q_{O_2} = \text{mg } O_2 / \text{g PS} \times \text{h}^{-1}$).

El consumo de oxígeno se midió en un ciclo de 12 horas en cámaras respirométricas de 1000 ml sumergidas en una caja de 50 L, a modo de baño maría con una temperatura constante de 23°C. Por cada individuo considerando su clase talla y sexo se utilizó una cámara, más dos controles sin organismos, sumando un total de 18 cámaras en el experimento.

Los organismos fueron aclimatados por un lapso de 24h en las condiciones de las cámaras respirométricas, en las cuales permanecieron en ayunas. Posteriormente se evaluó la tasa metabólica, para esto se hizo una medición inicial del oxígeno con un oxímetro YSI 55 ($O_2 = \pm 0.05\text{ mg } O_2 / \text{L}$), a continuación se cerraron las cámaras herméticamente durante un lapso de 60 minutos. Al término de este tiempo se realizó una lectura más considerada como la final, seguida de una recuperación de los niveles de agua y de saturación de oxígeno de las cámaras por dos horas para la siguiente repetición del ciclo. Se realizaron tres mediciones a lo largo del experimento: T₁: 06:00-9:00 h, T₂: 10:00-13:00 h, T₃: 15:00-18:00 h. El oxímetro fue calibrado previamente y recalibrado entre mediciones.

El consumo de oxígeno de rutina se obtuvo por diferencia de la toma inicial y final de cada tiempo, obteniendo valores promedio que se expresaron en equivalentes de gasto de energía, empleando el coeficiente oxicalórico ($Q_{ox} = 3.31\text{ cal} / \text{mg de } O_2$) (Brafield y Solomon, 1972).

Excreción nitrogenada (U).

Se midió la pérdida de energía a través de la excreción nitrogenada en los acociles. En un lapso de 12h, de manera similar a las mediciones del metabolismo aerobio, la diferencia consistió en que las lecturas se tomaron en dos tiempos del ciclo: matutino (06:00-09:00h) y vespertino (15:00 -18:00h). Cada tiempo constó con una medición inicial y una final. Para la lectura inicial se tomó de cada cámara una muestra de 100 ml de agua, se procedió a cerrar la cámara herméticamente por un lapso de 60 minutos, al término de ese tiempo las cámaras se volvieron abrir para volver a tomar otra muestra de 100 ml de agua denominándola como la final. El nitrógeno amoniacal se midió por medio del método de Azul de Indofenol (Rodier, 1981) estableciendo que la absorbancia es directamente proporcional a la concentración de amonio. Las lecturas tanto iniciales como finales se leyeron en un espectrofotómetro Spectronic 20D a una longitud de onda de 640 nm.

Con las absorbancias obtenidas se procedió a transformarlas a valores de concentración de NH_4 por medio de una curva patrón con estándares de concentración conocida al calcular la ecuación de la recta por medio de una regresión lineal. Con los valores obtenidos se calculó la excreción de amonio en un ciclo de 24 horas ($\text{mg N-NH}_4/\text{g PS} \times \text{día}^{-1}$) para transformarlo en calorías con el coeficiente nitrocalórico ($Q_{\text{ex}} = 4.05 \text{ cal/mg N-NH}_4$) (Brafield y Solomon, 1972).

VI 3.3.2 Evaluación de pérdidas de energía (R+U) y ración de mantenimiento (Energía de mantenimiento).

A partir del rango de distribución del peso seco de los acociles, se seleccionaron tres organismos tipo, representando la talla pequeña (1g), mediana (2g) y grande (3g). Con estos pesos se calculó el $\text{QO}_2/\text{ejemplar}/\text{día}$ y el $\text{QNH}_4/\text{ejemplar}/\text{día}$, por medio de ecuaciones de regresión ($\text{QO}_2\text{-PS}$, $\text{QNH}_4\text{-PS}$) y su posterior conversión a calorías.

La ración de mantenimiento se calculó sumando las calorías invertidas en la respiración y excreción (R+U) dividido por el contenido de energía total del acocil y multiplicado por 100 para expresarlo en %.

VI 3.3.3 Análisis de Tejido.

- VI 3.3.3.1 Peso Seco.

Al término de la fase experimental los organismos fueron sacrificados por medio de shock hipotérmico a -20°C . Para calcular el Peso Seco por clase talla y sexo se procedió a pesar de forma completa y por separado (cefalotórax y cola) a los organismos para obtener el peso húmedo (PH). Posteriormente se procedió a secarlos hasta peso constante a 60°C en una estufa convencional.

- VI 3.3.3.2 Análisis de composición corporal y tejido de los organismos.

Al tener completamente seco el tejido del organismos se procedió a pulverizarlo, posteriormente se tomaron muestras por duplicado de 100 mg de cada organismo, con ellas se determinó el contenido de Materia Orgánica (MO) y Minerales Totales (MT) por incineración en una mufla Thermolyne a 550°C durante tres horas.

Para el análisis de Nitrógeno Total se empleó en el método de Silicato 10023 con un equipo HACH DR/870. Para realizar este procedimiento se homogenizo por organismo cinco miligramos de tejido en 2 ml de agua destilada y se siguió el protocolo del equipo HACH. Con las absorbancias obtenidas se calculó la cantidad del nitrógeno total del tejido de los organismos de cada clase talla y sexo. Posteriormente estos valores se multiplicaron por el factor 6.25 (Método 976.06 AOAC, 1995) para determinar el contenido de proteína total en el tejido de los acociles.

- VI 3.3.4 Análisis estadísticos.

Para el crecimiento evaluado como el incremento de biomasa para cada tiempo, se emplearon análisis de varianza con mediciones repetidas, puntualizando las discrepancias de las posibles diferencias por medio de pruebas de Tukey – Kramer.

La evaluación de la tasa metabólica y la tasa de excreción se hizo mediante análisis de varianza de mediciones repetidas, para diferenciar y determinar la interacción del sexo y la clase talla sobre estos índices fisiológicos.

- VI 3.3.4.1 Análisis Multirespuesta.

Con los resultados obtenidos en los análisis de tejido de *P. (M.) bouvieri* se contrastó el posible efecto del sexo y la clase talla en todas las variables medidas (aumento en peso, peso seco total, peso seco del cefalotórax, peso seco de la cola, materia orgánica, minerales totales, nitrógeno total y contenido de proteína en el tejido) por medio de análisis discriminante comparando: Sexo, Clase talla y Sexo-Clase Talla. En el procesamiento de la información se empleó el paquete estadístico JMP 10.0.

VII. RESULTADOS

VII.1. Variabilidad del Hábitat.

VII.1.1. Temporalidad.

Al analizar las siete estaciones por estrato en ambas épocas de muestreo los resultados fueron los siguientes:

La temperatura del agua no presentó diferencias significativas entre estaciones y estratos. Pero al comparar los meses de Abril y Septiembre, estos presentaron una diferencia marginalmente significativa ($p=0.087$). Septiembre presentó una temperatura mayor (19.40 ± 0.44) comparada con la de Abril (18.21 ± 0.44), ver (Cuadro 1).

El oxígeno disuelto no presentó diferencias significativas entre los meses muestreados, pero entre épocas por estrato si se detectaron diferencias significativas ($p<0.05$). Siendo este parámetro homogéneo en ambos meses. En abril el oxígeno disuelto (8.42 ± 0.74 mg O₂/L) fue mayor en comparación con el mes de septiembre (7.45 ± 0.74 mg O₂/L) (Cuadro 1).

El parámetro del pH presentó diferencias significativas entre épocas ($p<0.05$) y estaciones de muestreo ($p<0.05$). Se puede observar que en el mes de septiembre el agua tiende a ser más alcalina (8.81 ± 0.26) en comparación con el mes de abril (7.67 ± 0.42).

La conductividad presentó solo diferencias significativas entre épocas ($p<0.05$). Abril registró una mayor conductividad promedio de $127.7\pm 2.4\mu\text{S}$ en comparación con Septiembre con un promedio de $80.2\pm 2.4\mu\text{S}$ (Cuadro 1).

La Dureza Total del agua presentó diferencias significativas entre los meses muestreados ($p < 0.05$). Septiembre es una época en donde el agua es menos dura con una Dureza Total promedio de 327.9 ± 27.5 mg/L en comparación con el mes de Abril con 555.7 ± 27.5 mg/L de Dureza Total promedio (Cuadro 1).

En los sólidos suspendidos en el agua de la presa, se encontraron diferencias significativas entre los estratos de la columna de agua en cada estación de muestreo y en los estratos de las épocas ($p < 0.05$). El fondo de la columna de agua presenta una mayor concentración de sólidos, aunado a esto, en la zona del fondo del cuerpo de agua de la época de abril, se encontró el mayor contenido de sólidos suspendidos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Variabilidad de los Parámetros fisicoquímicos de la presa Caltzontzin, Uruapan, Michoacán.

Época	Oxígeno disuelto, mg/l	pH	Temperatura °C	Conductividad μ S	Sólidos disueltos mg/l	Dureza total mg/l
Abril (Estiaje)	8.42 ± 0.74^a	7.67 ± 0.42^a	18.21 ± 0.47	127.7 ± 2.4^a	107.09 ± 17.09^a	555.7 ± 27.5^a
Septiembre (Lluvias)	7.45 ± 0.74^a	8.81 ± 0.26^b	19.40 ± 0.45	80.2 ± 2.4^b	101.33 ± 16.66^a	327.93 ± 27.5^b

Los valores indican Media \pm DS. *Los superíndices con diferente letra indican la diferencia entre las épocas ($p = 0.05$) con la prueba de Tukey, en color rojo se muestran diferencias marginalmente significativas ($p = 0.087$).

Al analizar el efecto de todas las variables en los análisis discriminantes, el modelo por época resultó ser el más significativo ($p < 0.001$) en la interacción de los parámetros fisicoquímicos con las épocas muestreadas (Fig.5).

El modelo indica, que hay ciertas variables que permiten diferenciar a las épocas, siendo el pH ($F = 20.84$, $p < 0.0002$) y la conductividad ($F = 146.944$, $p < 0.0000$) los factores excluyentes en este modelo. En la gráfica de canónicas los centroides muestran la discriminación entre las variables, por lo que se puede afirmar que si hay un efecto de temporalidad.

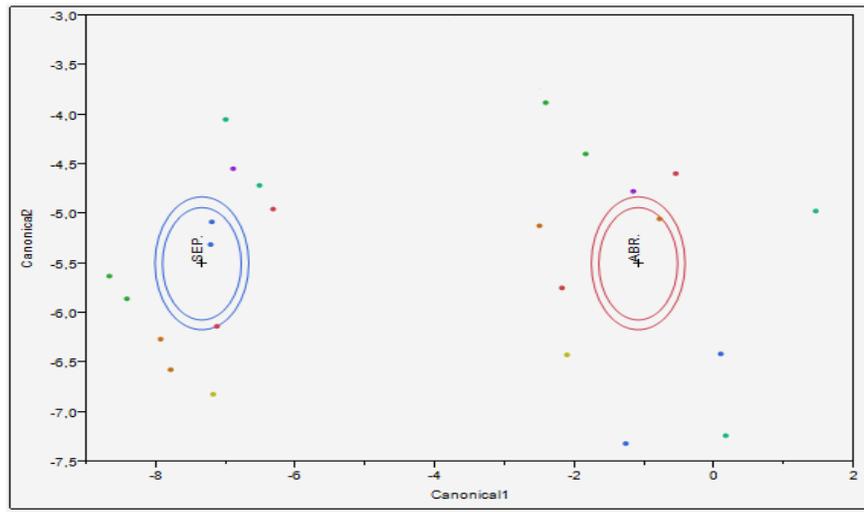


Fig.5. Gráfico de variables canónicas del modelo discriminante: Temperatura, Oxígeno disuelto, pH, Conductividad y Dureza Total en el agua en los meses de Abril y Septiembre de 2010 en la Presa Caltzontzin.

En el análisis discriminante de época por estrato las variables que fueron excluyentes en el modelo fueron: la Conductividad ($F=26.11$, $p<0.0000$) y los sólidos suspendidos ($F=10.1$, $p<0.0004$), caracterizando la columna de agua del mes de abril como variable entre los estratos, siendo lo contrario para septiembre donde los estratos son homogéneos.

Al analizar el modelo discriminante que se realizó de época por estación las variables excluyentes fueron las siguientes: Conductividad ($F=57.07$, $p<<0.0000$), pH ($F=40.53$, $p<<0.0000$), Sólidos suspendidos ($F=10.47$, $p<0.002$) y Dureza total ($F=7.47$, $p<0.006$). Cabe mencionar que basándonos en cómo se establecieron las estaciones de muestreo, hay que resaltar que las estaciones 6 y 7 ubicadas en la zona de manantial de santa Catarina que es el principal aporte de agua, éstas resultaron ser homogéneas, mientras que la estación 5 ubicada en la zona de transición entre el manantial y la zona profunda de la presa, presenta el fenómeno de borde (ver Fig. 3).

VII.2. Aspectos de la Dinámica Poblacional.

- VII.2.1 Distribución de Tallas.

De los muestreos que se realizaron en Abril y Septiembre del 2010 se colectaron 257 organismos: 68 en Abril y 189 en Septiembre. Estos acociles se encontraron en la sección del manantial de la presa asociados con vegetación acuática y en el fondo con sustrato rocoso. En base a la prueba de normalidad, se acepta la distribución normal de tallas de la población en Abril, el intervalo de la LT varió de 16.51 a 54.05 mm con una media de 31.11 mm, mientras

que en Septiembre se rechaza la prueba de normalidad, se denota que la distribución de talla es de tipo bimodal, el rango varió de 9.23 a 72.74 mm con una media de 31.01 mm (Cuadro 2).

Las hembras colectadas en abril presentaron una distribución de frecuencias normal, en Longitud Total (LT) y Longitud Cefalotorácica (LCT). El intervalo de talla en la longitud total fue 16.51 a 54.0 mm, con una talla media de 30.4 mm. Los machos presentaron una distribución normal con las mismas medidas morfométricas de las hembras. Ellos midieron entre 19.99 a 44.4 mm de LT, con una media de 30.7 mm. Cuatro organismos fueron determinados como juveniles F-II, con una talla de LT por debajo de los 17mm (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros merísticos y análisis de distribuciones de *P. (M.) bouvieri* en la presa Caltzontzin, Uruapan, Michoacán. Abril y Septiembre de 2010.

Mes	Sexo	n	LT (mm)	LCT (mm)	PH (g)	Prueba de Normalidad
Abril (Secas)	Hembras	30	31.00 ± 8.96 (27.66 - 34.35)	15.96 ± 4.31 (14.35 - 17.57)	1.06 ± 1.12 (0.64 - 1.47)	LT y LCT Acepta normalidad, PH rechaza H ₀
	Machos F-I	34	31.56 ± 6.73 (29.21 - 33.91)	15.88 ± 3.50 (14.66 - 17.10)	0.98 ± 0.66 (0.75 - 1.21)	LT y LCT Acepta normalidad, PH rechaza H ₀
	Machos F-II	4	28.14 ± 5.51 (19.38 - 36.91)	14.86 ± 3.10 (9.93 - 19.79)	0.67 ± 0.40 (0.03 - 1.31)	-
	Agrupados	68	31.11 ± 7.68 (29.25 - 32.97)	15.86 ± 3.82 (14.93 - 16.78)	0.99 ± 0.88 (0.78 - 1.21)	LT y LCT Acepta normalidad, PH rechaza H ₀
Septiembre (Lluvias)	Hembras	121	28.40 ± 14.94 (25.71 - 31.09)	14.22 ± 7.58 (12.85 - 15.58)	1.26 ± 1.75 (0.95 - 1.58)	Se rechaza H ₀ en todas las medidas
	Machos F-I	24	47.46 ± 9.90 (43.28 - 51.64)	23.40 ± 3.59 (21.88 - 24.91)	3.55 ± 1.85 (2.76 - 4.33)	Se acepta normalidad en las tres medidas
	Machos F-II	44	29.19 ± 10.88 (25.89 - 32.50)	14.41 ± 5.70 (12.68 - 16.15)	0.98 ± 1.09 (0.65 - 1.31)	Se rechaza H ₀ en todas las medidas
	Agrupados	189	31.01 ± 14.87 (28.87 - 33.14)	15.43 ± 7.42 (14.37 - 16.49)	1.49 ± 1.81 (1.23 - 1.75)	Se rechaza H ₀ en todas las medidas

*Media ± D.E, en paréntesis Intervalo de confianza (IC) del 95%: Límite inferior / Límite superior.

En Septiembre las hembras no presentan una distribución normal en las tres medidas morfométricas. El intervalo de Talla en LT fue de 9.2 a 65.6 mm con una talla promedio de 28.04 mm. En el caso de los machos, ocurrió la presencia de ambos morfos, (macho Fma-I y machos Fma-II), habiendo una mayor cantidad de organismos en estado F-II. Los machos Fma-I presentaron un intervalo de talla de LT de 31.18 a 72.74 mm con una media de 47.46 mm con una distribución normal en las tres medidas morfométricas de tallas (Cuadro 2). En los machos Fma-II se rechaza la distribución normal en la frecuencia de tallas. El intervalo de la LT fue de 12.76 a 52.08 mm con una media de 29.12 mm (Cuadro 2).

- VII.2.2 Abundancia por épocas.

En Abril de 2010, de los 68 organismos colectados el 56% fueron Machos, de ellos el 50% eran machos Fma-I y el 6% restante machos Fma-II, el 44% fueron hembras. La proporción de machos: hembras fue de (1.27:1), (Fig. 6 y 7). De los 189 organismos colectados en Septiembre de 2010 el 64% fueron hembras y el 36% fueron machos, de los cuales el 23% fueron machos Fma-II y el 13% restante machos Fma-I. La proporción de machos: hembras fue de (0.56:1), (Fig. 6 y 7).

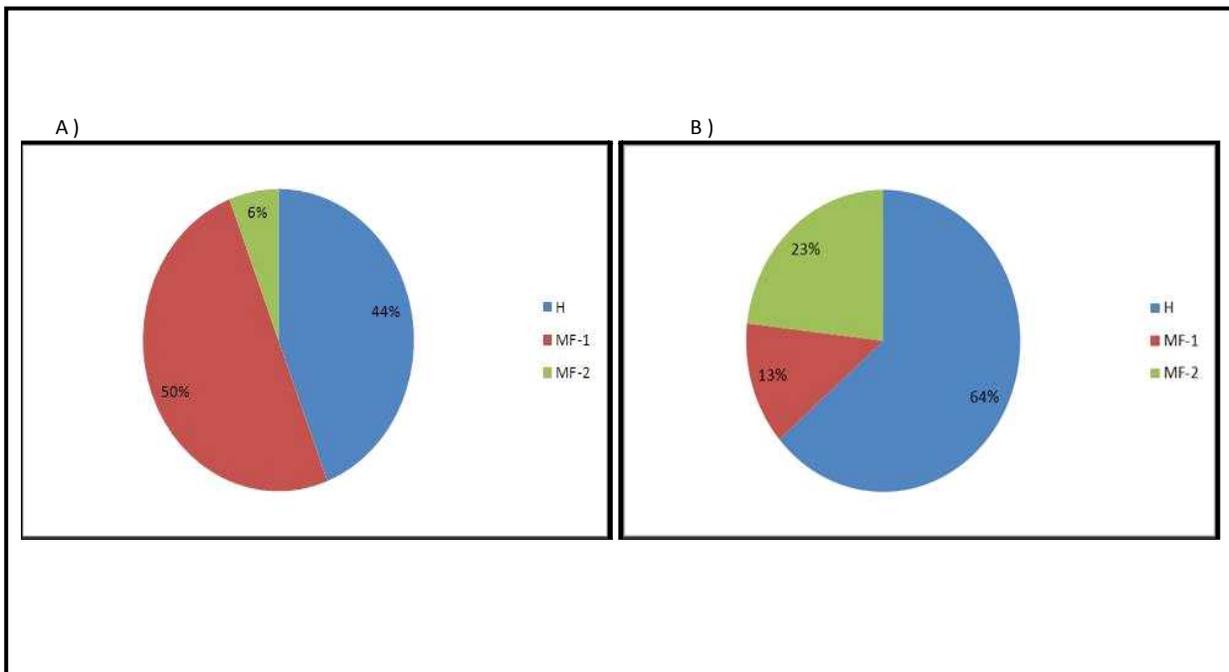


Fig.6. Proporción de sexos de *P. (M.) bouvieri* en la presa Caltzontzin. Uruapan. Michoacán: A) Abril 2010 y B) Septiembre 2010.

En la Captura por unidad de esfuerzo se observó una variación entre las épocas, para abril el valor fue de 3.4, mientras que para septiembre el valor obtenido fue más alto con 5.1 (Fig.7).

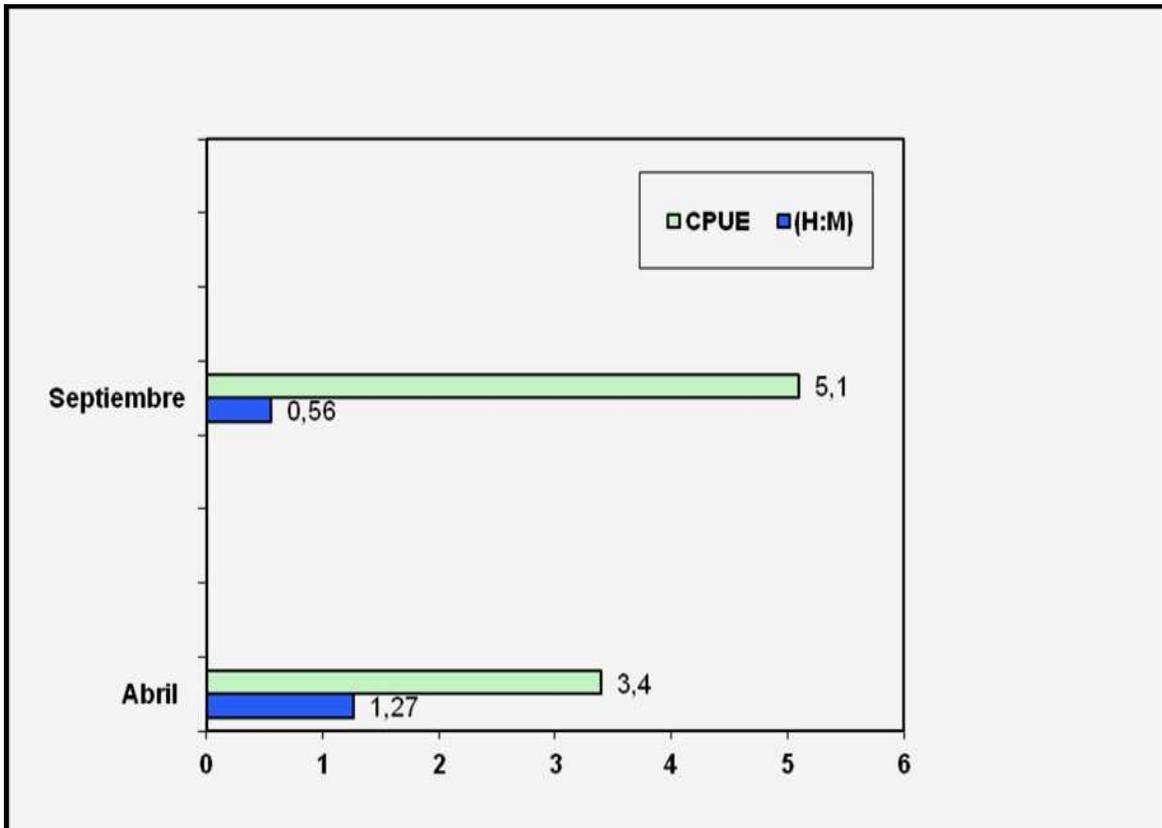


Fig.7. Captura por unidad de esfuerzo, (CPUE) y proporción de sexos de *P. (M.) bouvieri* en los meses de Abril y Septiembre 2010 en la Presa Caltzontzin. Uruapan. Michoacán.

- VII.2.3. Diferencias Poblacionales en la Localidad.

En el cálculo de las relaciones de los modelos de: PH-LT, PH-LCT y LCT-LT para ambas épocas en los datos agrupados y por separado, el modelo de regresión que mejor se ajustó fue el de tipo Potencial ($Y = k * X^\alpha$), en las relaciones del peso húmedo con la longitud total y cefalotórax el valor del exponente fue mayor a tres, lo cual implica que el crecimiento en *P. (M.) bouvieri* es de tipo alométrico positivo para ambas épocas y sexos, excepto en los machos (machos Fma-I) del mes de septiembre, que presentaron una tendencia hacia la alometría negativa (Cuadro 3).

Cuadro 3. Relaciones alométricas de *P. (M.) bouvieri* en las épocas de Abril y Septiembre de 2010 en la Presa Caltzontzin, Uruapan. Michoacán.

Mes	Sexo	n	Relación ajustada	Parámetros del modelo		r ²
				K ± DS	α ± DS	
Abril (Secas)	H	30	PH-LT	5.741e-6 ± 2.374e-6	3.429 ± 0.121	0,96
			PH-LCT	9.854e-6 ± 5.681e-5	3.239 ± 0.209	0,91
			LT-LCT	0.561 ± 0.123	0.971 ± 0.064	0,89
	M	38	PH-LT	1.31e-5 ± 8.495e-6	3.2 ± 0.191	0,90
			PH-LCT	2.02e-4 ± 0.191	3.006 ± 0.266	0,81
			LT-LCT	0.597 ± 0.123	0.949 ± 0.06	0,88
	Agrupados	68	PH-LT	9.278e-6 ± 3.757e-5	3.296 ± 0.118	0,92
			PH-LCT	1.49e-4 ± 7.01e-5	3.105 ± 0.171	0,84
			LT-LCT	0.581 ± 0.085	0.959 ± 0.043	0,89
Septiembre (Lluvias)	H	121	PH-LT	1.723e-5 ± 3.128e-6	3.119 ± 0.056	0,96
			PH-LCT	1.81e-4 ± 3.036e-5	3.046 ± 0.065	0,94
			LT-LCT	0.498 ± 0.027	0.999 ± 0.016	0,96
	M	68	PH-LT	6.429e-5 ± 5.823e-5	2.802 ± 0.235	0,86
			PH-LCT	2.613e-5 ± 2.918e-5	3.711 ± 0.355	0,83
			LT-LCT	1.976 ± 0.601	0.641 ± 0.079	0,74
	Agrupados	189	PH-LT	1.628e-5 ± 2.616e-6	3.141 ± 0.048	0,96
			PH-LCT	1.62e-4 ± 2.438e-5	3.099 ± 0.056	0,95
			LT-LCT	0.401 ± 0.274	0.489 ± 0.008	0,93

*El modelo que se ajustó en las relaciones fue de tipo potencial ($Y=KX^\alpha$), todos los modelos fueron altamente significativos ($p < 0.01$).

Se analizó si había diferencias en la distribución poblacional de los acociles en los meses muestreados por medio de un análisis de varianza, utilizando las tres medidas morfométricas. En este análisis sólo se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en el peso húmedo de los acociles, caracterizando al mes de septiembre con organismos de mayor peso (Fig.8).

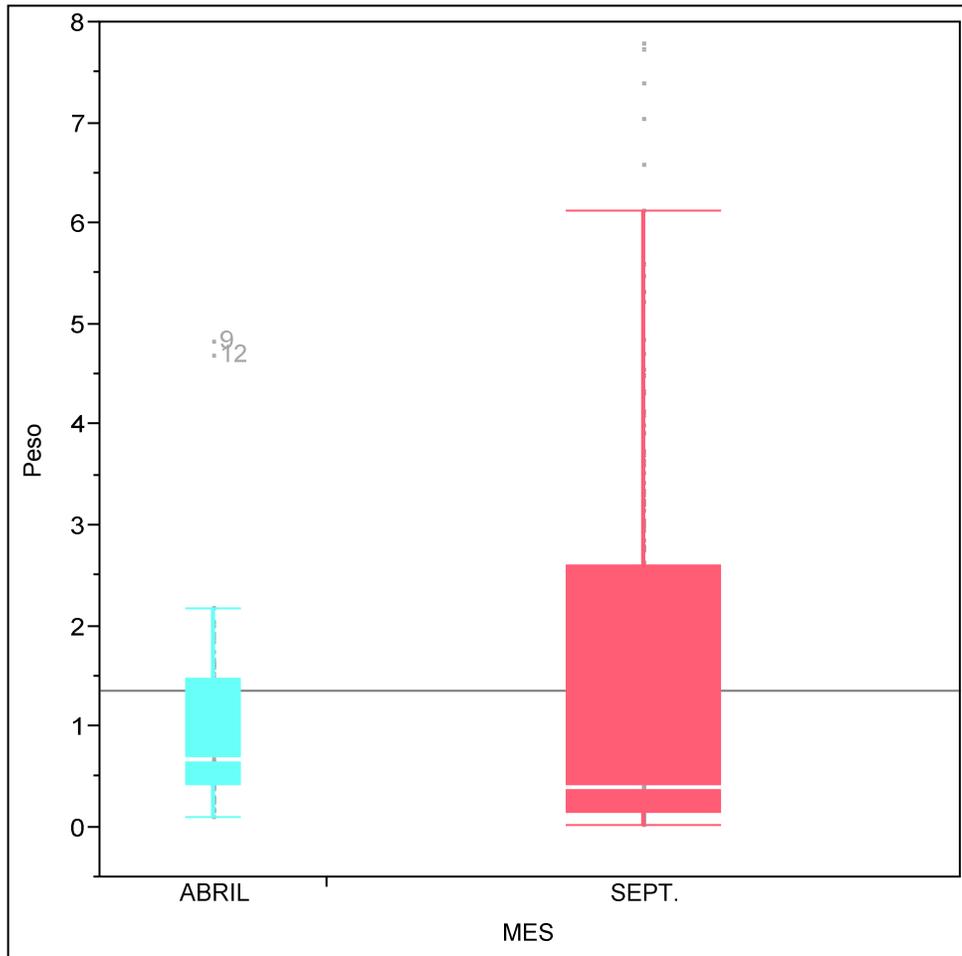


Fig. 8. Diferencias de la distribución poblacional de pesos en *P. (M.) bouvieri* en los meses de Abril y Septiembre 2010 en la Presa Caltzontzin, Uruapan. Michoacán.

Al realizar el análisis multifactorial concatenando el sexo con el mes de muestreo, utilizando las diferentes medidas morfométricas, se determinó que hay diferencias significativas en la distribución de tallas de las poblaciones de acociles en los meses de abril y septiembre del 2010 en la Presa Caltzontzin, ($p < 0.05$), (Fig.9)

En este caso la prueba de Tukey detectó la discrepancia entre los organismos de cada sexo, siendo los machos Fma-I de la época de septiembre, los que resultaron ser diferentes de los demás grupos contrastados, al presentar una mayor talla y peso comparado con el resto de los organismos colectados.

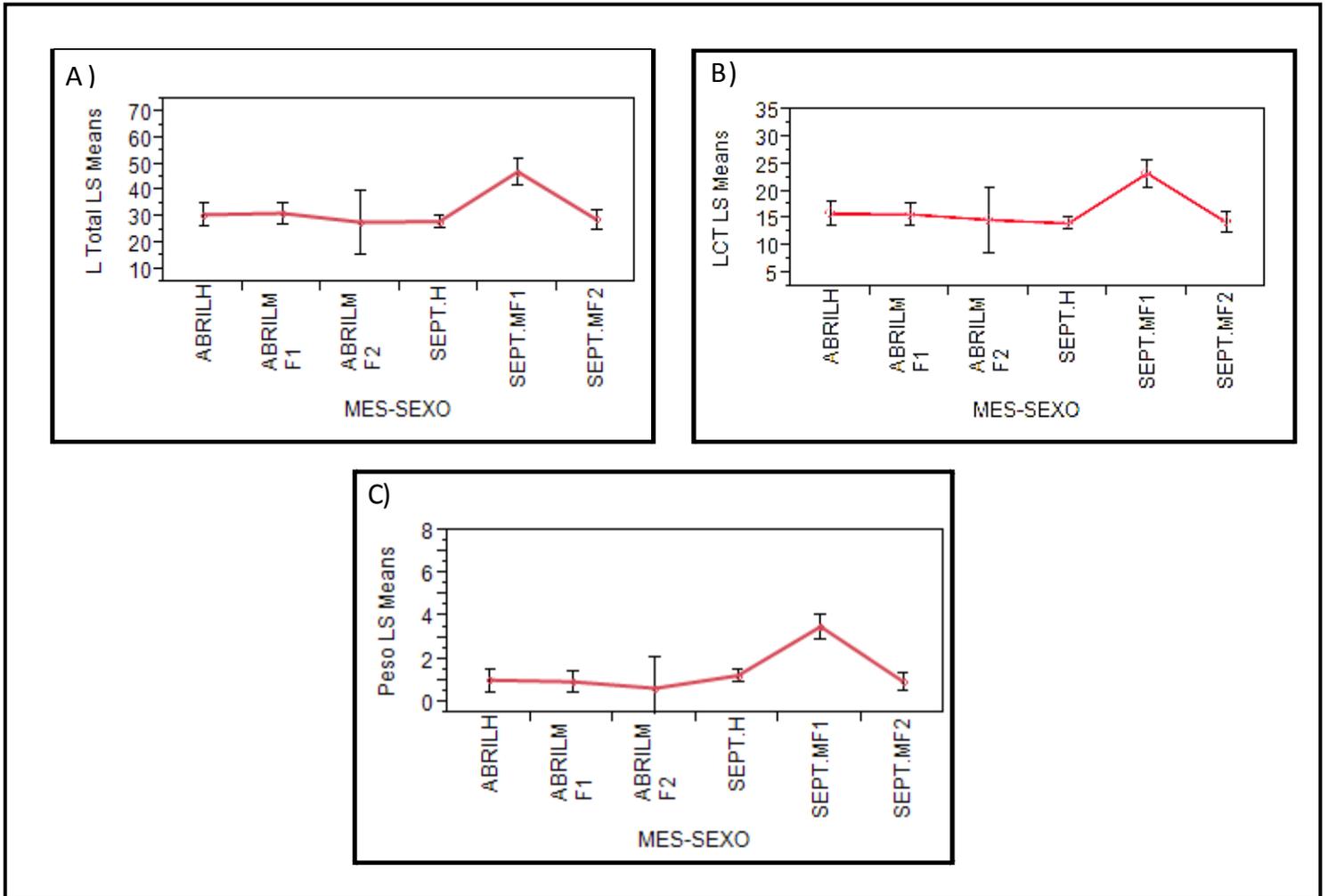


Fig. 9. Diferencias en los estimadores merísticos de *P. (M.) bouvieri* en los meses de Abril y Septiembre 2010 en la Presa Caltzontzin, Uruapan. Michoacán. A) Longitud total B) Longitud cefalotórax y C) Peso.

VII.3. Influencia del sexo y la clase talla en el crecimiento (P) y las variables (R y U) de la ecuación del balance de energía: $C=P+R+F+U$ (Grodzinski, 1975).

Análisis de calidad del agua de los contenedores.

Se monitorearon en los cinco contenedores los siguientes parámetros de calidad del agua: temperatura (°C) y concentración de oxígeno disuelto en el agua (O₂ mg/l) cada tercer día. Se obtuvieron los promedios y se realizó un análisis de varianza para determinar si existían variaciones de estos parámetros entre los contenedores a lo largo de la fase experimental. No se determinaron diferencias significativas por lo tanto las condiciones en los contenedores fueron homogéneas en el tiempo de la fase experimental (Cuadro 4).

Cuadro 4. Parámetros fisicoquímicos registrados en los contenedores durante la fase experimental.

Contenedor	Temperatura °C	Oxígeno disuelto mg/l
1	22.8 ± 0.43	7.96 ± 0.11
2	23.0 ± 0.13	7.98 ± 0.06
3	22.78 ± 0.30	8.02 ± 0.18
4	22.7 1± 0.44	8.04 ± 0.16
5	23.01 ± 0.18	7.96 ± 0.04

Valores representan Media ± D. E.

Crecimiento expresado en Ganancia en Peso (P).

Durante la fase experimental los machos correspondientes a las CT1 y CT2 perecieron, resultando un total de 16 organismos al final del experimento.

El crecimiento en peso a los 15, 30, 45 y 60 días del ensayo no presentó diferencias significativas entre sexos. Pero si se detectaron diferencias significativas ($P<0.05$), entre las clase talla.

Las pruebas de Tukey correspondientes para los días mencionados señalaron las siguientes discrepancias: A los 15 días del experimento, la CT1 se diferencia de las demás tallas al tener el mayor aumento en el peso con un 20.7%. En este lapso, se observa que las clases tallas 3, 4 y 5 son las que tienen el menor porcentaje en el aumento del peso y la CT2 es quien tiene el mayor aumento en peso en este grupo, sin ser distinta de las demás (Fig. 10).

A los 30 días de la fase experimental se observa que hay diferencias en el crecimiento entre las clase tallas formando cuatro grupos. La CT1 es quien tiene el mayor aumento en el peso con el 28.1% siendo diferente de las CT 3, 4 y 5. La clase talla 2 es la que le sigue con un 16.2% diferenciándose de las CT4 y 5. La CT3 presentó un aumento de peso del 7.5% que se diferencia de la CT1. La CT4 y 5 no presenta diferencias entre ellas, presentaron los menores valores en el aumento de peso con el 4.4 y 4.3% respectivamente, pero son diferentes de la CT1 y 2 (Fig. 10).

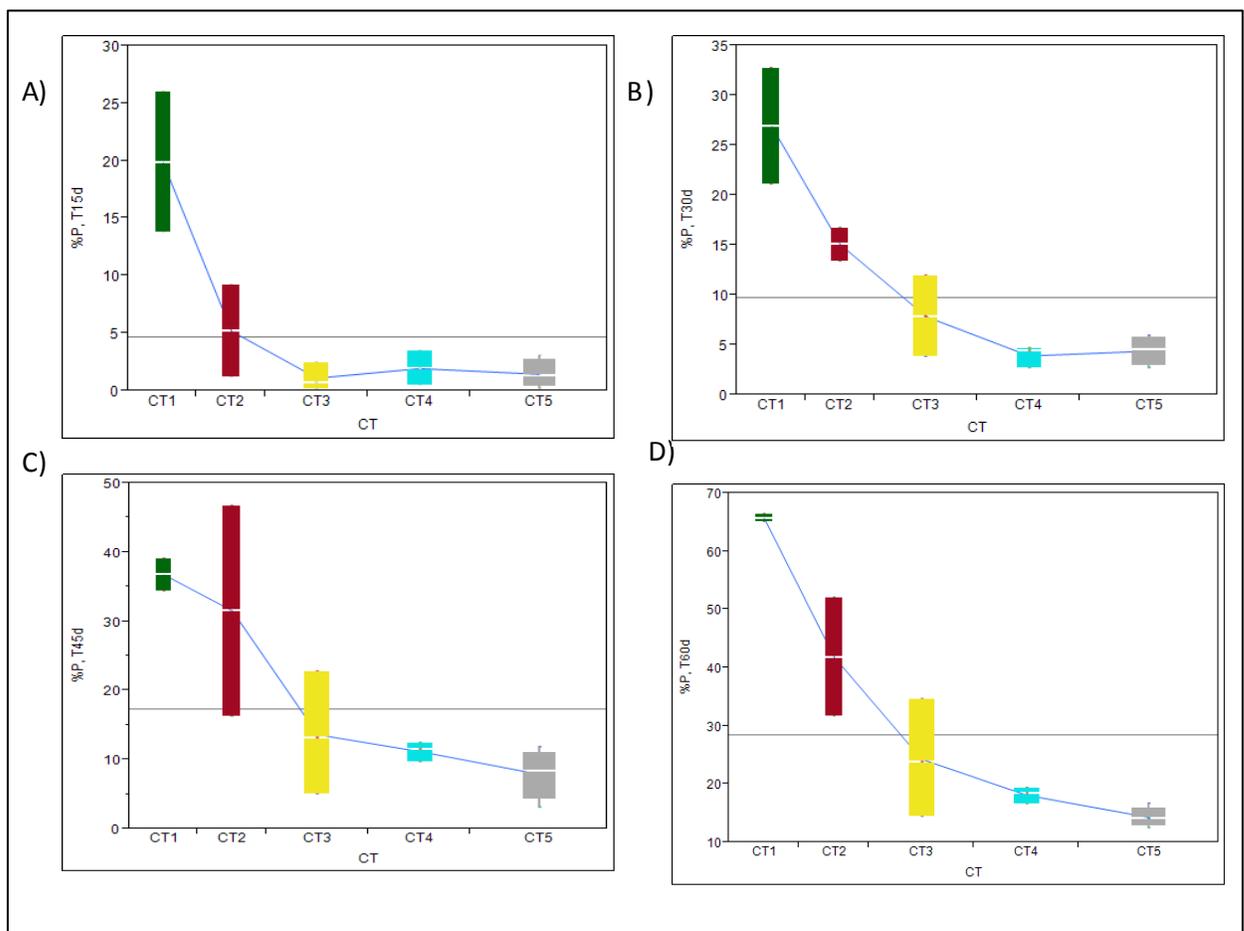


Fig.10. Diferencias en el crecimiento de *P. (M.) bouvieri* durante la fase experimental: A) 15 días B) 30 días C) 45 días y D) 60 días.

La CT1 a los 45 días del experimento aun presenta el mayor crecimiento con un 39.9%, las CT4 y 5 formaron un grupo donde solo presentaron diferencias en el crecimiento con el menor aumento en el peso (12.2 y 7.9 %) con las clases talla 2 y 3. De estas últimas no presentaron diferencias con ninguna otra clase talla pero su crecimiento fue del 34.7% y del 12.6% respectivamente (Fig. 10).

A los 60 días de la fase experimental la clase talla 1 fue la que presentó el mayor aumento en el peso con un 68.5% siendo diferente de las tallas restantes. En la lista le sigue la CT2 con un 44.7% que no la hace diferente de la clase talla 3 que aumentó un 23.4%, pero ambas son distintas de la CT1. Mientras que las clases tallas 4 y 5 presentaron el menor aumento en el peso al término del experimento con un 19.1 y 14.3 % respectivamente, donde su crecimiento los diferencia de las CT1 y 2, (Fig. 10).

Energía por metabolismo (R) y Excreción Nitrogenada (U).

El QO_2 ($mgO_2/ gPS h^{-1}$) se expresó como el promedio de cada tiempo que se midió para cada clase talla y sexo, con estas características se comparó mediante un análisis de varianza, en el cual no se encontraron diferencias significativas entre sexos en este índice fisiológico, pero si entre clases talla ($P < 0.05$). Entonces los resultados de la tasa respiratoria se expresaron a partir de la siguiente ecuación de regresión lineal ($QO_2 = \beta_0 \pm E.S. - \beta_1 \pm E.S. * PS$); quedando como $QO_2 = 0.92 \pm (0.05) - 0.246 \pm (0.03) * PS$ con un buen ajuste ($R^2 = 0.95$), relacionando el metabolismo aerobio con el peso corporal de los acociles.

A continuación se seleccionaron tres organismos tipo que fueron representativos del rango de distribución del peso seco de la muestra. A estos tres organismos se les denominaron como: chico (1 g), mediano (2 g) y grande (3 g).

Por medio de esta ecuación se calculó el metabolismo promedio de los tres organismos seleccionados. Posteriormente este resultado se prosiguió a convertirlo en su equivalente en calorías usando el coeficiente oxalórico, para obtener como resultado el gasto de energía canalizado en la respiración (Cuadro 5).

En el cuadro 5 puede observarse que la talla influye en la pérdida de energía por metabolismo aerobio. El consumo de oxígeno es mayor en organismos de menor talla, por consiguiente el gasto de mantenimiento/día es superior en comparación con las tallas grandes (Cuadro 5).

El QNH₄ (mgNH₄/gPSh⁻¹) se expresó como el promedio de cada tiempo que se midió para cada clase talla y sexo, con estas características se compararon mediante un análisis de varianza, en el cual sólo se encontraron diferencias significativas entre las clases talla (P<0.05). Los resultados de la tasa de excreción se expresaron a partir de la siguiente ecuación de regresión: QNH₄: 0.46 ± (0.004) - 0.012 ± (0.0011) * PS con un buen ajuste (R²= 0.97), relacionando la excreción nitrogenada con el peso corporal de los acociles

Por medio de esta ecuación se calculó la excreción nitrogenada promedio de los tres organismos seleccionados del índice fisiológico anterior. Posteriormente este resultado se prosiguió a convertirla en calorías usando el coeficiente nitrocalórico, para obtener como resultado el gasto de energía canalizado en la excreción nitrogenada amoniacal (Cuadro 5).

En este cuadro puede observarse que la talla influye en la pérdida de energía por excreción, en las clases talla analizadas en este trabajo la excreción de amonio y el gasto de energía en promedio es 3.25 veces mayor en los organismos pequeños que en los ejemplares de clase talla grande (Cuadro 5).

Cuadro 5. Consumo de Oxígeno y Excreción Nitrogenada Amoniacal Promedio por clases talla de *P. (M.) bouvieri*.

Clase Talla	Consumo de Oxígeno QO₂	Perdida de Energía por Respiración (cal/día)	Excreción nitrogenada QNH₄	Perdida de Energía por Excreción(Cal/día)
Chico	0.711	56.52	0.034	3.38
Mediano	0.524	40.27	0.022	2.21
Grande	0.302	24.01	0.010	1.04

VII 3.1 Ración de Mantenimiento (Energía de mantenimiento) (R+ U).

De los tres organismos que se seleccionaron se sumaron las pérdidas de energía por metabolismo aerobio y nitrogenado (Cuadro 6) para obtener la energía de mantenimiento/día.

Cuadro 6. Requerimiento Energético diario para *P. (M.) bouvieri* de distintas tallas.

Clase Talla	Contenido Calórico*	R (cal/día)	U (cal/día)	R+U (cal/día)	% Energía de Mantenimiento	% Destinado a R	% Destinado a U
Chico	2392.8	56.52	3.38	59.9	2.55	93.8	6.2
Mediano	2392.8	40.27	2.21	42.48	1.77	94.6	5.4
Grande	2392.8	24.01	1.04	25.05	1.04	95.7	4.3

* calorías/g PS acocil.

Se aprecian diferencias entre los organismos tipo, en relación a su eficiencia metabólica, los ejemplares de menor talla requieren de un porcentaje mayor de energía para el mantenimiento por unidad de masa corporal, entonces al aumentar la biomasa de los acociles este porcentaje disminuye.

VII 3.2 Análisis del tejido.

VII 3.2.1 Peso seco.

Al analizar el Peso Seco Total por sexo no se encontraron diferencias significativas, pero entre clases tallas si se presentaron ($p < 0.05$), (Cuadro 7).

Cuadro 7. Peso Seco Promedio Total y de la Cola por clase talla al término de la fase experimental.

Clase Talla	Peso Seco Total (g)	Peso Seco Cola (g)
1	1.004 ± 0.44 ^{ab}	0.162 ± 0.08 ^{ab}
2	1.792 ± 0.44 ^{ab}	0.306 ± 0.08 ^{ab}
3	1.103 ± 0.33 ^b	0.249 ± 0.06 ^b
4	1.806 ± 0.33 ^{ab}	0.343 ± 0.06 ^{ab}
5	2.672 ± 0.28 ^a	0.518 ± 0.05 ^a

*Diferente letra dentro de la misma columna indica discrepancias entre las clase talla medidas, ($p \leq 0.05$), por la prueba de Tukey.

Los organismos correspondientes a la clase talla 5 tienen los pesos secos más altos siendo lo contrario para los de la clase talla 3 que es uno de los más bajos, mientras que los de la clase talla 1, 2 y 4 formaron un grupo los cuales no los hizo diferentes entre sí y entre los de la CT3 y 5 (Cuadro 7).

Al analizar el Peso seco del cefalotórax no se encontraron diferencias entre el sexo y las clase talla, pero en el Peso seco de la cola de estos organismos se observaron diferencias significativas entre las clase talla ($P < 0.05$). A partir de los resultados se obtuvo la relación PS. Cola - Peso seco Total por medio de la siguiente ecuación $PS. Cola, g = 0.063 \pm 0.031 + 0.182 \pm 0.182 * PS Total g$ con un ajuste de $r^2 = 0.90$, para calcular el peso seco de la cola por ejemplar de clase talla y sexo (Cuadro 7).

Puede observarse que las CT 1,2 y 4 formaron un grupo que los caracteriza por presentar medias iguales, mientras que la CT 3 y 5 son diferentes entre sí y las CT restantes.

VII 3.2.2 Análisis de composición corporal y tejido de los organismos.

En estas cuatro variables no se encontraron diferencias significativas entre sexo y clase talla. En el caso de la Materia orgánica (MO) y Minerales Totales (MT) se observa que hay una tendencia a ser marginalmente significativa entre sexos (MO ($p = 0.073$) MT ($p = 0.068$)).

Las Hembras presentaron un mayor contenido de Materia Orgánica con un 70.4% en comparación con el 62.8% de los Machos, lo cual es contrastante con los Minerales Totales, donde los machos presentaron un 37.7% comparado con el contenido del 29.6% de las hembras. El rango de contenido de materia orgánica fue del 64.3% correspondiente a las CT1 al 69% de la CT3. Siendo de igual forma contrastante en los Minerales Totales donde el contenido fue de 29.8% de las CT3 al 35% de la CT1.

En el Nitrógeno Total los machos presentaron un mayor contenido con un promedio de 105.4 ± 23.2 mg mientras que las hembras registraron un 64.4 ± 14.7 mg. En las clases talla el rango del contenido de NT fue de 34.4 mg presente en la CT3 a 123.3 mg para la CT5.

De igual forma los machos presentaron un mayor % de proteína contenida en el tejido con un 8.5% en comparación con el 7.2% de proteína de las hembras. En las clases talla el rango de % de proteína contenida en el tejido varió del 5.2% contenida en el tejidos de organismos pertenecientes a la CT3 al 11.1% de la CT1. Los resultados de estas variables se presentan en el Anexo I.

VII .3.3 Análisis Multirespuesta.

Al analizar todas las variables en un análisis discriminante, fue factible diferenciar las respuestas de ambos sexos. En el gráfico de canónicas los centroides no presentan un traslape y por lo tanto los resultados muestran que existen diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre los machos y hembras (Fig. 11).

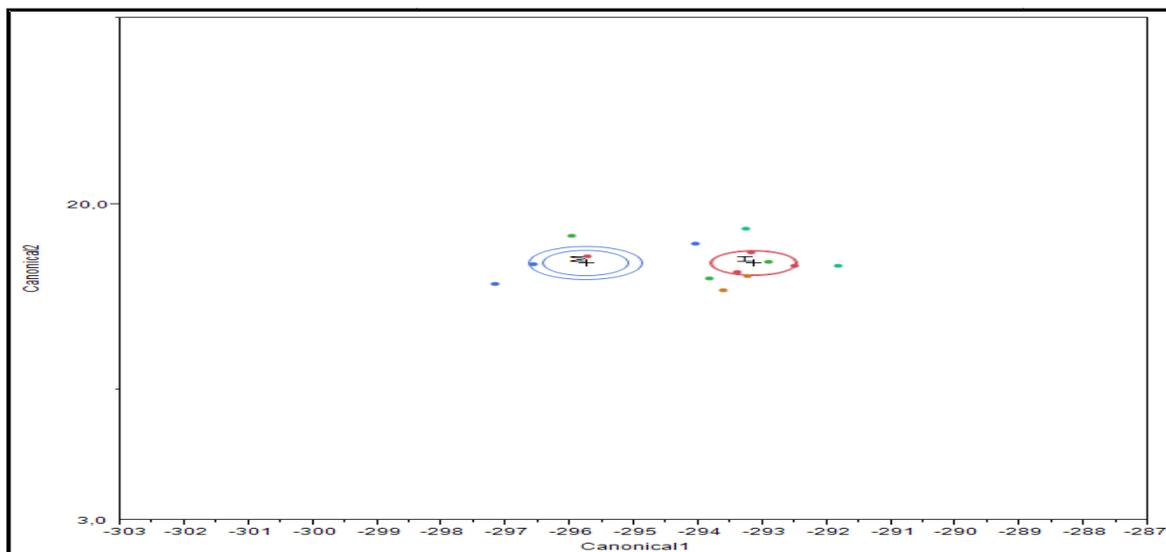


Fig. 11. Gráfico de variables Canónicas del Análisis discriminante entre Machos y Hembras.

En el contenido de tejido las diferencias se reflejan en los machos, debido a que presentan un mayor valor en los índices de Peso Seco total, Peso Seco del Cefalotórax y Peso seco de la cola en comparación con las hembras, (Cuadro 8).

Para la Materia Orgánica las hembras fueron las que presentaron un mayor contenido en comparación con los machos, siendo contrastante con los Minerales Totales donde los machos tienen el mayor contenido (Cuadro 8).

Cuadro 8. Valores Promedio de las variables consideradas en el análisis discriminante.

Sexo	PST	PSCF	PSC	%MO	%MT	NT	%Prot.	% P15	% P30	% P45	%P60
H	1.45	1.15	0.29	70.04	30.03	70.09	7.55	6.04	11.46	19.31	32.39
M	2.15	1.77	0.42	63.82	36.24	103.79	6.93	2.20	6.7	13.34	21.59

Los Machos presentan un mayor contenido de Nitrógeno Total en el tejido en comparación con las Hembras, siendo lo contrario para el % de proteína cruda donde las hembras los contienen en mayor cantidad que los machos (Cuadro 8). En el crecimiento se observa que en las hembras hay un mayor aumento en el peso, además de que esta tasa es mayor que en los machos (Cuadro 8).

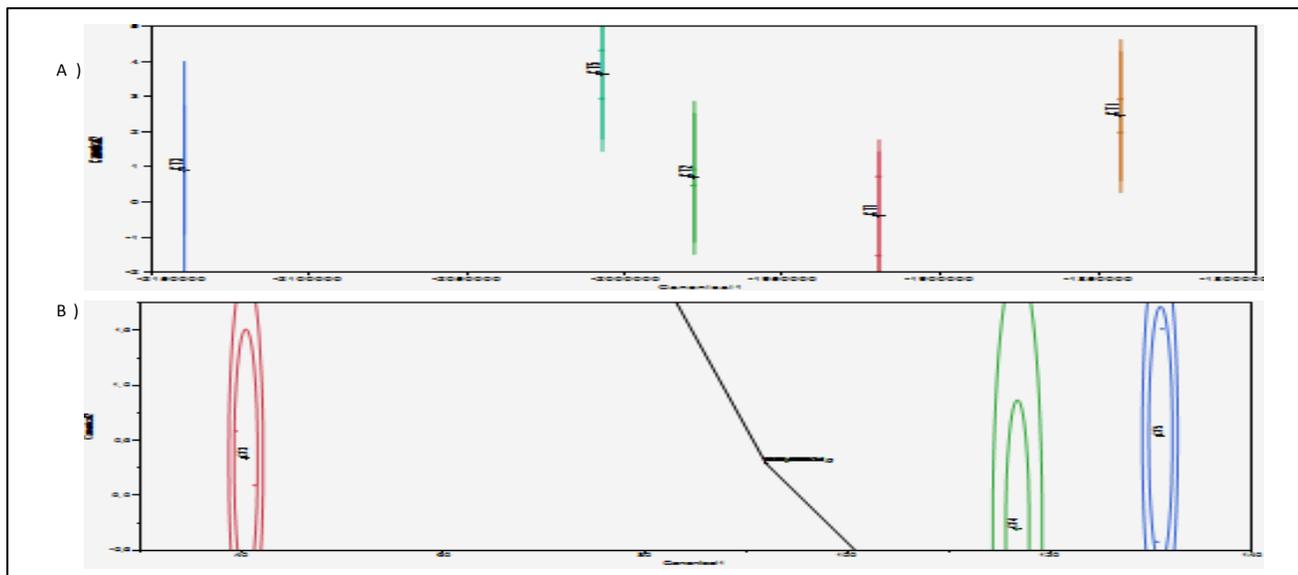


Fig. 12. Gráfico de variables Canónicas del Análisis discriminante entre Clases Talla: A) Hembras y B) Machos.

Como ya se había mencionado se realizaron análisis discriminantes por Clase Talla, considerando ambos sexos. Los resultados indicaron que si hay diferencias significativas ($P < 0.05$) de todas la variables medidas entre las clase talla (Fig. 12).

Los valores obtenidos se presentan en el anexo II.

VIII. DISCUSIÓN

- VIII.1. Variabilidad del hábitat.

Los acociles son de los pocos crustáceos que habitan en arroyos y depósitos lacustres continentales, por lo que son considerados organismos cosmopolitas distribuyéndose en cuerpos de agua dulce lóticos, lénticos e hipogeos, y los miembros más importantes, grandes y longevos de las comunidades macrobentónicas dulceacuícolas (Rodríguez y Carmona, 2002).

Además pueden soportar condiciones adversas, dado que son tolerantes a los cambios de humedad y temperatura (Espina *et al.*, 2003; Bückle *et al.*, 1994).

La medición de parámetros fisicoquímicos de calidad de agua en un cierto periodo, es un criterio estándar empleado para la caracterización de un ambiente acuático. Por el hecho de que se pueden observar las variaciones en la dinámica hidrológica durante un ciclo anual en función de todas las variables que fluyen en el cuerpo de agua. De modo que estos tendrán un efecto en los procesos biológicos que interactúan en este hábitat (Orozco *et al.*, 2005).

Estos parámetros dan una información extensa de la naturaleza de los compuestos químicos del agua y sus propiedades físicas, sin aportar datos de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico (Orozco *et al.*, 2005).

Los resultados de un monitoreo en el cuerpo de agua deben permitir resolver diferentes tipos de conflictos como el uso del agua y la integridad ecológica de los sistemas acuáticos (Samboni *et al.*, 2007).

Al caracterizar las siete estaciones en el área de estudio y examinar los análisis discriminantes efectuados, puede afirmarse que las condiciones del agua son diferentes en ambas épocas, por tal motivo hay un efecto de temporalidad en el hábitat de los acociles en la presa Caltzontzin.

En el municipio de Uruapan, Michoacán donde se encuentra localizada la presa Caltzontzin, el mes de abril se caracteriza por ser parte de la temporada de secas (Enero-Mayo) donde la precipitación promedio mensual no rebasa los 50 mm, además de ser una época de transición del invierno a la primavera, la temperatura promedio mensual del ambiente oscila de los 17-20 °C quedando claro que en esa temporada se presenta el estiaje (INEGI, 2010 a)

En Septiembre las condiciones ambientales son contrastantes, este mes se ubica dentro de la temporada de lluvias de la localidad (Junio a Septiembre) con una precipitación promedio mensual de 250 mm, lo que propicia la elevación del nivel del agua en la presa, la temperatura del ambiente oscila entre los 19 - 23°C.

La temperatura es un factor abiótico que regula o afecta procesos vitales para los organismos vivos, así como las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema. Desempeña un papel fundamental en el funcionamiento de éstos, al regular o afectar otros factores de tipo abiótico en el cuerpo de agua como son: la solubilidad de nutrientes y gases, el estado físico de nutrientes y otros parámetros fisicoquímicos como el pH, potencial redox, etc., (Montes *et al.*, 1980).

La temperatura del cuerpo de agua se ve afectada por la temperatura ambiental, por la capacidad de transmitir calor de un ambiente al sistema o viceversa. En los meses de febrero a abril el cuerpo de agua presenta las temperaturas más bajas. Durante el invierno la temperatura del agua se enfría, en la columna de agua puede haber variaciones en la temperatura formando una estratificación inversa, debido a que las temperaturas más bajas se encuentra localizadas en la superficie (Roldan y Ramírez, 2008).

A medida que empieza la primavera comienza a elevarse la temperatura del agua, adquiriendo una mayor densidad, por lo que se va al fondo, provocando un movimiento de circulación total, el agua se va calentando poco a poco cuando va llegando el verano hasta el punto donde la superficie se torna más caliente (Roldan y Ramírez, 2008).

Al ser las estaciones 5 a 7 del área de estudio, un hábitat poco profundo con un gran dinamismo en el flujo de agua, esto propicia que las temperaturas en los meses muestreados sean diferentes.

La temperatura es un factor controlador en los organismos al regular procesos vitales, así como un factor directriz al tener efectos en su distribución espacial y temporal. En términos fisiológicos este parámetro es determinante para llevar a cabo ciertas funciones, tal es el caso de la energía cinética de los reactivos, la estabilidad y actividad enzimática que participan en reacciones bioquímicas (Montes *et al.*, 1980).

Dado lo anterior, este factor tiene incidencia directa en la reproducción, crecimiento y en actividades fisiológicas en los organismos que habitan en este ambiente. En los acociles se ha reportado que la temperatura tiene un efecto en el crecimiento, sobrevivencia y en la tasa de reproducción (Holdich, 2002).

Holdich (2002) reporta para Cambáridos que habitan en ambientes donde la temperatura del agua se ubica por arriba de los 25°C, presentan un crecimiento lento. Además, de que al haber una gran variabilidad de este factor, cuando el agua rebasa el intervalo óptimo ($20 \pm 5^\circ\text{C}$), se retrasa el periodo de muda e incrementa la mortalidad.

Se han observado algunos casos de acociles del género *Procambarus* que la muda es más frecuente a mayores temperaturas, ya que también tiene efectos en otras respuestas fisiológicas, dado que al elevarse la temperatura el metabolismo también se incrementa, aumentando de igual forma la tasa de reproducción, pero si se desciende la temperatura a un nivel menor de 14°C la muda se inhibe y la mortalidad aumenta (Waterman, 1960).

El oxígeno disuelto es un factor esencial en la distribución de la vida de todos los organismos acuáticos. Los niveles de oxígeno que se dan en el agua están en función, de la temperatura, la presión atmosférica y la mineralización del agua (Roldan y Ramírez, 2008).

La concentración de oxígeno en el agua tiende a tener una distribución estacional por la variación de los nutrientes en la columna de agua, propiciando el enriquecimiento en la productividad primaria tanto en la superficie como en el fondo, quedando marcada la estratificación además por los factores químicos y el consumo de oxígeno empleado en la descomposición de la materia orgánica que se sedimenta, por ello pueden observarse

diferencias entre los estratos. Al llegar la temporada de lluvias, el aumento de caudal propicia que se establezca el balance térmico en la columna de agua (Roldan y Ramírez, 2008).

Los acociles Cambáridos que habitan en aguas cálidas no requieren de niveles altos de oxígeno disuelto para sobrevivir, dado que pueden tolerar concentraciones por debajo de los 4.0 mg O₂/L., debido al efecto de compensación de la hemocianina que hace más eficaz el proceso de transporte de oxígeno en la hemolinfa. Sin embargo, el crecimiento se ve afectado por esta compensación debido a que es más lento comparado con astacidos que habitan en aguas frías (Holdich, 2002).

El pH de un cuerpo de agua es un parámetro a considerar cuando se quiere determinar la especiación química y solubilidad de varias sustancias orgánicas e inorgánicas en el agua. Este parámetro de igual forma se ve afectado, dado que la temperatura incide en la disociación de la molécula de agua y por ende, al haber cambios en temperatura, estos redundan en variaciones en las concentraciones relativas de los iones hidronio e hidroxilo. Según Cole (1983) en temperaturas similares a las de la presa Caltzontzin se tiende a tener un pH básico (7.50-8.0), estos niveles fueron observables en el cuerpo de agua.

Existen diversos factores de tipo intrínseco y extrínseco en el ambiente que propician que el pH del agua varíe, de los cuales pueden enlistarse los siguientes: A) Intrínsecos: capacidad amortiguadora del sistema de alcalinidad carbonato-bicarbonato, estratificación y mezcla del sistema acuático, evaporación, intensidad de procesos biológicos tales como fotosíntesis, respiración y actividades de descomposición de materia orgánica. B) Extrínsecos: composición de suelos adyacentes, depósitos superficiales, contaminación, temperatura y presión parcial de CO₂ en la atmósfera (Roldan y Ramírez, 2008).

El pH regula procesos biológicos mediados por enzimas como por ejemplo la fotosíntesis y la respiración; la disponibilidad de nutrientes esenciales que limitan el crecimiento microbiano en muchos ecosistemas; así como también afecta o regula la estructura y función de macromoléculas y organelos tales como ácidos nucleicos, proteínas estructurales y sistemas de pared celular y membranas.

En los acociles los niveles de pH tolerables se ubican entre 5.8 y 8.5 (Hunner, 1992), la presa presenta un pH dentro de ese rango. Como sabemos el crecimiento de los acociles se da por ecdisis, por ello el calcio es un factor importante en este proceso ya que necesitan de estas sales para reemplazar el calcio que perdieron en la fase de muda, entonces estos organismos al estar en un medio ácido con un pH = 5.5 se verían afectados (Appelberg, 1989).

Algunos organismos pueden ser aún más sensibles a medios ácidos tal es el caso de *Cambarus bartonii* (Fabricius, 1798) y *Orconectes propinquus* (Girard, 1852), ya que estas especies se encontraron ausentes en lagos en donde el pH es de 5.6. En otros casos, como *Cambarus robustus* (Girard, 1852) tienden a ser tolerantes en esos ambientes desfavorables, dado que esta especie se encuentra presente en lagos con un pH que oscila de 4.6 a 5.6 (Berill *et al.*, 1985).

La concentración total de sustancias o minerales disueltos es un parámetro útil para conocer la productividad en un cuerpo de agua por medio de los sólidos totales disueltos, pero una manera más rápida y simplificada de medirlo es por medio de la conductividad eléctrica.

La conductividad eléctrica del agua es un parámetro que se basa en la capacidad de ésta para conducir la corriente eléctrica en función de la concentración de iones que se encuentren presentes en el agua. Por lo tanto si hay una concentración iónica alta presentarían mayores conductividades (Roldan y Ramírez, 2008).

Los valores habituales de conductividad son menores de 50 μS en aguas de bajo contenido iónico y desde 500 hasta 2000 μS para aquellas que están fuertemente mineralizadas. Como se puede observar en la presa en el mes de Septiembre, se presentan valores bajos con tendencia a los valores normales de conductividad, mientras que en abril los niveles están muy elevados sin llegar a la fuerte mineralización. No obstante, esto señala que este hábitat presenta una variación cíclica de concentración – dilución, en sus componentes minerales entre la época de estiaje y de lluvias, lo cual tiene incidencia en la dinámica de la población de *P. (M.) bouvieri* en el área de estudio.

La dureza es una propiedad que refleja la presencia de metales alcalinotérreos en el agua. De estos elementos, el calcio y el magnesio constituyen los principales alcalinotérreos en aguas continentales (Mora, 2009).

De acuerdo a la norma establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la concentración de dureza total es aceptable hasta los 180 mg/l, como límite máximo. En los meses estudiados en la presa Caltzontzin sus valores de Dureza total rebasan este límite catalogándose como aguas duras a muy duras (Mora, 2009).

La dureza del agua, es un factor que influye en el grosor del caparazón y por tanto en el crecimiento y la tasa de sobrevivencia, mientras el caparazón sea más delgado, el crecimiento es menor, por lo tanto la mortalidad aumenta. Se establece que este parámetro no debe ser menor de 50 mg/L ni sobrepasar los 200 mg/L (Huner, 1991).

De acuerdo con Rawson y Hooper (1951) las concentraciones de sólidos disueltos totales guardan una correlación positiva con la productividad en lagos. Al mismo tiempo los sólidos disueltos afectan la penetración de la luz en la columna de agua. Al hablar de sólidos suspendidos, básicamente nos referimos a la suma de todos los minerales, metales y sales disueltas en el agua, haciendo este índice un buen indicador de la calidad del agua.

Los sólidos suspendidos no sólo aumentan la turbidez, sino que retornan a la columna de agua los nutrientes que estaban capturados en el fondo, promoviendo el desarrollo de poblaciones de algas flotantes. Además son un indicador de la erosión ocasionada por las prácticas agrícolas y el acarreo de material durante la esorrentía de aguas de lluvia o de regadío. Los sólidos generan problemas de colmatación y, la sedimentación puede formar deltas de aguas arriba del reservorio y hasta destruir hábitats para los organismos acuáticos al disminuir la columna de agua. Además, existe una estrecha relación entre la concentración de los sólidos suspendidos y la calidad del agua, debido a su capacidad de adsorción de contaminantes como plaguicidas y nutrimentos, al control que ejercen sobre la turbiedad de estos hábitat y a su absorción de calor que aumenta la temperatura del agua (Dagne *et al.*, 2005).

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), sugiere como máximo permisible una concentración de 500 mg/L en la calidad del agua. Como puede observarse las concentraciones en ambas épocas no superan esta concentración, por lo que en función de este indicador, el agua de la presa puede considerarse de una calidad adecuada para la vida acuática. En el análisis efectuado, se incluyeron todas las estaciones, las ubicadas en el interior de la presa tuvieron gran influencia. Sin embargo en las estaciones cercanas al manantial, donde se ubican en gran abundancia los acociles, la tendencia es a la homogeneidad en ambas épocas.

VIII.2. Aspectos de la Dinámica Poblacional.

- VIII.2.1 Distribución de Tallas y Abundancia.

Los Cambáridos presentan notables adaptaciones fisiológicas y de comportamiento, dado que se desarrollan en hábitats donde existe una gran variabilidad en la disponibilidad de alimento, y uno de sus éxitos evolutivos radica en su capacidad de adaptarse a condiciones extremas, sus demandas nutrimentales son bajas, y en su dieta predominan alimentos de baja calidad nutricional (Hessen *et al.*, 1986), pero cuentan con adaptaciones gastrointestinales que les permite cubrir la mayor parte de sus demandas (Syvokiene y Mickenien, 1993).

Los cambios ecológicos en todas las especies están en función de los factores ambientales como el clima, nivel del agua, concentraciones de oxígeno disuelto en el hábitat, disponibilidad de alimento y de factores internos relacionados con la fisiología de los organismos, que en combinación pueden causar grandes variaciones en la dinámica poblacional de las especies (Adau y Marques, 1993; Anastacio y Marques, 1995), lo cual es observable en la especie de este estudio.

La dinámica poblacional se modifica tanto por los factores ambientales como por las propiedades de la población (crecimiento, periodo reproductivo, tamaño poblacional, proporción de sexos y densidad) (Gutiérrez y Montes, 1998). Por ende, existe una clara necesidad de entender los patrones de flujo de energía de los acociles como en el caso de *P. (M.) bouvieri* y el posible impacto de las actividades humanas sobre las poblaciones silvestres de esta especie.

Desde el punto de vista pesquero, es relevante conocer la estructura de las poblaciones para el éxito en el manejo pesquero, por tal motivo se debe poner un mayor énfasis en aquellos crustáceos de importancia comercial, o en aquellas especies con potencialidad acuicultural, como es el caso de *P. (M.) bouvieri*. A partir del análisis de distribución de clases talla, se pueden describir los parámetros demográficos de la población con relación a la presión pesquera (Lizarraga *et al.*, 2008).

En relación a la población de *P. (M.) bouvieri*, en los meses muestreados se observa una mayor captura en el mes de septiembre, a la par que varios componentes modales en la distribución de tallas, lo que permite señalar que existe una mezcla de cohortes en la población, tales circunstancias pueden ser atribuidas a una sucesión de eventos reproductivos. Cabe señalar que se ha reportado para la especie en el área de estudio, que la época de reproducción se ubica en los meses cálidos del año durante la época de lluvias (mayo a septiembre), lo que concuerda con los datos obtenidos (Rodríguez, 2003).

Gutiérrez y Montes, (1998), describen que en ambientes donde hay grandes fluctuaciones en la disponibilidad de agua, como en este caso; que la maduración gonadal inicia cuando termina el invierno, luego las hembras gradualmente van madurando hasta que comienza la primavera. Esta estrategia reproductiva donde la maduración del ovario se acopla a periodos de inundaciones y temperaturas altas, coinciden con los periodos más productivos del hábitat, en términos de disponibilidad de recursos alimenticios y refugios, (Gutiérrez-Yurrita y Latournerié-Cervera, 1999). Tal secuencia de eventos es observable en la población de *P. (M.) bouvieri*. El mes de septiembre se caracteriza por ser una temporada de reproducción, coincidiendo temperaturas altas, con el aumento del nivel del agua, así como una mayor productividad por la temporada de lluvias, por lo que la maduración de la gónada se ajusta a estos cambios.

France (1985) describe que las poblaciones de acociles se estructuran de acuerdo a las características del sustrato. Se ha observado que los organismos adultos predominan en áreas arenosas, mientras que en las áreas de rocas se pueden encontrar muestras representativas de todas las tallas, entonces el sitio de colecta debe tener características uniformes. Wutz y Geist (2012) argumentan que en los cuerpos de agua, los organismos de menor talla tienden a habitar sitios de menor profundidad mientras que los adultos que son los de mayor talla se distribuyen en zonas más profundas.

En los meses en los que se realizó el estudio, no podemos afirmar que tengamos representadas a todas las tallas de la especie, además de que nuestros muestreos no se enfocaron en zonas profundas de la presa, por lo que nos circunscribimos en áreas de vegetación o bien en zonas rocosas pero de menor profundidad.

El tamaño poblacional está influenciado por la presencia de refugios como los arbustos o árboles de los cuales sus raíces se extienden al cuerpo de agua, en esos sitios es común encontrar organismos juveniles, viéndose reflejado en este estudio donde encontramos en mayor cantidad tallas intermedias (Smith *et al.*, 1995).

Rodríguez (2003) colectó en esta misma localidad en sitios de vegetación emergente enraizada como el berro, sobre un sustrato arenoso con rocas. Ella describe que no tuvo bien representada en sus muestras a las tallas adultas, debido a que no colectó en áreas con mayor profundidad. En nuestro caso cuando visitamos el lugar el berro ya había sido removido y hubo carencia de muestreos en sitios profundos, por lo que los organismos adultos tampoco los tenemos bien representados.

Las hembras en Abril presentaron las tallas mayores (54.04mm), obteniéndose lo opuesto en Septiembre, donde los machos alcanzaron las tallas máximas (72.74 mm de LT). Estudios anteriores con otras especies del mismo género como *P. (P.) digueti* (Gómez, 1996), *P. (A.) llamasí* (Rodríguez, 1999) y *P. (G.) clarkii* (Huner, 2002) mencionan que los machos tienden a tener tallas más grandes que las hembras. *P. (M.) bouvieri* tiene tamaños similares a *P. (A.) llamasí* pero es menor con respecto a *P. (P.) digueti* y *P. (G.) clarkii*.

En otros géneros como *Cambarellus* que pertenecen a la misma familia Cambaridae. García (2010) y Rangel (2009) en sus estudios poblacionales de *C. (C.) montezumae* encontraron que las hembras presentaron una mayor talla que los machos, lo que a la vez es comparable con lo obtenido por Arana et al. (1998). Rodríguez (2003) en *P. (M.) bouvieri* encontró las tallas más grandes en las hembras.

La proporción de machos: hembras (M:H), estimada por Gutiérrez-Yurrita y Latournerié-Cervera (1999) fue de 0.99:1, en otro estudio realizado en la Presa Caltzontzin se reporta una proporción de 0.93:1, donde igualmente hay dominio por parte de las hembras (Rodríguez, 2003). En el presente estudio en el mes de Abril encontramos una proporción de 1.27:1 y en Septiembre de 0.56:1, en ambos casos, existen desviaciones significativas de la relación 1:1 entre sexos ($p < 0.05$).

Otro factor que hay que mencionar es que *P. (M.) bouvieri* tiende a refugiarse en madrigueras por largas temporadas, cuando se reduce el nivel del agua debido a que no son condiciones favorables para su crecimiento. En esta situación los organismos disminuyen su tasa metabólica para conservar su energía, utilizando sus reservas proteicas, e incrementan sus patrones de actividad cuando las condiciones del hábitat vuelven a ser favorables (Amaya *et al.*, 1999).

Por otra parte, García (2010) en su estudio con *C. (C.) montezumae* en el lago de Xochimilco, menciona que encontró una mayor abundancia de estos organismos en la época cálida en comparación con la época fría. En la presa Caltzontzin, Abril es un mes en donde el régimen de temperatura tiende a ser templado-frío, en consonancia con la entrada de la primavera para establecerse como cálido lluvioso durante el verano.

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE), es una medida indirecta de la abundancia en la especie objetivo, por lo que variaciones en la captura pueden denotar cambios verdaderos en la abundancia, ésta al ser decreciente indica una sobreexplotación, mientras que si es constante señala una pesquería sostenible (Puertas y Bodmer, 2004).

En relación al presente estudio, siendo este un análisis de dos épocas y no contando con datos sobre la captura en otros meses del ciclo anual, no pueden establecerse conclusiones en relación a la abundancia de la población. No obstante, dado que *P. (M.) bouvieri* es una especie potencialmente consumible, su tasa de mortalidad se encuentra afectada por las colectas que para estos fines realizan los lugareños (Gutiérrez-Yurrita y Latournerié-Cervera, 1999). Además se cuenta con relatos y encuestas de las personas que viven en esta comunidad, donde se hace hincapié de que actualmente ya no capturan grandes cantidades de acociles como en años anteriores (Rodríguez, 2003, Latournerié, com. pers.). Por lo que puede asumirse que la población de esta especie se encuentra sobreexplotada y amenazada, además de que otros factores como la introducción de especies exóticas, las cuales actúan como depredadoras de crías y juveniles de acocil (se ha reportado la liberación accidental de trucha arcoíris en la presa), introducción de patos y garzas así como la erradicación de especies vegetales como el berro, la cual servía de refugio a los acociles, a la par que un desarrollo turístico aledaño a la zona del manantial, actúan como factores adicionales de presión, en detrimento de la población de *P. (M.) bouvieri* en la localidad de estudio.

- VIII.2. Diferencias Poblacionales en la Localidad.

Al encontrar diferencias temporales en el cuerpo de agua en estas dos épocas, esperaríamos encontrar diferencias en la distribución poblacional de *P. (M.) bouvieri*. Al analizar las relaciones morfométricas por época agrupando a todos los organismos en los modelos de PH - LT, se observa un crecimiento de tipo alométrico positivo para ambas épocas, aunque para el mes de septiembre la constante de crecimiento es menor comparada con la de abril, indicando una tendencia a ser menor de 3 (alometría negativa).

De acuerdo con Gould (1966), al aumentar la talla de un organismo se presentan cambios en la forma del animal, que corresponden a nuevas adecuaciones para responder a ajustes en el desempeño de las respuestas fisiológicas del organismo. Estas compensaciones requieren de cambios en la proporción del crecimiento de las diferentes partes del cuerpo del organismo para expresar su máxima potencialidad.

Al comparar a las hembras y machos de cada mes, en abril es muy notorio que en ambos sexos el crecimiento es de tipo alométrico positivo, siendo lo contrario para septiembre en los machos Fma-I, debido a que en el modelo de PH - LT el resultado mostró tener un crecimiento de tipo alométrico negativo, esto sugiere un cambio en el patrón de desarrollo de los machos sexualmente maduros, los cuales presentaron para esta época las mayores tallas y pesos, de todos los grupos estudiados.

En los crustáceos el crecimiento ocurre durante el proceso de muda, donde los organismos pueden crecer de una forma que el individuo se incrementa más en peso que en longitud, este patrón es considerado crecimiento alométrico, o bien el individuo crece en proporción similar en ambas características merísticas, lo que es denominado como crecimiento isométrico. En el caso de los acociles, se describe que los juveniles crecen de una forma isométrica, mientras que los adultos presentan un dimorfismo sexual, debido a que las quelas de los machos y los abdómenes de las hembras crecen más en relación con el resto del cuerpo (Reynolds, 2002).

En un estudio previo con *P. (M.) bouvieri* y *P. (P.) digueti*, se menciona que estos organismos presentan un crecimiento de tipo isométrico en la época fría y durante la cálida cambia al tipo alométrico (Gutiérrez-Yurrita y Latournerié-Cervera, 1999), debido a que el verano es

considerado una época reproductiva; el cambio en el patrón de crecimiento debe presentarse para asegurar una reproducción exitosa en el caso de los machos, para sujetar a la hembras durante la cópula y en el caso de las hembras para tener puestas más grandes.

En el mes de septiembre las condiciones son muy favorables para los acociles, al ser la temporada de lluvias en la localidad (Junio a Septiembre) además de ser la época principal de reproducción de la especie. En el caso de los machos en el modelo de PH- LT el crecimiento se observó de tipo alométrico, el cual se correlaciona con la época reproductiva de la especie, además de que existe una mayor disponibilidad de alimento en el hábitat, la temperatura del agua es mayor y los organismos están maduros sexualmente. Rodríguez (2003) en su estudio reporta que en esta temporada de igual forma los organismos presentan este tipo de crecimiento, denotando que los machos Fma-I y Fma-II, el tamaño de las quelas son de mayor tamaño que el de las hembras; mientras que en éstas, el tamaño del abdomen no se reduce al terminar la época reproductiva.

En los machos se ha observado que el crecimiento de la quela, es de tipo alométrico positivo antes y durante la maduración sexual de los organismos, manteniéndose hasta su etapa adulta, en el caso de las hembras este fenómeno no se observa a tal grado, los cambios son en menor magnitud, y de existir un cambio en la alometría, éste se verá reflejado en el ancho del organismo (Hartnoll, 1982).

Considerando este punto, el ancho se refiere al abdomen. En los machos el primer par de pleópodos son los que se modifican como apéndices copuladores, ocasionando que el crecimiento sea de tipo isométrico en esta parte del cuerpo del acocil, mientras que en las hembras su abdomen se encuentra fusionado con el esternón, lo que facilita que los huevos que se produzcan durante la reproducción se fijen a la región abdominal, lo cual propicia que se presente un fenómeno similar al de la quela de los machos, (alometría positiva). Pero a diferencia de estos, cuando las hembras alcanzan la madurez sexual el crecimiento alométrico del abdomen decrece (Hartnoll, 1982)

Al realizarse el análisis multifactorial se encontraron diferencias significativas entre las épocas y sexos en las tres medidas morfométricas utilizadas: en la LT y PH los organismos machos Fma-I correspondientes al mes de Septiembre, fueron estadísticamente distintos con

una mayor talla y peso comparado con las hembras y los machos Fma-II de este mes y de abril. Siendo la época de reproducción un factor importante en este resultado. Rodríguez (2003) reporta que la talla mínima para la reproducción en este acocil es de 53 mm de LT, y los machos de esta temporada sobrepasan esta talla comparado con los organismos F-I de la época de Abril.

En esta misma época se encontró una gran abundancia de acociles Fma-II, estos pueden representar al grupo de machos provenientes de un evento post-reproductivo, o especímenes de tallas juveniles provenientes de los primeros eventos de reproducción del ciclo anual de la especie, en el área de estudio.

Cabe resaltar que las hembras alcanzan la madurez sexual a mayores talla (53mm de LT), por el mayor costo energético que representa la maduración de la gónada en este sexo, con respecto al desarrollo de la gónada masculina, es por eso que lo machos pueden alcanzar la edad reproductiva a una menor talla en comparación con las hembras (Rangel, 2009).

Considerando la diferencia en los parámetros fisicoquímicos del agua, que denota la estacionalidad en el cuerpo de agua y aunado a las diferencias merísticas en las poblaciones de acociles, se puede afirmar que hay un efecto de la temporalidad en la abundancia y distribución de tallas de los organismos. Al respecto Skolsky *et al* (1999) describen que la abundancia y distribución de los organismos está relacionado principalmente con las condiciones ambientales del entorno de las especies.

En las comunidades acuáticas, los factores abióticos como los nutrientes que dependen de los factores fisicoquímicos, tienen un impacto en la estructura y productividad de las comunidades dulceacuícolas (Wetzel, 1983). También la competencia por el espacio, desempeña un factor relevante, debido a que los recursos por los que compiten no se encuentran distribuidos de una forma equitativa en el hábitat (Gutiérrez y Montes, 1998).

VIII 3. Influencia del sexo y la clase talla en el crecimiento (P) y las variables (R y U) de la ecuación del balance de energía: $C=P+R+F+U$ (Grodzinski, 1975).

Análisis de calidad de agua de los contenedores.

El monitoreo de los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua durante la fase experimental, es de suma importancia para el manejo de las especies en cautiverio. Debido a que si no hay una homogeneidad en el medio, esto puede ocasionar un enmascaramiento de la respuesta de las variables que se están analizando, o bien producir un efecto diferente a los que se esperaban que puedan repercutir en la fase experimental.

En este caso, la calidad del agua de los contenedores donde permanecieron los organismos durante la fase experimental presentó un comportamiento homogéneo, por lo que puede aseverarse que estos sólo estuvieron sujetos a las condiciones de los factores ensayados.

Los factores ambientales se pueden clasificar dependiendo de las respuestas que estos producen en los organismos, por ejemplo la temperatura se clasifica como un factor controlador y directriz, debido a que gobierna la tasa metabólica y es explotado por el organismo para alcanzar y mantener su integridad por medio de la regulación (Fry, 1971, Latournerié, 2007).

El régimen térmico seleccionado en esta investigación, consideró la fluctuación máxima de este factor en la zona de estudio (23°C). Tomando en cuenta que el nivel señalado ha sido considerado óptimo para otras especies, por ej. *C. (C.) montezumae* (Cornejo, 1991, Aguilar, 2011). Por otra parte, en otras especies de acociles que son afines a *P. (M.) bouvieri* la temperatura de 23 ± 1 °C se encuentra dentro del rango ideal de 20-29°C para especies como: *P. (G.) clarkii*, *P. acutus* y *Cherax destructor* (Clark, 1936), en donde se ha reportado un máximo crecimiento y óptimo desempeño fisiológico (Bardach *et al.*, 1986; Lowery, 1988; Aguilar, 2011).

La concentración de oxígeno en el agua, se clasifica como un factor limitante porque en niveles bajos y/o muy altos modula la respuesta de la tasa metabólica del organismo (Webb, 1978).

Los niveles de oxígeno en el agua en los contenedores experimentales de este estudio, oscilaron de 7.96 a 8.04 mg/l, de igual forma esta concentración de oxígeno se ubica dentro de los niveles registrados en las dos épocas analizadas en la presa Caltzontzin. Holdich (2002) describe que los acociles Cambáridos no requieren de niveles altos de oxígeno disuelto para sobrevivir, dado que pueden tolerar concentraciones por debajo de los 4.0 mg O₂/L.

P. (G.) clarkii tiende a comportarse como un oxi-conformador cuando la disponibilidad de oxígeno es muy variable en el hábitat, reflejándose en su consumo de oxígeno de rutina, pero cuando este factor se hace estable en el ambiente se comporta como un oxi-regulador (Gutiérrez *et al*, 1996).

Crecimiento expresado en ganancia de peso (P).

El crecimiento se puede definir como el aumento continuo del tamaño de un organismo, como consecuencia de la proliferación celular que conduce al desarrollo de estructuras más especializadas del mismo.

El proceso de crecimiento, depende de la capacidad de los organismos acuáticos para asimilar y utilizar los nutrientes que se encuentren en su hábitat. Así como, de la energía contenida en el alimento ingerido, del cual una fracción es destinada a procesos celulares, actividad motriz o para su deposición en el tejido en forma de reservas de energía, ej. Lípidos y/o glucógeno, pero la que está destinada al crecimiento es utilizada para la formación de tejidos y estructuras, teniendo en consecuencia un aumento en el tamaño del animal (Castelló, 1993).

El sexo es un factor que tiene relación con la tasa de crecimiento, en algunas especies el macho presenta una tasa de crecimiento más acelerada que la hembra, porque en el caso de éstas se destina una mayor cantidad de energía en la producción de gametos y vitelogenina para la reproducción (Lucas, 1996). Al comparar el % en aumento en peso de los machos y las hembras de las clases talla 3, 4 y 5 durante la fase experimental, se observa esta tendencia en la cual los machos tienen un mayor aumento en el peso corporal.

En estudios de crecimiento en *Orconectes virilis* (Hagen, 1870), se ha reportado que las tasas mensuales de crecimiento fueron mayores en machos que en hembras, debido a que éstas invierten mayor energía en el periodo de incubación de los huevos y cuidados de los primeros estadios juveniles (Bezlett y Rittschof, 1985). La maduración sexual es un factor central en este proceso, dado que en las hembras después de alcanzar la maduración, los periodos de intermuda se alargan (Hartnoll, 1982).

Se ha reportado que los machos que presentan tamaños menores de 42 mm, presentan un aumento acelerado en el tamaño corporal en comparación con los que superan esta talla, mientras que en las hembras la tendencia es similar hasta una LT de 49 mm, pero superando esta talla la tasa de crecimiento es similar entre sexos (Huner *et al.*, 1989a).

En este estudio, el crecimiento por clases talla presentó respuestas diferentes, en el caso de la CT-1, correspondiente a los organismos más pequeños, se alcanzó el mayor aumento en peso en comparación con el resto de los organismos, la secuencia de crecimiento fue: CT-1 > CT-2 > CT-3 > CT-4 > CT-5. Barbosa (1998), al analizar el crecimiento de *C. (C.) montezumae* reporta que los organismos de menor talla presentan una tasa de crecimiento superior en comparación con los de mayor talla.

Al tomar en cuenta las tallas iniciales en LT de las CT-1 y CT-2, (44.5 y 53.2 mm respectivamente), éstas representan organismos juveniles, los cuales en las condiciones del hábitat natural son susceptibles a la depredación, por tal motivo tienden a explotar los recursos en su entorno con mayor celeridad, dado que presentan una mayor demanda calórica para su mantenimiento, como resultado su crecimiento es más acelerado, en virtud de que una gran fracción de la energía consumida se canaliza en la formación de estructuras y tejido (Gillooly, 2001).

En otros estudios con acociles juveniles se menciona que la tasa de crecimiento depende de la disponibilidad del alimento, la temperatura y la densidad (Abrahmsson, 1971). Además esta tasa será mayor si la calidad del alimento es adecuada y si existe una fracción apreciable de componentes de origen animal (Momot *et al.*, 1977).

En el caso de las otras CT consideradas en este estudio, éstas representan organismos pre-adultos y/o adultos, por lo que la canalización de energía para crecimiento en estos casos disminuye y la energía del alimento, se emplea en gran medida para la reconstrucción de tejido dañado, renovación de estructuras y para la reproducción (Gillooly, 2001). A la par, hay

que considerar que un organismo macho canaliza niveles de energía por debajo del 5% del peso corporal para el desarrollo gonadal, mientras que una hembra sintetiza ovarios de un tamaño comparable en masa a él hepatopáncreas, llegando a ocupar en un acocil sano del 10-15% de peso corporal, lo cual involucra una gran derrama de energía en el proceso (Lindqvist, 1999).

En la literatura se reportan varios factores que pueden aumentar la tasa de crecimiento en los crustáceos decápodos como los acociles, uno de ellos que ha conducido a grandes controversias por el tipo de respuestas alcanzadas, es la ablación unilateral del pedúnculo ocular. En el caso de *P. (M.) bouvieri* se ha medido el efecto de ablación en el cambio de peso total, peso del cefalotórax y el peso de la cola de los acociles (Bonilla-Cerquedo *et al.*, 2013).

En ese estudio se observó que en los organismos íntegros considerados como controles, el aumento en peso en los tres índices medidos fue mayor en machos comparados con las hembras, además de que su efecto en relación a la clase talla, señala que los organismos más pequeños tienen tasas de crecimiento mayores que aquellos de tallas más grandes, en el caso de los acociles con ablación del pedúnculo ocular, las hembras fueron las que obtuvieron un mayor aumento en el peso comparado con los machos, para el caso de las clase talla se sigue la misma tendencia. De los resultados se concluye que los acociles con el tallo ocular extirpado, tienden a tener una mayor tasa de aumento en peso en comparación con los organismos íntegros (Bonilla-Cerquedo *et al.*, 2013).

Gasto de energía por metabolismo (R).

Al realizar estudios bioenergéticos se evalúa la transformación de la energía en los organismos, analizando el balance entre el gasto y la ganancia de energía contenida en el alimento y la capacidad que tienen los individuos para emplearlo como sustrato energético, sustancias de reserva o bien para la formación de tejido (Cho y Bureau, 1995).

Es de suma importancia conocer la respuesta de índices fisiológicos como la tasa metabólica aerobia, ya que las pérdidas energéticas debido a estos procesos son determinantes para evaluar cuál es el intervalo o nivel del factor en el que estas pérdidas de energía resultan mínimas, para favorecer y optimizar el crecimiento y sobrevivencia (Jobling, 1994; Prosser, 1991). El metabolismo aerobio ha sido utilizado como un indicador “sensible del flujo de energía en el organismo”, debido a que por medio de su determinación se puede conocer la cantidad de energía utilizada para la realización de trabajo biológico.

Aunque hay un gran número de factores que afectan la variación del metabolismo en crustáceos, el tamaño y la temperatura han sido de los más estudiados. El metabolismo respiratorio aerobio parece estar más relacionado con la superficie del organismo que con su peso, en la mayoría de las especies la respiración suele presentar una relación intermedia entre la superficie y el volumen (Gould, 1966).

Se debe tomar en cuenta que el oxígeno es el último aceptor de electrones de la cadena respiratoria, el consumo de oxígeno puede ser medido como (R) de la ecuación fundamental de flujo de energía, proceso que se inicia con la glucólisis y termina con la fosforilación oxidativa, por lo que el consumo de oxígeno de un acocil tiene un equivalente de energía en términos de moléculas de ATP, los cuales se pueden convertir en unidades de energía convencionales (Rosas, 2003).

En el presente estudio, no se encontraron diferencias significativas en el consumo de oxígeno entre sexos. Por otra parte, al comparar el metabolismo aerobio de *Orconectes rusticus* (Girard, 1852) de ambos sexos, tampoco se encontraron diferencias significativas (Eggleston, 1975), resultados similares se han reportado en *P. (G.) clarkii* (Gutiérrez *et al.*, 1994).

En un estudio similar a éste en *P. (M.) bouvieri*, la interacción del sexo y la clase talla en la tasa metabólica resultó ser significativa, se reporta que las hembras de clase talla menor (CT1= 3.9g), presentan raciones de mantenimiento más altas (60.49 cal/acocil día⁻¹) en comparación con los machos de mayor tamaño (CT5=14gr, 13.82 cal/acocil día⁻¹). Cabe destacar que los valores de gasto de energía en la tasa metabólica son similares a los obtenidos en este trabajo (de Lázaro *et al.*, 2013).

El consumo de oxígeno depende de la actividad metabólica, y esta a su vez varía con la especie, el tamaño, la edad, el peso corporal, el gasto energético, el tipo de dieta, la temperatura, etc. Todo aumento en la actividad metabólica incrementa el consumo de oxígeno al requerirse mayor energía (Castello, 1993).

En el caso del modelo utilizado en este estudio, se aprecia que en *P. (M.) bouvieri* el consumo de oxígeno disminuye potencialmente con respecto al aumento del peso de los organismos, lo que indica un metabolismo más acelerado en tallas pequeñas respecto a las tallas mayores; tal efecto también ha sido descrito por Sierra *et al.* (1997) y Gutiérrez *et al.* (1994) en *P. (G.) clarkii* y en otras especies del mismo género.

Miguel (2007) reporta en camarones *Penaeus brevirostris* (Kingsley, 1878) y *P. vannamei* (Boone, 1931) que el consumo de oxígeno, está en función de la talla del organismo, es decir, cuando se incrementa la biomasa de los organismos, el consumo es menor, y cuando el peso es menor se tiene un aumento notable en la tasa metabólica.

Los organismos de menores tallas tienden a explotar de forma más activa los recursos en su entorno, dado que tienen una mayor demanda calórica para su mantenimiento. Los organismos pequeños en la presente investigación, presentaron una mayor tasa respiratoria que al convertirlo en calorías, resultaron en un gasto energético de 56.5 cal/día. En contraste, los organismos grandes, invirtieron sólo 24.0 cal/día por g PS.

Por ende, el gasto que presentan los acociles de menor talla es más del doble que aquel observado en los acociles grandes. Según (Díaz, 1975), los organismos más pequeños al tener una mayor tasa metabólica, son capaces de recuperarse con mayor facilidad de algún tipo de stress, comparado con aquellos de mayores tallas.

Gastos de energía por excreción nitrogenada (U).

El metabolismo produce una elevada cantidad de desechos los cuales deben ser eliminados, por lo que la excreción puede definirse como el proceso de separación y eliminación de residuos metabólicos (Castelló, 1993).

Los crustáceos son organismos amoniotéticos, comprendiendo el amonio entre el 70 y el 90% de los catabolitos nitrogenados, la proporción de excreción de nitrógeno amoniacal está relacionada directamente al nivel de proteína consumida (digerible), y a la calidad de la proteína. La tasa de excreción de los productos nitrogenados, es un componente que a menudo se descuida en el diseño de las raciones de mantenimiento, a pesar de que es un elemento importante que tiene relación con los mecanismos fisiológicos (Koshio *et al.*, 1993). Además permite medir la eficiencia de asimilación del alimento (Laxminarayana *et al.*, 1982).

El metabolismo del nitrógeno es un buen indicador del estado fisiológico de los organismos y ha sido utilizado para interpretar junto con el consumo de oxígeno, el efecto de las características de la dieta en la fisiología del organismo. La degradación de proteínas, ácidos nucleicos endógenos o dietéticos, llevan a la formación y excreción de diferentes compuestos nitrogenados, siendo el amonio el mayor producto (Rosas *et al.*, 2000).

En el modelo de regresión ajustado en *P. (M.) bouvieri* en este estudio, se aprecia que la tasa de excreción disminuye potencialmente con respecto al aumento de peso de los organismos, indicando que la mayor concentración de productos nitrogenados se da en organismos de tallas pequeñas. La respuesta es similar a la tasa metabólica, Clifford y Brick (1979) mencionan que la excreción de nitrógeno disminuye con el incremento de peso corporal. Además, señalan que si hay un aumento en la temperatura, se incrementa la tasa metabólica basal propiciando el aumento de la tasa de excreción.

En este estudio, al calcular sus equivalentes en calorías para los organismos de menor talla, el gasto energético en este índice fue 3.38 cal/día que al compararlo con los acociles de mayor talla fue de 1.04 cal/día. Las diferencias son notables, denotando que los organismos más pequeños tienen una mayor asimilación de energía. En juveniles de *C. (C.) montezumae* se obtuvieron valores mucho mayores, del orden de 71.1 a 100 cal/día (Aguilar, 2011), estas diferencias pueden estar relacionadas a las tallas de los organismos empleados. Mientras que para *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1874) se calculó un gasto calórico del orden de 2.8 cal/día (Latournerié *et al.*, 2008). En acociles juveniles del mismo género como *P. (G.) clarkii* Gutiérrez y Montes (2001) reporta un gasto de 7.71 cal/día.

En los decápodos el catabolismo de los aminoácidos y las proteínas pueden servir como una fuente significativa de energía metabólica, ya que estas sustancias son los mayores constituyentes del tejido de los crustáceos. Los compuestos que contienen nitrógeno son de importancia fundamental en la organización estructural y las capacidades fisiológicas de los crustáceos (Rosas *et al.*, 2000).

- VIII 3.2 Ración de Mantenimiento (Energía de mantenimiento) (R+ U).

El cálculo de la ración de mantenimiento, se emplea con el propósito de conocer los gastos de energía en procesos fisiológicos básicos y así delimitar el porcentaje de energía del alimento, empleado por el organismo para sus costos de mantenimiento diarios por unidad de masa corporal.

En este estudio solo se consideraron la suma de las pérdidas de energía canalizadas para la respiración y en la tasa de excreción de productos nitrogenados. Porcentualmente en las tres clases tallas analizadas, el mayor porcentaje de energía se pierde en la tasa metabólica, siendo superior al 90%, mientras que la tasa de excreción está por debajo del 5%. García (2010) en su estudio sobre la bioenergética de *C. (C.) montezumae* en su hábitat natural, indica que los

mayores gastos energéticos en esta especie se dan en la tasa metabólica, reportando porcentajes del 45 al 57%, mientras que para la tasa de excreción el rango oscila entre el 16 y 27%.

Dada las tendencias observadas en estas variables, era de esperarse que los organismos de menores tallas (1g) requirieran de un porcentaje mayor de energía de manutención por unidad de masa corporal (2.55%) comparado con los organismos más grandes (3g= 1.04%). El costo energético ya sea de mantenimiento o bien el crecimiento es mayor en los primeros estadios, juveniles en comparación con los organismos que están madurando y los adultos (Gutiérrez y Montes, 2001).

Latournerié *et al.* (2006) evaluaron los valores de la tasa metabólica y excreción de nitrógeno en *C. (C.) montezumae*, señalando una mayor pérdida energética en organismos pequeños en comparación con los grandes, el acocil de 9.5 mg de peso corporal requiere de un 13.7 % de energía de mantenimiento, mientras que un organismo de 23.9 mg sólo del 1.4%.

En un estudio con *P. (M.) bouvieri* Amaya *et al.* (1999) reportan contenidos calóricos en dos épocas contrastantes (secas y lluvias) en el embalse Cuitzitan, Michoacán. El contenido calórico de los especímenes para la época de lluvias fue de 2984 cal/g PS mientras que para la época de secas se reporta una disminución en el contenido energético del tejido equivalente a 2391 cal/ g PS. En el presente estudio, para los organismos que colectamos en la Presa Caltzontzin obtuvimos un contenido calórico de 2392.7 cal/g PS, el valor obtenido es similar para las dos épocas reportadas para ese lugar.

En este mismo trabajo se calculó el porcentaje de energía que se canaliza para la respiración en ambas épocas, ellos reportan el 1.14% para la época de lluvias y el 0.47% para la época de secas. En la presente investigación se calculó un gasto de energía del orden del 1.03 al 2.39%, variando la demanda energética en forma inversa a la talla de los organismos.

- VIII 3.3 Análisis Multirespuesta.

En la gran mayoría de las investigaciones, ya sean básicas o aplicadas, es necesario considerar que los fenómenos estudiados son siempre relativamente complejos, por lo que es necesario evaluar la posibilidad de tener interacciones entre las variables. A estas interacciones se les conoce como efectos sinérgicos cuando la influencia de una variable sobre otra se incrementa al ocurrir ciertos valores de una tercera; y se les denomina antagonismos, si la influencia de una variable sobre otra se anula o decrece, cuando se consideran ciertos valores de una tercera. Por lo tanto, para poder estudiar estos procesos, se requiere de un planteamiento conceptual de las poblaciones a estudiar de tipo multivariado (Méndez-Ramírez, 2012).

Por lo anteriormente expuesto en la presente investigación, se empleó un análisis multivariado en su modalidad discriminante, con la finalidad de visualizar el efecto conjunto de los factores considerados en el diseño experimental (sexo y clase talla), sobre las variables de respuesta medidas: crecimiento (Aumento en peso), Peso seco, Peso seco del Cefalotórax, Peso seco de la cola, Materia orgánica, Minerales totales, Nitrógeno total, y el % de proteína del tejido.

Los resultados obtenidos en la presente investigación, señalaron un mayor crecimiento en los acociles machos, lo cual se reflejó en los indicadores: PST, PSCF, PSC Y NT, además los organismos de menor talla siempre presentaron un mayor % de incremento en peso corporal.

En este tenor, Huner *et al.*, (1989 a) han señalado que la variación en la composición del tejido está en función de la muda y la condición reproductiva. Por lo que cuando se incrementa la talla del organismo hay un aumento absoluto en la biomasa muscular. Cabe mencionar que al haber una variación en el porcentaje de humedad del tejido, esto se puede reflejar en el peso seco de los organismos, sobre todo durante el periodo de muda.

En relación al peso seco del cefalotórax se reporta que hay un mayor aumento en éste, que en el abdomen en un rango de tamaño de 40 a 50 mm para ambos sexos, y al sobrepasar esta medida la tasa de crecimiento decrece (Huner *et al.*, 1989b).

En *A. astacus* se realizaron estudios en el músculo del abdomen, hepatopáncreas y músculo de la quela, reportándose que el hepatopáncreas es el que tiene un mayor contenido de humedad con un 82% en machos comparado con el 70% de las hembras (Huner *et al.*, 1989 b).

Por otra parte, la quela en general representa en los machos el 14.03% del peso corporal, mientras que en la hembra su peso es de sólo 5.03%. Tal característica morfológica les asegura en los machos de mayor talla, un mayor éxito reproductivo.

En *Austropotamobius italicus* (Faxon, 1914) se ha estudiado este éxito reproductivo, concluyéndose que hay dos tipos de estrategias dependiendo de las características de los machos: si el macho presenta quelas grandes la hembra pone menor cantidad de huevos, pero estos son de mayor tamaño, lo que asegura una mayor supervivencia en la puesta. Pero si hay un acoplamiento con un macho que presenta quelas de menor tamaño, la puesta es mayor, pero el tamaño del huevo es pequeño. Como estrategia reproductiva, las hembras prefieren para su acoplamiento a los machos con quelas mayores (Reynolds, 2002).

Haciendo referencia al tamaño del abdomen de las hembras, este tiende a ser de mayor tamaño (en el ancho), debido a que mientras este sea más grande, mayor será la capacidad de almacenamiento, transporte e incubación de huevos en cada puesta durante la etapa reproductiva.

La acumulación de materia orgánica es necesaria para la energía, síntesis del tejido, para los periodos de muda, crecimiento y reproducción (Huner *et al.*, 1989a), por lo que esperaríamos encontrar en mayor proporción esta variable en los machos que en las hembras, pero en este estudio se encontró un mayor contenido en las hembras que en los machos con un 70% y un 62% respectivamente, siendo contrastante en los minerales totales con 30% y el 38%.

Rojas (2013) y García (2010) en *C. (C.) montezumae* reportan que el contenido de materia orgánica en machos es del 71% y del 72% en hembras, mientras que en minerales totales el 31.7% se concentró en los machos y el 28% en las hembras.

Entre los objetivos del manejo acuicultural de las especies en cautiverio, está el que los organismos produzcan una adecuada calidad de tejido en un tiempo corto, así como la producción de proteína de alta calidad y de bajo costo para el consumo humano; lo cual se vincula no solo a la calidad del alimento ofrecido, sino también a las condiciones abióticas (Cockcroft y Wooldridge, 1984).

Los compuestos que contienen nitrógeno son de suma importancia en la organización estructural y para las capacidades fisiológicas de los crustáceos (Rosas *et al.*, 2000). El nitrógeno puede variar en los organismos en condiciones naturales. En el caso de *Orconectes*

nais (Faxon, 1885), se reporta que presenta variaciones estacionales, oscilando entre 90 y 130 mg de peso seco libre de proteínas, siendo comparable este contenido en los organismos de mayor tamaño de *P. (M.) bouvieri*.

Las proteínas son constituyentes abundantes en los crustáceos, su contenido puede variar entre el 38 y 75%. En *P. aztecus* el músculo de la cola tiene un contenido proteico de 72.6% en base seca, algunos análisis de proteína de algunos tejidos revelan que las gónadas y el músculo son los sitios más ricos (Rosas *et al.*, 2000). En este trabajo encontramos niveles muy bajos de proteína comparado con los reportados.

El contenido de proteína se ve influenciado por la edad o tamaño de los organismos, reportándose que los especímenes juveniles requieren un mayor aporte proteico en la dieta que aquellos de mayor tamaño (Cho y Bureua, 1985). Este efecto se relaciona con la disminución de la capacidad de síntesis proteica corporal a lo largo del desarrollo (Fauconneau, 1985). En *P. (M.) bouvieri* las clases tallas pequeñas de ambos sexos presentaron los mayores % de proteína cruda en el tejido.

En referencia al porcentaje de proteína contenida en el tejido comparando solo las clases tallas representativas para machos y hembras en este estudio, se encontraron diferencias entre sexos. Al respecto, Huner *et al.* (1989b) reportan que la proteína se encuentra en mayor cantidad en los machos que en las hembras.

En las dietas formuladas, las proteínas son el componente más costoso, en los últimos años se han implementado dietas con alto contenido proteico, obteniéndose respuestas satisfactorias en el crecimiento, sobrevivencia y reproducción.

Se ha descrito que los organismos juveniles necesitan de un mayor aporte de proteína, dado que ésta se enfocará al crecimiento y les proporcionará una mayor sobrevivencia, además se ha reportado que en un pre- adulto un aporte de proteína en el alimento del 22% maximiza su peso, y aumenta la sobrevivencia, en hembras no se da el mismo efecto pero le brinda resultados positivos en el desarrollo gonadal (Arredondo *et al.*, 2011).

En *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) al adicionar mayores contenidos de proteína a la dieta se han encontrado otros efectos positivos a los ya descritos como mayor fecundidad, mayor porcentaje en el desove, los huevos de la puesta tienen una mayor área y volumen,

pero no se reportan diferencias en la asimilación del tejido (Holdich y Lowery, 1998; Rodríguez y Carmona, 2002).

Como se mencionó anteriormente la temporalidad del hábitat modula la dinámica poblacional de *P. (M.) bouvieri*, al afectar las rutas de flujo de energía incidiendo en la abundancia de los organismos, distribución de tallas, el tipo de crecimiento, así como en la época reproductiva de la especie, por lo cual desempeña un papel fundamental en las diversas fases del ciclo vital de estos organismos.

Por tales motivos, las investigaciones sobre la Ecofisiología de las especies son esenciales para definir el status de las mismas, así como para explicar el porqué de su éxito o fracaso en su ambiente natural, delimitar los factores que restringen su potencialidad, e identificar posibles estrategias de manejo que permitan dar continuidad a este acervo genético, patrimonio de nuestro país que se encuentra en riesgo inminente de desaparecer (Álvarez *et al.*, 2010; Latournerié *et al.*, 2011 b, 2012).

IX. CONCLUSIONES.

1. Se determinaron algunos aspectos de la dinámica poblacional de *P. bouvieri* de la presa Caltzontzin, Michoacán, comparándose dos meses de épocas contrastantes del ciclo anual (Abril y Septiembre) en la localidad, analizándose: la distribución de tallas, la proporción de sexos y abundancia a partir de la captura por unidad de esfuerzo.
2. Se encontraron diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua a nivel temporal en la presa Caltzontzin, el mes de abril se peculiariza por representar una época de concentración y septiembre de dilución.
3. Se detectó un efecto de temporalidad en la distribución de tallas y proporción de sexos de los acociles, reflejando el mes de septiembre la época de reproducción en esta localidad.
4. Se determinó que hubo una influencia de la Clase Talla en los elementos P, R y U de la ecuación de balance de energía en *P. bouvieri*.
5. Se midieron las tasas de incremento en peso/60 días de los organismos, siendo de un 68% para los organismos más pequeños y del 14% para los de mayor tamaño.
6. Se determinaron las pérdidas de energía por respiración y desechos nitrogenados por clase talla: (R): Chicos =56.52 cal/día, Medianos=40.27 cal/día, Grandes= 24.01 y (U): Chicos=3.38 cal/día, Medianos= 2.21 cal/día, Grandes=1.04 cal/día.
7. Se calculó la ración de mantenimiento (R + U) por unidad de masa corporal por clase talla, obteniéndose los siguientes valores: Chicos= 2.55%, Medianos= 1.77% y Grandes= 1.04%.

X. PERSPECTIVAS.

- 1.** Es de suma importancia realizar estudios sobre la bioenergética de las especies, con la finalidad de generar información básica para el manejo de las mismas, tanto en condiciones propias de su hábitat natural como en condiciones de cautiverio para su aprovechamiento potencial.
- 2.** Todas las especies de acociles a nivel mundial presentan la misma problemática: fragmentación del hábitat, desplazamiento y competencia por la introducción de especies exóticas, sobreexplotación de las poblaciones naturales y contaminación de fuentes diversas que impactan las poblaciones silvestres. Por lo tanto es de suma importancia realizar estudios sobre su Ecofisiología, cuyos resultados permitan sentar las bases para futuros planes de manejo.

XI. LITERATURA CITADA.

- Abrahamsson, S. 1971. Density, growth and reproduction in populations of *Astacus astacus* and *Pacifastacus leniusculus* in an isolated pond. *Oikos* 17: 96-107.
- Aguilar, M.B. 1993. Estudio estructural de varios neuropéptidos hormonales de acocil mexicano *Procambarus bouvieri*. Tesis de Doctorado en Ciencias Químicas (Bioquímica), Facultad de Química, UNAM, DF. 96pp.
- Aguilar, M.R. 1997. Clonación DNAC que codifica para la hormona inhibidora de la muda del acocil *Procambarus bouvieri*. Tesis de Maestría en Investigación Biomédica Básica, CCH, Unidad Académica de los Ciclos Profesionales y de Posgrado, UNAM, DF. 80pp.
- Aguilar, R. E. 2011. Efecto de la temperatura en el metabolismo energético y crecimiento, de crías de acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure). Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM.México. DF. 87pp.
- Álvarez, F., M. López-Mejía & C., Pedraza Lara. 2010. *Procambarus bouvieri*. En: UICN 2012. Lista roja de Especies Amenazadas. Versión 2012.2. <http://www.iucnredlist.org/details/153827>
- Álvarez, F. y R. Rangel. 2007. Estudio poblacional del acocil *Cambarellus montezumae* (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) en Xochimilco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78: 431-437.
- Álvarez, F. y J. L. Villalobos. 1994. Decapoda (158-205 p). In: González, E., R. Dirzo y R. C. Vogh (Eds). *Historia Natural de los Tuxtlas*. UNAM. 647pp.
- Amaya-Tapia, A.M.L., Latournerié-Cervera, J.R., Torres, A. & Barbosa, M.L. 1999. Energy expenditure of *Procambarus bouvieri*, an endemic crayfish species from the central Plateau of Mexico. *Freshwater Crayfish* 12: 187-193.
- AOAC, 1995. AOAC, Official method 976.05- Automated Kjeldahl methods (Kjel-Foss Automatic) in: AOAC Official methods of analysis. 16 th edition, vol. I, chapt 4. P 7.
- APHA, AWWA, AWWA. (1992). Standar methods for the examination of water and wastewater. U.S.A. 77- 89pp.
- Appelberg, M. 1989. Evaluating water quality criteria for freshwater: exemplified by the impact of acid-stress (140-151 p.). In: J. Skurdal, K. Westman & P.I. Bergan (Eds.), In: *Crayfish Culture in Europe*. 476p.
- Arana, F., R. Pérez y A. Malpica. 1998. Cambaridos de tres embalses del Estado de Tlaxcala, México (Crustacea: Decapoda). *Revista de la sociedad Mexicana de la Historia Natural* 48: 23-35.
- Arredondo-Figueroa, J.L., A. Vázquez-González, L.G, Núñez-García, I. A. Barriga-Sosa, Ponce-Palafox, J.T. 2011. Aspectos reproductivos del acocil *Cambarellus (Cambarellus) montezumae*

- (Crustacea: Decápoda) en condiciones controladas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 169-178.
- Avault, J.W & J.V. Huner, 1985. Crayfish culture in the United States (1-61p.). In: Huner, J.V. & E. E. Browns, Crustacean and mollusk aquaculture in the United State. AVI. Publ. Co. Westpent, Connecticut, 489pp.
- Barbosa, M. 1998. Aplicación de modelos estadísticos al estudio de crecimiento del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) en condiciones de laboratorio. Tesis de especialidad (Estadística Aplicada), CCH, UNAM, 32pp.
- Bardach, J. E., J.H. Ryther y W.O. Mclarney, 1986. Acuicultura, crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT Editores, México, DF. 741pp.
- Barker, M. & R. Scheibling. 2008. Rates of fission, somatic growth and gonadal development of a fissiparous sea star, *Allostichaster insignis*, in New Zealand. *Marine Biology* 153: 815-824.
- Begon, M, J.L. Harper y C.R. Townsed. 1988. Ecología: individuos, poblaciones y comunidades. Omega, Barcelona. 886pp.
- Berdeja, G.Y. 1972. Significado de las respuestas glucemiantes en *Procambarus bouvieri*. Tesis de Licenciatura, Facultad de ciencias, UNAM, DF. 69 p.
- Berill, M., L. Hollet, A. Margosian & J. Hudson. 1985. Variation in tolerance to low environmental pH by the crayfish *Orconectes rusticus*, *O. propinquus* and *Cambarus robustus*. *Canadian Journal of Zoology*, 63: 2856-2589 pp.
- Bonilla-Cerquedo, D.E., O. de Lázaro, J.R. Latournerié, & Y. Nacif. 2013. Effect of unilateral eyestalk ablation, on some growth indicators in the crayfish *Procambarus bouvieri*. Abstract accepted in The Crustacean Summer Meeting. The Crustacean Society & Latin American Association of Carcinology. San José, Universidad de Costa Rica. July 7 – 11.
- Bradfield, A. E & D.J. Salomon. 1972. Oxicalorific coefficients for animals respiring nitrogenous substrates. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 43: 837-841.
- Brett, R. 1979. Environmental factors and growth In: Hoar, W.S, Randall, D.T & Brett, J.R. (eds). *Fish Physiology*. Vol 8. Academic Press, N.Y. :599-675.
- Brody, S. 1954. Bioenergetics and Growth. Reinhold Publ. Corp. New York, U.S.A. 1- 311 p.
- Bückle, L., F. Díaz, F. Correa, F. Baron, B. & M. Hernández, 1994. Diel thermoregulation of the crayfish *Procambarus clarkii* (Crustacea: Cambaridae). *Journal of Thermal Biology*. 19(6): 419-422.
- Castelló, O.F. 1993. Acuicultura marina: fundamentos biológicos y tecnología de la producción. ED. Universidad de Barcelona, España. 737pp.

- Cho, C. & P. Bureau. 1995. Bioenergética en la formulación de dietas y estándares de alimentación para la acuicultura del salmón: Principios, Métodos y aplicaciones (33-64p.). In: II Aspectos bioenergéticos en la nutrición acuícola. III Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, Monterrey Nuevo León, México.
- Cimet, A. 1977. Aislamiento y purificación de una hormona neurodepresora de la glándula sinusal del acocil *Procambarus bouvieri*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Química, UNAM, DF. 74pp.
- Clifford, H.H. & R.W. Brick. 1979. A physiological approach to the study of growth and bioenergetics in the freshwater shrimp *Macrobrachium rosenbergii*. Proceedings of the World Mariculture Society. 10:710-719.
- Cockcroft, A & T. Wooldridge. 1984. The effects of mass, temperature and molting on the respiration of *Macropetasma africanus* (Decapoda: Penaeoidea). Comparative biochemistry and physiology. 81^a: 143-148.
- Cole, G. A. 1983. Manual de Limnología. E Edición. Hemisferio –sur S.A. 405pp.
- Cornejo, A.R. 1991. Selección térmica del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea: Decapoda: Astacidae) y su correlación con algunos índices fisiológicos. Diferencias estacionales. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 1-43pp.
- de Lázaro, O., B.E., Bonilla, J.R., Latournerié & Y, Nacif. 2013. Effect of sex and size on metabolic rate of *Procambarus bouvieri*. Abstract accepted in The Crustacean Summer Meeting, The Crustacean Society & Latin American Association of Carcinology. San José, Universidad de Costa Rica. July 7 – 11.
- Díaz, E. 1975. Condiciones necesarias para la supervivencia fuera del agua de los Decápodos Acuáticos y algunas modificaciones metabólicas provocadas por esta. Revista de Investigaciones Marinas de la Universidad de la Habana 8: 1-18.
- Eggleston, P.M. 1981. The energy requirements of the crayfish, *Orconectes rusticus*, and its ability to utilize various species of algae as food. Dissertation. The Ohio State University, Columbus, Ohio, USA.
- Espina, S., F. Díaz & L.F. Bückle. 1993. Preferred and avoided temperatures in the crayfish *Procambarus clarkii* (Decapoda, Cambaridae). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 18(1):35-39.
- Estrada, L.Y. 1972. Cambios en la dinámica retiniana por efecto de la privación prolongada de luz en el acocil *Procambarus bouvieri*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, DF. 78pp.

- Fauconneau, B. 1985. In vivo Protein synthesis in different tissues and the whole body of rainbow trout (*Salmo gairdnerii*) influence of environmental temperature. Comparative Biochemical Physiology. Vol 82 a (1):179-187.
- France, R. L. 1985. Relationship of crayfish (*Orconectes virilis*) growth to population abundance and system productivity in small oligotrophic lakes in the Experimental Lakes Area, northwestern Ontario. Canadian Journal Aquatic Science. 42: 1096-1102.
- Frank, T & C. Legget. 1994. Fisheries ecology in the context of ecological and evolutionary theory. Annual Review of Ecology and Systematic 25: 401-422
- Fry, F.E.J. 1971. The effect of environmental factors on the physiology of fish In: W.S. Hoar & D.J. Randall. (Eds.). Fish Physiology Academic Press. Vol VI.: 1-98
- Gallardo, P. Y. 2011. Evaluación del efecto de la temperatura en el desove, viabilidad, crecimiento y supervivencia del acocil *Cambarellus (montezumae) patzcuarensis*, Villalobos, 1943 bajo condiciones de laboratorio. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México, DF. 76pp.
- García, M. G. 2010. Estimación del Balance energético del acocil *Cambarellus montezumae* en el lago de Xochimilco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, DF. 92pp.
- Gillooly, J.F., J.F., Brown, J.H., West, G.B., Savage y E.L. Charnov. 2001. Effects of size and temperature on metabolic rate. Science. 293: 2248-2251.
- Gómez, A. F. 1996. Análisis poblacional del cangrejo del Río Angulo *Procambarus sp.* en el municipio de Panindícuaro, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 44p.
- González, E. 1999. Evaluación de impacto ecológico en el Parque Urbano Ecológico de Uruapan, Michoacán. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 22p.
- Gould, S.J. 1966. Allometry and size in ontogeny and phylogeny Biological Reviews. 41: 587-640.
- Grodzinsky, W. 1975. Energy flow through a vertebrate population (52-239p.). In:W. Grodzinsky, R.Z. Klekowski, A. Duncan (Eds.),Methods for Ecological Bioenergetics IBP Handbook No. 24. Blackwell, Oxford. 367pp.
- Guan, R. & P. Wiles. 1999. Growth and reproduction of the introduced crayfish *Pacifastacus leniusculus* in a British low and river. Fisheries Research 42: 245-259.
- Gutiérrez-Yurrita, P.J., M.Á. Bravo-Utrera, J.R. Jordá, Á. Baltanás y C. Montes. 1994. Análisis preliminar de la tasa metabólica estándar en el cangrejo rojo, *Procambarus clarkii* (Decapoda, Cambaridae), en el bajo Guadalquivir (S. España). Limnética 10: 12-23.

- Gutiérrez-Yurrita, P.J. 1997. El papel ecológico del cangrejo rojo (*Procambarus clarkii*), en el Parque Nacional de Doñana. Una perspectiva ecofisiológica y bioenergética. PhD. Thesis. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, España. 380pp.
- Gutiérrez-Yurrita, P.J. & Latournerié-Cervera, J.R. 1999. Ecological features of *Procambarus digueti* and *Procambarus bouvieri* (Cambaridae), two endemic crayfish species of Mexico. *Freshwater Crayfish* 12: 605-619.
- Gutiérrez, P.J. & C. Montes. 1998. Environmental factors controlling the crayfish *Procambarus clarkii* activity in Doñana National Park temporary freshwater maersh, SW Spain. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 120A, 713-721.
- Gutiérrez, P.J. & C. Montes. 1999. Bioenergetics and phenology of the reproduction of the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in Doñana National Park, Spain. *Freshwater Biology* 42: 561-574.
- Gutiérrez, P.J. & C. Montes. 2001. Bioenergetics of juveniles of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 130: 29-38.
- Gutiérrez, P.J., M. Ilhéu, C. Montes & J.M. Bernardo. 1996. Morphometrics of red swamp crayfish from a temporary marsh (Doñana National Park, SW. Spain) and temporary stream. *Freshwater Crayfish* 11: 384-393.
- Hanski, I. & E. Gilpin. 1997. *Metapopulation Biology: Ecology, Genetics and Evolution*. San Diego. USA. Pp.: 512pp.
- Hartnoll, R. G. 1982. Growth (111-196p.). In: D.E. Bliss & L.G. Abele. *The Biology of Crustacea*. Vol. 2. Embryology, morphology and Genetics. Academic Press, New York, 440pp.
- Hessen, D.O., G. Kristiansen & J. Skurdal. 1986. Nutrients release from crayfish and its potential impact on primary production in lake. *Freshwater Crayfish* 9: 311-317.
- Hilborn, R. & M. Mangel. 1997. *The ecological detective. Confronting models with data*. Monographs in population biology. Princeton Academic Press. U.K. 315pp.
- Hobbs, H. H. Jr. 1989. An illustrated checklist of the American crayfish (Decapoda: Astacoide: Cambaridae: Parastacidae). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 480: 1-236p.
- Hobbs, H. H. Jr. 1991. Decapoda. In: Thorp H. & A.P. Covich (Eds.). *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. Academic Press Inc. USA, 823-874pp.
- Holdich, D.M. & R.S. Lowery. 1988. *Freshwater Crayfish, biology, management and exploitation*. Cromm Helm Press. London. U. K. 198 pp.
- Holdich, D.M. 2002. *Biology of Freshwater crayfish*. Blackwell Science, Oxford. England. 702 pp.

- Huner, J.V. 1981. Information about the biology and culture of the red crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1982) (Decapoda: Cambaridae) for fisheries managers in Latin America. *Anuales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*. 8 (1): 43-50.
- Huner, J.V. 1991. Aquaculture of freshwater crayfish (45-66p.) in: Nash, C.E. (Ed.), Production of aquatic animals. Crustaceans, molluscs, amphibians and reptiles. World Animal Science, Chap. 4, Elsevier Science Publisher. 455pp.
- Huner, J.V. 1992. Culturing ornamental cyprinid fish in crawfish culture system. *Aquaculture Magazine*, September/October, 18(5): 30-39p.
- Huner, J. V. 2002. *Procambarus*. U in: Holdich, D. M (Ed.). Biology of freshwater crayfish. Chapter 14. Mackwell science, LTD. U.K. 541-564p.
- Huner, V. H. Könönen & O, Lindqvist. 1989a. Comparison morphology and edible tissues of two important commercial crayfishes, the noble crayfish, *Astacus astacus*, and the red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*. *Aquaculture*, 68: 45-57.
- Huner, V. H. Könönen & O, Lindqvist. 1989b. Variation in body composition and exoskeleton mineralization as functions of the molt and reproductive cycles of the noble crayfish, *Astacus astacus* L. (Decapoda, Astacidae) from a pond in central Finland. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 96: 235-240.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2010a. Carta de fenómenos climatológicos. En: síntesis Geográfica de Michoacán. Anexo Cartográfico. Secretaria de programación y Presupuesto. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2010b. Carta hidrológica de aguas superficiales. En: síntesis Geográfica de Michoacán. Anexo Cartográfico. Secretaria de programación y Presupuesto. México.
- Jobling, M. 1994. Fish Bioenergetics. Chapman and Hall. London. 309pp.
- Koshio, S., S. I, Teshima, A. Kanazawa & T. Watase. 1993. The effect of dietary protein content on growth, digestion efficiency and nitrogen excretion of juvenile kuruma prawns, *Penaeus japonicus*. *Aquaculture*, 113: 101-114.
- Latournerié, J.R; Y, Nacif; R, Cárdenas y J. Romero. 2006. Crecimiento, producción y eficiencias de energía de crías de acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure, 1857), alimentadas con detritus de *Egeria densa*. *Revista electrónica de Veterinaria*, 7 (12) 1-11
- Latournerié, J.R. 2007. Estudios ecofisiológicos sobre el camarón café *Penaeus aztecus*(Ives) de la laguna de Tamiahua, Veracruz. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas, UNAM, Facultad de Ciencias. 139pp.

- Latournerié, J.R., Cano, R. y A.R. Estrada. 2008. Influencia del manejo sobre la regulación del medio interno y canalización de energía del camarón azul *Lytopenaeus stylirostris* en sistemas de cultivo. Revista de veterinaria 9 (8) 63-79.
- Latournerié, J.R. D.E. Bonilla, O. de Lázaro & F. Rojas. 2011a. Efecto de la temperatura en la tasa metabólica del acocil *Procambarus bouvieri* (Ortmann, 1908). Memorias del XX Congreso Nacional de Zoología. Morelos: Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Latournerié, J.R., I.D. González, S. Gómez, A.R, Estrada & L.A. Soto. 2011b. Salinity, temperature, and seasonality effects on the metabolic rate of the Brown shrimp *Farfantepenaeus aztecus*(Ives, 1891) (Decapoda, Penaeidae) from the coastal of gulf of Mexico. Crustaceana, 84 (12-13): 547-1560.
- Latournerié, J.R., I.D. González, S. Gómez, A.R, Estrada & L.A. Soto. 2012. Seasonal variability in food consumption, body composition and allometric relationships in the brown shrimp *Farfantepenaeus aztecus* (Ives, 1981) (Decapoda, Penaeidae) from Tamiahua Lagoon, Veracruz. Crustaceana, 85 (9) 1055-1072.
- Laxminarayana, A & M. N. Kutty. 1982. Oxygen consumption, ammonia excretion and random activity in *Penaeus semisulcatus*, *Macrobrachium malcolmsonii* and *Paratelphusa hydrodromus* with reference to ambient oxygen. Proc. Symp. Coastal Aquaculture, 1: 117-122.
- Lindqvist, V., V. Huner, P. Henttonen & H. Könönen. 1999. A comparison of life history strategies and energy reserves of crayfishes occupying permanent and temporary water bodies. Freshwater Crayfish 12: 449-461.
- Lizárraga, H.A., G.J. Pierce, & M.B. Santos. 2008. Reproduction of crustaceans in relation to fisheries (169-222 p.). In: Mente, E. (ed.), Reproductive Biology of Crustaceans. Science Publishers. Universidad de California. 565pp.
- López, D. 1973. Efecto de la administración parenteral de glucosa en *Procambarus bouvieri* (Ortmann). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, DF. 57pp.
- Lowery, R. S., 1988. Growth, moulting and reproduction (83-113 p.). In: D.M. Holdich & R. S. Lowery (Eds.). Freshwater Crayfish, biology, management and exploitation. Croom Helm Press. London. 440pp.
- Lucas, A.1996. Bioenergetics of Aquatic Animals. Taylor & Francis Publications. Great Britain. 169pp.
- Mc Harney, W. 1984. The Freshwater Aquaculture Book. Hartley & Marks Press, N.Y., 583pp.
- Méndez-Ramírez, I. 2012. Análisis multivariado. En: CECAD, UAM Xochimilco. Diplomado La Estadística X. 18 de septiembre 2011- 28 de noviembre 2012.

- Miguel, F.R. 2007. Comparación del metabolismo respiratorio de juveniles de tres especies de Peneidos. Análisis del crecimiento, sobrevivencia y requerimientos de energía de *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) bajo condiciones de laboratorio. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, División de estudios de posgrado, UNAM, DF. 60pp.
- Momot, W.T., H. Gowing & P.D. Jones. 1978. The role of crayfish and their role in ecosystems. *American Midlife Naturalist*, 99:10-35.
- Monroy, A., M. Cerón y A.N. León. 2012. Estudio poblacional del acocil *Cambarellus montezumae* (Crustacea: Decápoda: Cambaridae) en Tezontepec de Aldama, Hidalgo. Memorias del XIX Congreso Nacional de ciencias y Tecnología del Mar.
- Montes, C. J. Amat & L. R. Díaz. 1980. Distribución temporal de las características físico-químicas y biológicas de las aguas de algunos ecosistemas acuáticos del Bajo Guadalquivir (SW España) a lo largo de un ciclo anual. *Universidad de Murcia* 38 (1-4): 209-304.
- Montes, O. C. 1993. Bases ecológicas para la gestión integral del cangrejo rojo (*Procambarus clarkii*) de la marisma en el parque nacional Doñana, España. Tomo I (a). Departamento interuniversitario de Ecología. Universidad Autónoma de Madrid. 132pp.
- Mora, J. y G. Calvo. 2009. Evaluación y clasificación preliminar de la calidad de agua de la cuenca del río Tárcoles y el reventazón, Parte IV: Análisis estadístico entre variables relacionadas con la calidad del agua, *Tecnología en Marcha*, Vol. 22-1: 57-63.
- Orozco, C., A. Pérez, M. Gonzáles, F. Rodríguez y J. Alfayate. 2005. Contaminación Ambiental. Una vision desde la química., Tercera edición, Thomson Editoriales Spain Paraninfo. 650 pp.
- Pennak, R.W. 1978. *Freshwater Invertebrates of the United Sates*. 2nd ed. John Wiley and Sons. New York. 803pp.
- Pérez, J.L., H. Pula y G. Cascos. 2000. Distribución del cangrejo rojo *Procambarus clarkii* en Extremadura. *Graellsia*, 56:71-78.
- Phillipson, J. 1975. Introduction to Ecological Energetics (3-13p.). In: Grodzinski, W, Klekowski, R.Z. & Duncan, A. (Eds.). *Methods for Ecological Bioenergetics*. IBP No. 24. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 367pp.
- Pisanty, I. 2003. Integración de conceptos de ecología, manejo de recursos naturales y desarrollo sustentable en programas de conservación de ecosistemas. En: Instituto Nacional de Ecología. 50pp. Versión 2012.2. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/395/pisanty.html>.
- Prosser, L. C. 1991. *Environmental and Metabolic Animal Physiology*. Wiley-Liss, University of Michigan, USA. 1-578 p.

- Puertas, P & E. Bodmer. 2004. Esfuerzo de caza como una herramienta para la gestión de la vida silvestre de base comunitaria en la Amazonia". In: M.S. Kirsten, R.E. Bodmer, J.M.V. Fragoso (Eds.). *Hombre y naturaleza: Conservación de la Vida Silvestre en Sur y Centro América*. Columbia University Press. ISBN 978-0-231-12783-7.
- Rosas, C. 2003. Bioenergética de camarones peneidos: una forma de comprender los mecanismos fisiológicos involucrados en la nutrición. *Avances en nutrición Acuícola III*: 81-98 p.
- Rangel, R. 2009. Ecología poblacional de *Cambarellus montezumae* en Xochimilco, México, DF. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, UNAM. 72 pp.
- Rendon, M. B. 1993. Evaluación del crecimiento de *Procambarus bouvieri* (Villalobos) bajo tres dietas distintas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México, Michoacán. 43pp.
- Reynolds, J. D. 2002. Growth and Reproduction (152-191 p.). In: D.M. Holdich (Ed.). *Biology of Freshwater Crayfish*. Chapter 4. Blackwell Science, Ltd. UK. 683pp.
- Rodier, J. 1981. Análisis de las aguas. Aguas naturales, aguas residuales y agua de mar. Ediciones Omega. Barcelona, España. 1059pp.
- Rodríguez, M. 1999. Biología y sistemática de los Cambáridos del sudeste de México y su potencial aprovechamiento en la acuicultura. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. UAM-Iztapalapa. 101pp.
- Rodríguez, M. y C. Carmona. 2002. Balance energético del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea: Astacidae: Cambaridae) perdida de energía en la tasa metabólica. *Universidad y Ciencia*. Vol. 18. 36: 128-134.
- Rodríguez, I. T. 2003. Conservación y manejo de *Procambarus bouvieri* en la presa Caltzontzin, Uruapan, Michoacán. Tesis de Maestría en ciencias en conservación y manejo de recursos naturales. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México, Michoacán. 81pp.
- Rojas, Y. 1998. Revisión taxonómica de 8 especies del genero *Procambarus* (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) del centro de Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, DF. 158pp.
- Rojas, F. 2013. Efecto de una dieta controlada sobre el crecimiento, desempeño reproductivo y composición del tejido de crías de acocil *Cambarellus montezumae* (SAUSSURE, 1857). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, DF. 64pp.
- Roldán, G. y J.J. Ramírez. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. Universidad de Antioquia. Colombia. 400pp

- Rosas, M. 1976. Datos biológicos sobre el acocil del lago de Pátzcuaro (*C. montezumae patzcuarensis*). Memorias del simposio sobre pesquerías en aguas continentales. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. Instituto Nacional de Pesca. Vol II. 123pp.
- Rosas, C., G. Gaxiola, A. Sánchez. 2000. El metabolismo del Nitrógeno y su relación con los requerimientos nutricionales de los camarones peneidos (166-186p.). In: R.Civera-Cerecedo, XX.Pérez, D.Ricque, y L.Cruz(Eds.), Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 1998. La paz, B.C.S, México.
- Rzedowski, R.J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México.432p.
- Sadykova, D., J. Skurdal, A. Sadykov, T. Taugbol, & D. Hessen.2009. Modelling crayfish population dynamics using catch data: A size-structured model. Ecological Modelling 220: 2727-2733.
- Samboni, N.E., Y. Carvajal y J. C, Escobar. 2007. Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. Revista de Ingeniería e Investigación Vol.27 (3): 172-181.
- Sierra-Uribe, E., F.Díaz-Herra y L.F. Buckle Ramírez. 1997. Effect of unilateral eyestalk ablation on the physiological energetics of *Procambarus clarkii* (Decapoda, Cambaridae). Riv. Ital. Acqua. 32: 105-113 p.
- Smith, G.R., M. Learner, F. Slater & J. Foster. 1995. Habitat features important for the conservation of the native crayfish *Austropotamobius pallipes* in Britain. Biological Conservation 75: 239-246.
- Suko, T. 1977. Studies on the development of the crayfish.The development of secondary sex characters in appendages. Sci. Rep. Saitama Univ. Ser. B, 1:77-96.
- Syvokiene, J. & Mickeniene, I. 1993. The activity of gut bacteria of the crayfish, *Pacifastacus leniusculus*, in producing essential free amino acids. *Freshwater Crayfish* 9: 235-240.
- Talbot, C. 1985. Laboratory in fish feeding and nutritional studies (125-159p.). In: Tayler & P. Calow, (Eds.), Fish energetics: new perspectives. Croom HelmPublishers, London, 300 pp.
- Villalobos-Figueroa, A., 1955. Cambarinos de la Fauna Mexicana (Crustacea: Decapoda). Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, UNAM. 290pp.
- Villalobos-Hiriart, J. L., A. Cantú Díaz-Barriga y E. Lira-Fernández. 1993. Los crustáceos dulceacuícolas de México. In: Diversidad biológica en México, R. Gío-Argáez y E. López-Ochoterena (eds.). Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, volumen especial 64:267-290.
- Waterman, T. 1960.The Physiology of Crustacea. Vol.1: Metabolism and Growth. AcademicPress. New York. USA. 670 pp.

- Weeb, P. W. 1978. Partitioning of energy into metabolism and growth(184-214 p.). In: S. D.Gerking(Ed.). Ecology of Freshwater Production. London. Blackwell Scientific Publication.XXX pp.
- Wetzel, R.G.1983. Limnology. Saunders. Philadelphia. USA. 743 pp.
- Wutz, S. & J. Geist. 2012. Sex-and size- specific migration patterns and habitat preferences of invasive signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana). Limnologica 43: 59-66.
- Zar, J. H. 1984. Biostatistical Analysis.Prentice-Hall. USA. 1-620 p.

XII. Anexos

Cuadro II

Valores Promedio de las variables consideradas en el análisis discriminante por clase talla para hembras de *P. (M.) bouvieri*.

CT	PST	PSCF	PSC	%MO	%MT	NT	%Prot.	% P15	% P30	% P45	%P60
1	0.72	0.56	0.162	68.12	32.12	45.53	10.50	19.89	26.94	36.77	65.73
2	1.51	1.22	0.283	68.60	31.55	79.28	8.14	5.22	15.08	31.56	41.88
3	1.59	1.28	0.308	66.15	33.44	43.94	4.29	0.72	3.91	5.07	14.49
4	1.28	0.98	0.296	74.04	25.90	76.87	6.82	1.22	3.58	10.61	17.57
5	2.24	1.79	0.448	71.35	28.85	91.53	6.38	0.51	4.05	5.44	13.34

Valores Promedio de las variables consideradas en el análisis discriminante por clase talla para machos de *P. (M.) bouvieri*.

CT	PST	PSCF	PSC	%MO	%MT	NT	%Prot.	% P15	% P30	% P45	%P60
3	1.001	0.78	0.21	69.90	30.08	38.83	6	1.34	9.84	17.96	29.25
4	2.56	2.12	0.43	59.40	40.40	129.33	8.08	3.45	4.63	12.42	19.33
5	3.1	2.48	0.61	59.95	40.32	154.97	7.3	2.44	4.77	10.44	15.31

Cuadro I. Contenido de Materia Orgánica, Minerales Totales, Nitrógeno Total y %Proteína en *P. (M.) bouvieri*.

Sexo	Clase Talla	PS(gr)	PS(mg)	%Tejido PS	MO	MT	NT	%P
M	CT4	2.566	2566	25.68	59.355	40.39	129.3264	8.0892
M	CT5	2.85	2850	20.59	53.685	46.21	82.08	3.7062
M	CT3	0.961	961	23.200	67.875	32.17	43.4372	6.554
H	CT1	0.730	730	26.370	63.425	36.87	45.26	10.218375
H	CT3	1.592	1592	24.850	66.15	33.44	43.9392	4.286625
H	CT2	1.417	1417	27.660	69.325	30.87	66.8824	8.1597
H	CT5	1.516	1516	20.370	73.855	26.59	59.4272	4.99065
M	CT5	3.351	3351	25.620	66.2	34.35	227.868	10.8885
H	CT5	2.972	2972	29.920	68.905	31.085	123.6352	7.7792
H	CT2	1.603	1603	22.740	67.9	32.35	91.6916	8.12955
H	CT4	1.504	1504	20.530	71.485	28.505	78.208	6.67225
M	CT3	1.041	1041	25.050	72	27.975	36.2268	5.448375
H	CT4	1.067	1067	15.750	76.655	23.29	75.5436	6.969375
H	CT1	0.715	715	26.980	72.85	27.35	45.76	10.792