



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL UNIDAD OAXACA

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE
RECURSOS NATURALES (BIODIVERSIDAD DEL NEOTRÓPICO).

ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO Y MADUREZ SEXUAL DE
Cichlasoma trimaculatum (GÜNTHER, 1867) DE LA SUBCUENCA
RÍO ATOYAC-PASO DE LA REINA DE LA CUENCA RÍO ATOYAC,
OAXACA.

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
PRESENTA:

VÍCTOR MANUEL ORTIZ CRUZ

DIRECTORES DE LA TESIS:

DR. EMILIO MARTÍNEZ RAMÍREZ

DR. MARCELO ULISES GARCÍA GUERRERO

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.

Junio de 2011





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 13 del mes de junio del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada: "Análisis del crecimiento y madurez sexual de *Cichlasoma trimaculatum* (Günther , 1867) de la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina de la cuenca río Atoyac, Oaxaca"
Presentada por el alumno:

Ortiz

Apellido paterno

Cruz

materno

Victor Manuel

nombre(s)

Con registro:

B	0	9	1	4	9	8
---	---	---	---	---	---	---

aspirante al grado de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

Dr. Emilio Martínez Ramírez

Dr. Marcelo Ulises García Guerrero

M. en C. Gladys Isabel Manzanero
Medina

M. en C. Carlos Raúl Bonilla Ruz

Dr Miguel Ángel Briones Salas

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. Juan Rodríguez Ramírez





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 13 del mes de junio del año 2011, el (la) que suscribe **Ortiz Cruz Víctor Manuel** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **B091498**, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de los Dres. Emilio Martínez Ramírez y Marcelo Ulises García Guerrero y cede los derechos del trabajo titulado: **“Análisis del crecimiento y madurez sexual de *Cichlasoma trimaculatum* (Günther , 1867) de la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina de la cuenca río Atoyac, Oaxaca”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: posgradoox@ipn.mx ó sinodontis@hotmail.com Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Ortiz Cruz Víctor Manuel



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
I.P.N.

Análisis del crecimiento y madurez sexual de *Cichlasoma trimaculatum* (Günther, 1867) de la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina de la cuenca río Atoyac, Oaxaca.

RESUMEN

Se analizaron 173 organismos de *Cichlasoma trimaculatum*, colectados en el periodo de secas y lluvias de la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina, con el objetivo de determinar aspectos del crecimiento y madurez gonadal de la población de esta especie en la zona de estudio. Se establecieron las clases de edad y sus respectivas longitudes estándar promedio por medio de un método directo (lectura de anillos de crecimiento) y uno indirecto (método de Cassie); con ello se obtuvo el crecimiento máximo, la constante de crecimiento y el parámetro de condición inicial mediante la ecuación de crecimiento en talla y peso de Ludwig von Bertalanffy para la población y por sexos, temporadas del año y sexos para estas temporadas; así mismo se definió el tipo de crecimiento isométrico o alométrico positivo o negativo mediante la relación longitud-peso; para el estudio de madurez se emplearon 157 organismos del total, a los cuales se les determinó el grado de madurez de las gónadas (con la clasificación de Nikolsky) en general y por sexos, temporadas del año y sexos para estas temporadas; se calcularon los Índices Gonadosomático (IGS) y Hepatosomático (IHS) para definir la época de reproducción; y se estableció la longitud de primera madurez para conocer a que talla inician la reproducción los machos y las hembras. Se encontraron ocho clases de edad por el método directo (dos por año) y tres clases anuales con el método indirecto para la población de *C. trimaculatum*, la cual de acuerdo al método indirecto y directo puede alcanzar una longitud estándar máxima de 219 mm y 245 mm respectivamente, y un peso total máximo de 665 g con el método directo y 471 g con el indirecto, con un tipo de crecimiento alométrico positivo; por sexos mediante el método directo los machos pueden alcanzar una talla máxima de 388 mm de longitud estándar y un peso total máximo de 2737 g, por el método indirecto 253 mm y 733 g; mientras que en las hembras es menor su crecimiento (directo: 299 mm y 1144 g; indirecto: 228 mm y 498 g), en ambos sexos el crecimiento fue alométrico positivo; en la época de secas se presentó el mayor crecimiento tanto con el método directo (277 mm y 1026 g) e indirecto (249 mm y 739 g), en ambas temporadas del año el crecimiento fue alométrico positivo; en cuanto a sexos por temporada del año, en secas los machos presentaron valores superiores (directo: 387 mm y 1908 g; indirecto: 252 mm y 522 g) y en lluvias fueron las hembras que crecieron más de acuerdo al método directo (326 mm y 1310 g) e indirecto (382 mm y 1353 g), con crecimiento alométrico negativo. En la población se encontraron cinco estadios de maduración continuos, siendo el estadio V el que indica organismos en época reproductiva,

que comparado con los valores del IGS y el IHS para la población general y por temporadas (determinado por sexos), establecieron el periodo de reproducción durante la temporada de secas donde únicamente fue posible inferir que posiblemente inicia en el mes de enero; la longitud de la primera madurez indicó que las hembras maduran a una talla menor que los machos (entre 148-191 mm y 141-206 mm respectivamente).

Analysis of growth and sexual maturity of *Cichlasoma trimaculatum* (Günther, 1867) of the Atoyac-Paso de la Reina river sub basin of the Atoyac river, Oaxaca.

ABSTRACT

173 *Cichlasoma trimaculatum* organisms were analyzed; they were collected during dry and rainy seasons in the Atoyac-Paso de la Reina sub basin, with the objective of determining the aspects of growth and gonadal maturity of this specie's population in this study area. Age categories were established along with their respective average standard length by a direct method (reading of annual growth rings) and an indirect method (Cassie Method). The maximum growth and the consistency of growth and the parameter of the initial condition were obtained through the Ludwig von Bertalanffy equation of growth in size and weight to the population by sex, by seasons and by sex for those seasons. In the same way the type of growth, isometric or allometric, positive or negative, was defined through the weight-length relationship; for the maturity study 157 of the total organisms were studied, from those the grade of gonad maturity was determined (with Nikolsky classification), in general by sex and by season and by sex for those seasons. Gonadosomatic (GSI) and Hepatosomatic (HSI) indexes were calculated to define reproduction time. It established the length of the first maturity to know the size in which the males and females start reproduction. 8 categories of age were found by the direct method (two per year) and 3 annual categories with the indirect method for the *C. trimaculatum* population, which according to the indirect and direct method, can reach a maximum standard length of 219 mm y 245 mm respectively. A total maximum weight of 665 g was found with the direct method and 471 g with the indirect method, with a type of positive allometric growth; by sex through the direct method the males can reach a maximum standard length of 388 mm and a maximum total weight of 2737 g; and by the indirect method 253 mm y 733 g, whereas the females growth is less (direct: 299 mm and 1144 g; indirect 228 mm y 498 g) in both sexes the growth was positive allometric. In the dry season more growth was observed with both the direct method (277 mm and 1026 g), and the indirect method (249 mm and 739 g). In both seasons of the year the growth was positive allometric, regarding the sex by season, in dry season males showed higher values (direct: 387 mm and 1908 g; indirect: 252 mm and 522 g) and in rainy season females were the ones that grew more according to the direct method (326 mm and 1310 g) and the indirect (382 mm 1353 g), with a negative allometric growth. Five stages of continuous maturity were found in the population, being stage V that shows us the organisms in their reproductive age, which compared with the values of GSI and HSI for the general population and by seasons (determined by sex) established the reproduction period during dry

season; where was only possible to determine that their reproduction period begins in January. The length of the first maturity showed that females mature in a lesser degree compared to males (148-191 mm and 141-206 mm respectively).

DEDICATORIA

A mi madre (Isabel G. Cruz Santos) por su cariño y apoyo incondicional durante toda mi vida y formación profesional, que siempre me guió por el camino correcto.

Al hombre que me educó para el bien mediante su ejemplo, que con su paciencia me enseñó lo importante que es desarrollarse profesionalmente: a mi padre (Virgilio N. Ortiz García).

A ese pequeño y joven que con sus presencias alegran mi vida día a día y con quienes he compartido grandiosos momentos: mis hermanos Luis y Julián.

A mis abuelos (Guadalupe, Juana, †Sadot y Victoria) quienes con sus sabios consejos, cariño y educación me permitieron ser un hombre de bien.

A mi amada compañera de la vida Beatriz Sarahí ("Xunga"), que ha estado conmigo en muchos momentos buenos y malos, que con su amor me han permitido superar obstáculos que se han presentado en algún momento de nuestras vidas.

A todos aquellos amigos, familiares, compañeros y conocidos que en su momento me brindaron unas palabras de aliento, apoyo directo, entusiasmo y comprensión, que influyeron en mi persona para ser lo que soy hoy (especialmente Tío "Tino", "Nacho", "Chucho", †Jorge, Miguel, "Gordo", "Gera", Herón, "kike", Tía Minerva, Margarita y Josué).

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral y Regional- Unidad Oaxaca por brindarme la oportunidad de cumplir una de mis metas profesionales y personales.

Especialmente al Dr. Emilio Martínez Ramírez por permitirme realizar la presente investigación bajo su supervisión y con el apoyo incondicional para que la misma culminara exitosamente.

Al Dr. Marcelo Ulises García Guerrero por haber sido mi consejero de estudios y apoyarme en todo momento con mis dudas y supervisión del trabajo.

Al M. en C. Carlos Raúl Bonilla Ruz quien con sus observaciones en las revisiones del documento me permitió conocer metodologías nuevas para el conocimiento ictiológico que muchas veces suelen pasar desapercibidas.

A la M. en C. Gladys I. Manzanero Medina y al Dr. Miguel Ángel Briones Salas que aceptaron ser parte de mi comité revisor de tesis para que ésta cumpliera con los estándares de calidad.

Muy especialmente al Dr. Alejandro Flores quien con su apoyo y consejos fue parte importante para que esta investigación culminara a tiempo.

A la Dra. Demetria Mondragón por sus observaciones al documento durante su clase y que fueron de enorme ayuda para el término de este trabajo.

A mis compañeros de clases Diana Tapia, Diana Sosa, Abril, Gloria, Ciro y Oscar que junto con mis compañeros de laboratorio (Eufe, Erika, Ana, Gabriel, Daniel y Dan) hicieron mi estancia en el centro más agradable.

A las chicas de servicio social por su apoyo, especialmente a Janani por su ayuda en la lectura de escamas.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	2
3. JUSTIFICACIÓN.....	5
4. HIPÓTESIS.....	8
5. OBJETIVOS.....	9
5.1. General.....	9
5.2. Específicos.....	9
6. METAS.....	10
7. ÁREA DE ESTUDIO.....	11
7.1. Localización geográfica.....	11
7.2. Superficie territorial.....	12
7.3. Población.....	12
7.4. Edafología.....	12
7.5. Clima.....	13
7.6. Biodiversidad.....	14
8. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
8.1. Trabajo de campo.....	15
8.1.1. Técnicas de captura.....	17
8.2. Trabajo de laboratorio.....	18
8.2.1. Determinación de los sexos.....	18
8.2.2. Estudio de crecimiento.....	19
8.2.2.1. Determinación de la edad.....	19
8.2.2.1.1. Método directo.....	19
8.2.2.1.2. Método indirecto de Cassie (1954).....	20

8.2.2.2. Modelo de crecimiento en talla y peso de Ludwig von Bertalanffy (1938).....	22
8.2.3. Estudio del desarrollo gonadal.....	25
8.2.3.1. Escala de maduración empírica de Nikolsky (1963)	25
8.2.3.2. Índice Gonadosomático.....	26
8.2.3.3. Índice Hepatosomático.....	26
8.2.3.4. Estimación de la talla de primera madurez.....	27
9. RESULTADOS.....	28
9.1. Clases de edad.....	28
9.1.1. Método directo.....	28
9.1.2. Método indirecto.....	29
9.2. Modelo de crecimiento en talla de Ludwig von Bertalanffy (1938)....	33
9.2.1. Método directo.....	33
9.2.1.1. Población de <i>Cichlasoma trimaculatum</i>	33
9.2.1.2. Por sexos.....	34
9.2.1.3. Por temporadas.....	35
9.2.1.3.1. Por sexos en secas y lluvias.....	36
9.2.2. Método indirecto.....	37
9.2.2.1. Población general.....	37
9.2.2.2. Por sexos.....	38
9.2.2.3. Por temporadas.....	39
9.2.2.3.1. Por sexos en secas y lluvias.....	40
9.3. Relación longitud-peso.....	42
9.4. Crecimiento en peso.....	46
9.4.1. Método directo.....	46

9.4.1.1. Población general.....	46
9.4.1.2. Por sexos.....	46
9.4.1.3. Por temporadas.....	47
9.4.1.3.1. Por sexos en secas y lluvias.....	48
9.4.2. Método indirecto.....	50
9.4.2.1. Población general.....	50
9.4.2.2. Por sexos.....	50
9.4.2.3. Por temporadas.....	52
9.4.2.3.1. Por sexos en secas y lluvias.....	53
9.5. Etapas de madurez.....	54
9.6. Comparación entre el índice Gonadosomático y Hepatosomático...55	
9.6.1. Población general.....	55
9.6.2. Por temporadas.....	56
9.7. Estimación de la longitud de primera madurez.....	58
10. DISCUSIÓN.....	60
10.1. Comparación entre clases de edad.....	60
10.2. Crecimiento.....	62
10.3. Madurez.....	65
11. CONCLUSIONES.....	68
12. LITERATURA CITADA.....	69
13. ANEXOS.....	73

1. INTRODUCCIÓN.

La familia Cichlidae es la más diversa dentro de los peces óseos lo que denota su importancia dentro de la biodiversidad mundial (Kullander, 2003). Se conocen 112 géneros y 1327 especies válidas, pero se ha estimado que en total pueden existir 3000 especies; la mayoría de cíclidos se distribuyen en África (68% de las especies válidas) mientras que para el continente americano se encuentran cuatro especies en Cuba e Hispaniola (La Española), 111 en Norte y Centro América, y 291 en Sur América, es decir, el continente América tiene el 31% del total de especies de esta familia (Turner *et al.*, 2001; Kullander, 2003; Nelson, 2006).

De acuerdo a Miller *et al.* (2005) en México se distribuyen 12 géneros de la familia Cichlidae (dos son introducidos: *Oreochromis* y *Tilapia*), con 53 especies, de las cuales ocho se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la revisión de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010); estos cíclidos se encuentran principalmente en la zona neotropical del país, por ejemplo en el estado de Oaxaca.

En Oaxaca la familia Cichlidae habita en las regiones de Tuxtepec, Istmo y Costa de Oaxaca; de acuerdo a Martínez y Gómez (2006) se encuentran ocho géneros y 20 especies, siendo el género *Cichlasoma* el único en la región Costa, con solo una especie nativa, *Cichlasoma trimaculatum*, que no presenta actualmente algún riesgo de supervivencia, a pesar de competir con *Oreochromis niloticus* que es introducida por la piscicultura rural (Miller *et al.*, 2005; Martínez y Gómez, 2006).

Cichlasoma trimaculatum es conocida localmente en la cuenca río Atoyac como mojarra prieta y es de importancia pesquera a nivel local para las comunidades rurales de la vertiente Pacífico de México como fuente secundaria de alimento frente a las especies marinas (Martínez, 1999; Miller *et al.*, 2005). Esta especie se enfrenta a la problemática de la contaminación y las alteraciones de su hábitat principalmente (Martínez y Gómez, 2006); en últimas fechas ha tomado importancia en la acuariofilia a nivel mundial, sin que exista un mercado formal ni cultivos establecidos para esta especie como de otras especies autóctonas, por ello es que algunos ejemplares son extraídos sin los permisos correspondientes y vendidos en el país y extranjero; todo lo anterior pone en peligro a la mojarra prieta, porque reduce sus poblaciones naturales y aún no se conocen todos los datos sobre su biología básica.

Por lo tanto se nota la necesidad urgente de estudiar los aspectos básicos sobre la biología de la mojarra prieta, como son su crecimiento y madurez, entre

otros aspectos, para incrementar en primer lugar el conocimiento de la misma y de la ictiofauna nativa de Oaxaca, así como contribuir en el aporte de las bases para estudios posteriores sobre su cultivo, con el doble propósito: producción y conservación.

2. ANTECEDENTES.

El género *Cichlasoma* contiene 38 especies (2.86%) de las 1327 especies válidas de cíclidos a nivel mundial; en México se tiene el registro de 11 especies de este género (20.7% de las especies de cíclidos del país); en Oaxaca se distribuyen 5 especies nativas de dicho género (*Cichlasoma geddesi*, *C. istlanum*, *C. salvini*, *C. trimaculatum* y *C. octofasciatum*), de estas especies *Cichlasoma trimaculatum* se encuentra en las cuencas hidrológicas de la vertiente Pacífico del estado, como en la cuenca río Atoyac en sus subcuencas de los ríos Atoyac-San Pedro Juchatengo y Atoyac-Paso de la Reina, en la segunda subcuenca existe en todas las microcuencas que la forman (Figura 1), compartiendo el hábitat con una especie exótica de cíclido, la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Kullander, 2003; Martínez-Ramírez *et al.*, 2004; Miller *et al.*, 2005; Nelson, 2006).

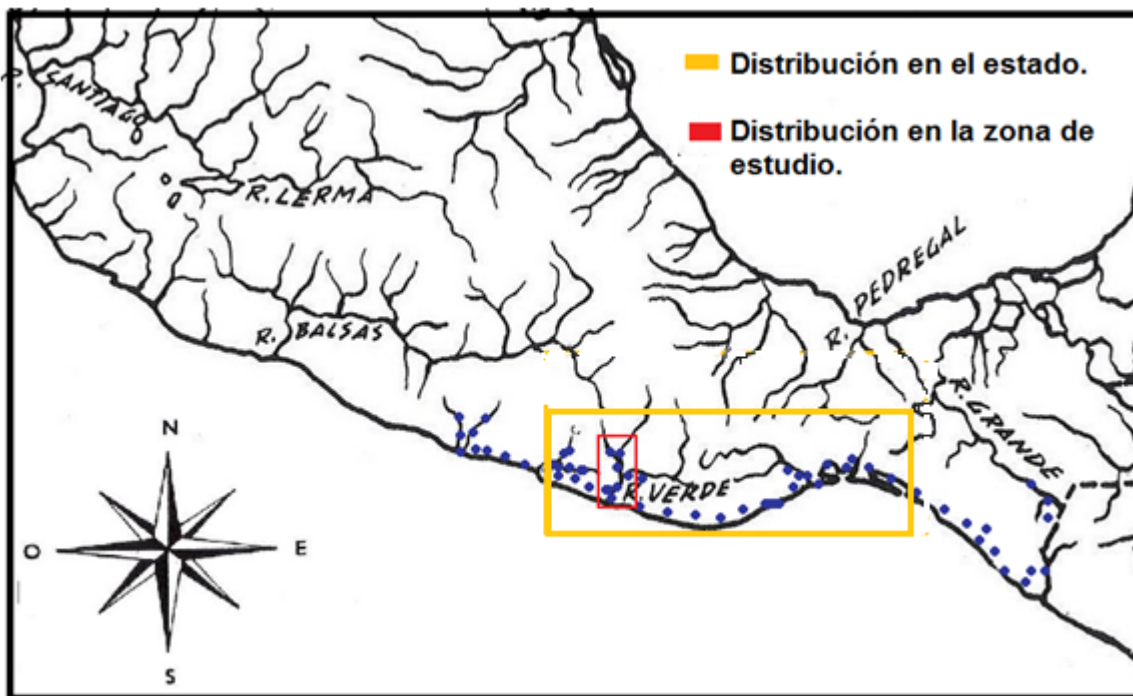


Figura 1. Distribución de *Cichlasoma trimaculatum* en Oaxaca y la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina de la cuenca río Atoyac o Verde. Fuente: elaborado a partir de Miller *et al.* (2005).

De acuerdo a Martínez-Ramírez (com. pers.) a nivel estatal en Oaxaca la mojarra prieta tiene baja importancia pesquera; en las zonas montañosas es una fuente secundaria de proteína alternativa ante las especies marinas, por lo tanto solo es consumida localmente por las comunidades que tienen cuerpos de agua y donde habita dicha especie; en las partes costeras su importancia es mayor, aunque no se compara con las pesquerías de peces estuarino-lagunares y marinos; *Cichlasoma trimaculatum* es capturada junto con varias especies de peces y crustáceos dulceacuícolas y de aguas salobres por pescadores libres y cooperativas pesqueras.

Günther (1867) realizó la descripción de *Cichlasoma trimaculatum*, que es la siguiente: fórmula dorsal de XVI-XVIII espinas, generalmente XVII; fórmula anal VII espinas; y con una mancha oscura grande en la nuca sobre el origen de la línea lateral, otra en la mitad del cuerpo cerca de la extremidad de la aleta pectoral y un punto redondo en la mitad superior del pedúnculo caudal (Figura 2), en base a este patrón de manchas es que se le asignó su epíteto específico. Puede presentar o no barras verticales y una serie de manchas laterales (Miller *et al.*, 2005). En base a Kullander (2003) puede alcanzar 365 mm de longitud estándar en machos y 250 mm de longitud total en hembras.



Figura 2. Ejemplar de *Cichlasoma trimaculatum* (Günther, 1867) donde se aprecian las características morfológicas propias de la especie.

De acuerdo a Nelson (2006), esta especie presenta la siguiente clasificación taxonómica desde phylum-familia:

Phylum: Chordata.

Subphylum: Craniata.

Superclase: Gnathostomata.

Clase: Actinopterygii.

Subclase: Neopterygii.

División: Teleostei.

Subdivisión: Euteleostei.

Superorden: Acanthopterygii.

Serie: Percomorpha.

Orden: Perciformes.

Suborden: Labroidei.

Familia: Cichlidae.

Género: *Cichlasoma* Swainson, 1839.

Especie: *Cichlasoma trimaculatum* (Günther, 1867).

Es un pez bentopelágico que habita en ambientes dulceacuícolas tropicales, donde la temperatura puede ir de los 21° a los 30°C. Se encuentra en las partes bajas de los ríos y arroyos (en las zonas con poca corriente o movimiento). En específico vive en aquellos lugares donde existe: abundante materia orgánica y/o arena, canto rodado y grava en el fondo; vegetación de algas verdes, jacinto de agua y plantas rivereñas; y una presencia notable de raíces sumergidas. Se le puede encontrar en ocasiones en ambientes salobres (Kullander, 2003; Miller *et al.*, 2005).

Se alimenta de peces pequeños y macroinvertebrados principalmente (insectos acuáticos y terrestres) (Violante-González, 1995; Kullander, 2003; Miller *et al.*, 2005).

Se ha inferido, a partir de información proporcionada por aficionados a la acuariofilia, que puede vivir entre 12 y 15 años en cautiverio.

Violante-González (1995), analizó algunos aspectos de la biología de *Cichlasoma trimaculatum* (sobre crecimiento, reproducción, hábitos alimenticios y problemas parasitarios) en la Laguna de Tres Palos, Guerrero, con la finalidad de establecer las bases para su posterior cultivo; encontrando que el crecimiento es de tipo alométrico, las hembras maduran a una talla (longitud total) de 140 mm y los machos a los 149.2 mm, la época de desove es entre junio y septiembre (época de lluvias) y desova sobre sustrato, es una especie monógama y presenta cuidado parental, se alimenta en orden descendente de importancia de peces, vegetales y larvas de insectos acuáticos, y que su principal parasito es un nematodo (*Contracaecum* sp.).

Rosas-Muñoz y Soto-Galera (sin año de edición), analizan la estructura trófica de la ictiofauna en cuatro ríos de la Sierra Madre del Sur del estado de Chiapas, en los cuales habita *C. trimaculatum*; donde estudia la ecología de alimentación, las interacciones bióticas (procesos de alimentación) y el contenido estomacal de los peces.

El CIIDIR IPN Oaxaca (2009), realizó la Caracterización de los Recursos Bióticos en el Sistema Ambiental Regional (SAR) del proyecto “Aprovechamiento hidráulico de usos múltiples Paso de la Reina, Oaxaca” que tiene a su cargo la

Comisión Federal de Electricidad (CFE). El Área de Acuacultura participó en la realización del Manifiesto de Impacto Ambiental (MIA) de este proyecto sobre la fauna acuática presente en el SAR (peces y langostinos), para ello se hizo la revisión bibliográfica, consulta a las colecciones científicas mexicanas, estimación de las especies probables en la zona de trabajo y la colecta científica de organismos para obtener las faunas de peces y langostinos del SAR; de este estudio se derivó la presente investigación sobre dicha especie, con la finalidad de determinar aspectos básicos de su biología (crecimiento y madurez sexual), que servirán de antecedente para futuros estudios sobre el cultivo de la especie.

3. JUSTIFICACIÓN.

En Oaxaca muchas comunidades rurales de la región Costa viven marginadas y en pobreza extrema, sin embargo cuentan con una alta biodiversidad, siendo parte de ella muchas especies de peces dulceacuícolas, estuarinas y marinas. Las especies limnéticas son de poco interés para los lugareños, salvo como una fuente alternativa de consumo de proteínas, con respecto a las especies estuarinas, marinas y de otra procedencia (especies introducidas como la tilapia del Nilo), por lo que se capturan siempre que estén disponibles o bien son comercializadas a nivel local mediante pequeñas cooperativas pesqueras.

Muchas especies de peces dulceacuícolas nativos están tomando gran importancia en la acuariofilia a nivel global, pero no existe un mercado formal ni cultivos establecidos para las especies autóctonas, por ello es que algunas de estas son extraídas sin los permisos correspondientes y vendidas en el país y extranjero, reduciendo así sus poblaciones naturales. Otros factores que agravan la disminución de sus poblaciones son: la contaminación orgánica e inorgánica de origen antropogénico; las prácticas pesqueras muy dañinas como cartuchos de pólvora, venenos naturales, insecticidas, etc.; y la falta de interés de las comunidades rurales y los gobiernos estatal y federal por crear programas de aprovechamiento sostenible, conservación y protección de las especies nativas dulceacuícolas, por el contrario se incentiva la pesca de especies estuarinas, marinas e introducidas.

Con base en lo anterior se nota claramente la necesidad urgente de cultivar las especies de peces nativas, con un doble propósito: producción y conservación; el primer propósito es para generar: una fuente de alimento muy nutritivo, con alto contenido de proteínas y de bajo costo; fuentes de empleo; recursos económicos; y alternativas productivas sustentables para las comunidades rurales. En el caso de la conservación, el cultivar especies nativas en sus hábitats naturales, tiene ventajas significativas ante las especies exóticas, como son: la conservación de los ecosistemas originales, recuperación del medio acuático natural y de las pesquerías artesanales, y la preservación del germoplasma de la especie y sus poblaciones, con lo que se asegura la preservación y desarrollo de los recursos genéticos con que disponen las comunidades humanas. Además algunas especies pueden incursionar en el mercado acuarista en base a su morfología atractiva a la vista humana y con ello generar ingresos extras, aparte de los beneficios antes mencionados.

Para poder llevar a cabo todo lo anterior, es necesario resolver primero aspectos tan básicos de la biología de las especies de interés, como son ¿cuánto

crece?, ¿cuál es su temporada de reproducción?, ¿cómo se da el desove y cuidado de las crías? y ¿qué come?, entre otras cosas.

Una de las especies de la cuenca río Atoyac que tiene potencial para ser cultivada, con el doble propósito mencionado con anterioridad, y que se puede incluir no sólo como fuente de alimento, sino también como pez de ornato debido a sus características es *Cichlasoma trimaculatum*, cíclido abundante en dos de las subcuencas de esta cuenca. Por todo lo anterior se hace necesario realizar estudios básicos que contribuirán al conocimiento de su biología, que incluirán aspectos del crecimiento en talla y peso y del desarrollo gonadal para determinar su madurez tanto en ambientes lénticos como lóticos. Con esto se genera una parte esencial de la información científica que servirá para conocer mejor a esta especie, la cual será útil para posteriores investigaciones enfocadas a implementar su cultivo experimental y posteriormente llevarlo a nivel de cultivo piloto, que se podrá aplicar en proyectos productivos para las comunidades rurales o la iniciativa privada. Con los datos generados se tendrá la primera referencia de la especie objeto de estudio en el estado de Oaxaca.

4. HIPÓTESIS.

La población de *Cichlasoma trimaculatum* probablemente: alcance una talla máxima superior a los 300 mm de longitud estándar, con un peso cercano a los 1000 g; presente un crecimiento de tipo alométrico.

Los machos tenderán a un mayor crecimiento que las hembras tanto en época de secas como de lluvias.

C. trimaculatum madurará sexualmente alrededor de los 100 mm de longitud estándar y se reproducirá en la época de lluvias, siendo las hembras

En base a lo anterior puede tener potencial para ser cultivada con el doble propósito: producción-conservación.

5. OBJETIVOS.

5.1. General.

Determinar el crecimiento y madurez gonadal de la población de *Cichlasoma trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina de la cuenca río Atoyac, Oaxaca.

5.2. Específicos.

5.2.1. Establecer la edad de los organismos colectados, mediante una técnica directa (lectura de anillos de crecimiento en escamas) y una indirecta (método de Cassie).

5.2.2. Obtener el crecimiento en talla y peso de dicha población, por medio de la ecuación de crecimiento de Ludwig von Bertalanffy, evaluando su variación por sexo y época del año.

5.2.3. Definir los estadios de madurez sexual en ambos sexos, en base a la escala de maduración empírica de Nikolsky.

5.2.4. Establecer las etapas de madurez gonadal por sexo en esta población y la época de reproducción, con los índices hepatosomático y gonadosomático.

5.2.5. Determinar la longitud y edad a la que madura sexualmente la especie objeto de estudio, por medio de un software diseñado por Froese & Binohlan (2000).

6. METAS.

6.1. Determinar las clases de edad presentes en la población de *C. trimaculatum*, por sexos y temporadas.

6.2. Obtener las curvas de crecimiento en talla y peso de la población de *Cichlasoma trimaculatum*, por sexos y épocas del año.

6.3. Determinar los estadios de madurez sexual, y la relación entre el índice Gonadomático y Hepatosomático para definir la época de reproducción.

6.4. Obtener la talla y edad a la que *Cichlasoma trimaculatum* es madura sexualmente en general y por sexos.

7. ÁREA DE ESTUDIO.

La población de *Cichlasoma trimaculatum* objeto de estudio habita los biomas lóticos y lénticos de la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina, la cual se encuentra en la región Costa del estado de Oaxaca.

7.1. Localización geográfica.

La subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina se encuentra ubicada en la cuenca hidrológica río Atoyac o Verde que pertenece a la Región Hidrológica Costa Chica-Río Verde RH20 de la vertiente del Pacífico de Oaxaca (Figura 3). Las coordenadas de ubicación de la cuenca río Atoyac son $16^{\circ} 48' - 15^{\circ} 48' N$ y $97^{\circ} 51' - 96^{\circ} 30' O$ (Arriaga-Cabrera *et al.*, 2000). La zona de estudio (subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina) se localiza en las coordenadas extremas: $16^{\circ} 39' - 15^{\circ} 56' N$ y $98^{\circ} 05' - 97^{\circ} 33' O$, con intervalos de altitud que van desde los 0-2350 m.s.n.m.

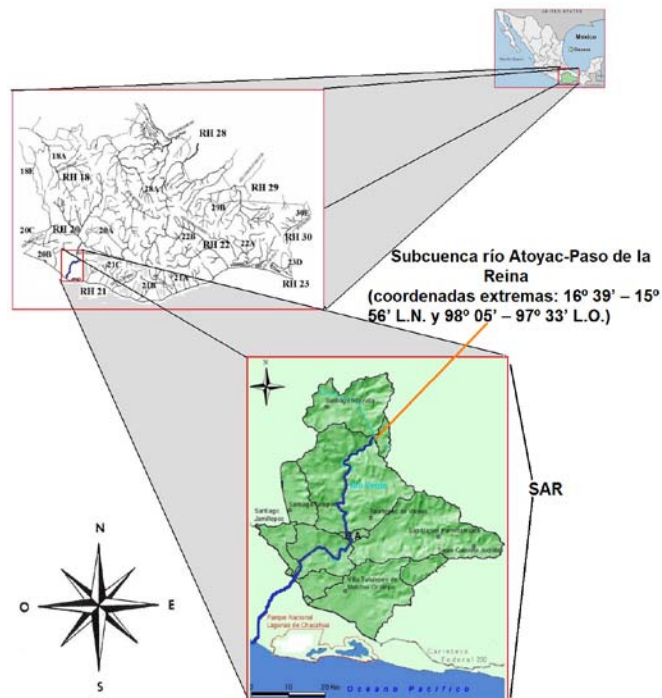


Figura 3. Macro y microlocalización de la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina dentro del polígono del Sistema Ambiental Regional (SAR) del proyecto “Caracterización de fauna y vegetación acuática y terrestre del Sistema Ambiental Regional del proyecto de aprovechamiento hidráulico de usos múltiples Paso de la Reina, Oaxaca”. Fuente: Martínez-Ramírez *et al.* (2004) y CIIDIR IPN Oaxaca (2009).

La cuenca río Verde comprende parte de la Sierra Madre del Sur y la región occidental de la Planicie Costera del Pacífico, y está compuesta por los distritos de Sola de Vega y Santiago Jamiltepec y los municipios de Santiago Ixtayutla, Santiago Amoltepec, Santa Cruz Zenzontepec, Santiago Chayuco, Santiago

Tetepec, Santiago Jamiltepec, San Juan Quiaje, San Miguel Panixtlahuaca, Tataltepec de Valdéz y Villa de Tututepec (I.N.F.D.M., 2009). La subcuenca río Atoyac- Paso de la Reina se localiza en el distrito de Jamiltepec en los siguientes dos municipios: Santiago Tetepec que se encuentra ubicado en las coordenadas 16° 19' y 97° 45' a 260 m.s.n.m.; y Santiago Jamiltepec que se encuentra en las siguientes coordenadas 97° 49' N y 16° 17' O a 440 m de altura (O.E.I.D.R.U.S., 2007).

7.2. Superficie territorial.

La longitud total de la cuenca río Atoyac o Verde desde su nacimiento hasta su desembocadura es de 18542 km², comienza y termina por completo en el estado de Oaxaca, abarcando el 19.8% de la superficie del estado que es de 93793 km² (Martínez-Ramírez *et al.*, 2004).

La extensión de la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina es de aproximadamente 40-50 km lineales, con una superficie de 1948.6 km² que representa el 21% de la cuenca (I.N.F.D.M., 2009).

7.3. Población.

Los dos municipios más importantes, por donde pasa la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina, presentaban para el 2007 las siguientes características, de acuerdo a la Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (O.E.I.D.R.U.S, 2007):

Santiago Jamiltepec cuenta con una población de 17206 personas, de las cuales 8282 son hombres (48%) y 8942 (52%) mujeres. El sector rural lo conforman 7903 personas. Las principales actividades son: la agricultura (cultivo de chile, frijol, maíz, jamaica, melón, sandía, café, coco, limón, mango, etc.), la que aporta contaminantes a los cuerpos de agua; y la pesca, principalmente de especies marinas entre las que destacan el robalo, la lisa, las mojarras, etc., de especies dulceacuícolas la tilapia y la mojarra prieta como especies secundarias y langostinos o camarones de agua dulce, sin que existan programas de aprovechamiento sustentable.

Santiago Tetepec tiene una población de 4708 personas, siendo 2281 hombres (48%) y 2427 mujeres (52%); este municipio se considera como una comunidad rural. La actividad principal es la agricultura (cultivo de chile, jamaica, maíz y mango).

7.4. Edafología.

La subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina se caracteriza por la presencia de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Respecto a la edafología de la zona son suelos de tipo Regosol, Cambisol, Luvisol, Feozem y Litosol (CONABIO, sin año de edición).

7.5. Climatología.

Para la cuenca río Atoyac o Verde los climas son templado subhúmedo (temperatura media anual de 18 a 22°C y precipitación media anual de 1500 a 2000 mm), cálido subhúmedo (22-26°C y 1000-1500 mm) y cálido húmedo (22-26°C y 800-1000 mm) (CONABIO, *Op. cit.*).

Para la subcuenca objeto de estudio se presentan los climas cálido subhúmedo y cálido húmedo (CONABIO, sin año de edición). Mediante datos de la estación meteorológica de Santiago Jamiltepec de la CONAGUA (2009) de los últimos 10 años más recientes registrados (2000-2009) y un diagrama ombrotérmico de Gausson (empleando la precipitación y temperatura promedio mensual), se sabe que para dicha subcuenca la temporada de secas comprende de noviembre a abril y la temporada de lluvias corresponde de mayo a octubre, siendo febrero el más seco y septiembre el de más precipitación respectivamente (Figura 4).

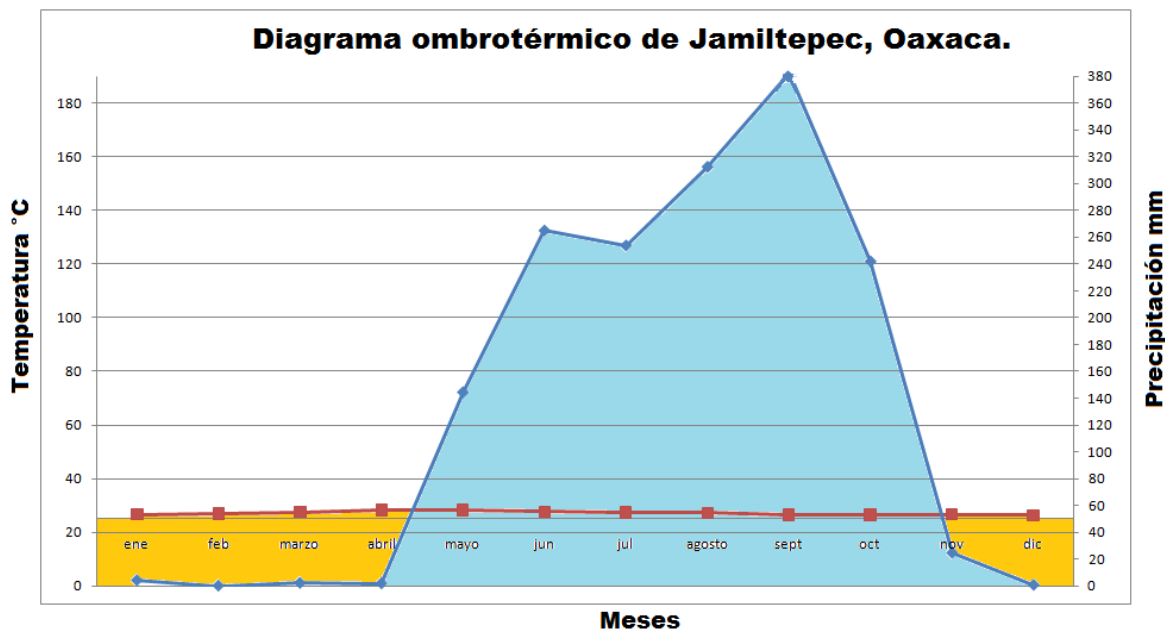


Figura 4. Precipitación mensual promedio (mm) y temperatura promedio mensual (°C) de la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina en base a datos de los 10 años más recientes (2000-2009) de la estación meteorológica de Santiago Jamiltepec de la CONAGUA (2009), donde se resalta en amarillo la temporada de secas y en azul la de lluvias.

7.6. Biodiversidad.

En la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina en cuanto a vegetación existe manglar, palmar, sabana, selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia, bosque de pino, bosque de encino y pastizal inducido y cultivado. La flora se caracteriza por *Melocactus delessertianus* (planta endémica) y otras fanerógamas (Arriaga-Cabrera *et al.*, 2000).

Respecto a fauna, se encuentran aves como *Aimophila sumichrasti*, *Amazilia viridifrons*, *Amazona finschi*, *Deltarhynchus flammulatus*, *Passerina leclancherii*, *Thryothorus felix*, *T. sinaloa*, *Turdus rufopalliatu*s y *Vireo hypochryseus*; crustáceos de ambientes dulceacuícolas destacando *Epithelphusa mixtepeensis*, *Macrobachium americanum*, *M. occidentale*, *M. tenellum*, *Atya crassa* y *A. margaritacea*; peces, siendo de los más representativos *Agonostomus monticola*, *Astyanax fasciatus*, *Awaous banana*, *Centropomus robalito*, *Cichlasoma trimaculatum*, *Dormitator latifrons*, *Eleotris picta*, *Gobiomorus maculatus*, *Mugil cephalus*, *Poecilia sphenops* y *Sicydium multipunctatum*, entre otros (CONABIO, sin año de edición; CIIDIR IPN Oaxaca, 2009).

Dentro de las especies amenazadas se encuentran: aves como *Accipiter cooperii*, *A. striatus*, *Aimophila sumichrasti*, *Amazona finschi*, *Anas acuta*, *A. discors*, *Cairina moschata*, *Cathartes burrovianus*, *Egretta rufescens*, *Falco columbarius*, *F. peregrinus*, *Geranospiza caerulescens*, *Glaucidium brasilianum*, *Cuculado icterus cucullatus*, *Ixobrychus exilis*, *Mycteria americana*, *Oxyura dominica*, *Puffinus auricularis*, *Sterna antillarum*, *S. elegans* y *Sula sula*; y los peces *Poecilia butleri* y *Rhamdia guatemalensis* (Arriaga-Cabrera *et al.*, 2000; CIIDIR IPN Oaxaca, 2009).

8. MATERIALES Y MÉTODOS.

8.1. Trabajo de campo.

Se realizó la captura de ejemplares de *Cichlasoma trimaculatum* en 12 puntos de muestreo (fueron cuatro colectas por punto), los cuales con base a un gradiente altitudinal fueron establecidos en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina del polígono del Sistema Ambiental Regional (SAR) por el Coordinador de Fauna Acuática del proyecto "Caracterización de fauna y vegetación acuática y terrestre del Sistema Ambiental Regional del proyecto de aprovechamiento hidráulico de usos múltiples Paso de la Reina, Oaxaca", de noviembre de 2008 a abril de 2009 y de mayo a octubre de 2009 (periodos de muestreo: diciembre de 2008, enero, septiembre y octubre de 2009; Tabla 1 y Figura 5).

Tabla 1. Estaciones de muestreo para la colecta de ejemplares de la mojarra prieta *Cichlasoma trimaculatum*.

Clave de los puntos de muestreo	Lugar de colecta	Coordenadas		
		Latitud norte	Longitud oeste	Elevación(m)
A	Río la Angostura, La Angostura, Flores Magón, Mpio. Santiago Jamiltepec, Dto. Jamiltepec, Oaxaca.	16°21'06"	97°45'26"	269
B	Río el Rosario, Ag. Mpal. El Rosario, Mpio. Santiago Tetepec, Dto. Jamiltepec, Oaxaca.	16°19'41"	97°46'01"	261
C	Huichicata, Mpio. Santiago Jamiltepec, Dto. Jamiltepec, Oaxaca.	16°13'50"	97°40'59"	43
D	Hierba Santa, Mpio. Tataltepec de Valdez. Dto. Juquila, Oaxaca.	16°13'41"	97°39'27"	37
E	A 500 m al sur de la Ag. Mpal. El Santo, Mpio. Stgo. Jamiltepec, Dto. Jamiltepec, Oaxaca.	16°11'47"	97°44'54"	33
F	Piedra Parada, Mpio. Santiago Jamiltepec, Dto. Jamiltepec, Oaxaca.	16°12'24"	97°50'35"	84
G	Derivadora Ricardo Flores Magón, Dto. Jamiltepec, Villa de Tututepec, Oaxaca	16°06'32"	97°43'46"	16
H	Entre río Chacalapa y la localidad Santa Rosa de Lima, Mpio. San Pedro Villa de Tututepec de Melchor Ocampo, Dto. Juquila, Oaxaca	16°04'34"	97°37'53"	20
I	Chacalapa, Mpio. Villa de Tututepec de Melchor Ocampo, Dto. Juquila, Oaxaca.	16°05'57"	97°32'30"	59
J	Lago el Espejo, Ag. de Policía el Zarzal. Mpio. Stgo. Jamiltepec, Dto. Jamiltepec.	16°04'00"	97°47'08"	8
K	Ag. Mpal. Charco Redondo. Mpio. San Pedro Villa de Tututepec de Melchor Ocampo, Dto. Juquila, Oaxaca.	16°02'41"	97°44'42"	15
L	Ag. Mpal. Charco redondo, Mpio. Villa de Tututepec de Melchor Ocampo, Dto. Juquila.	16°02'43"	97°44'42"	15

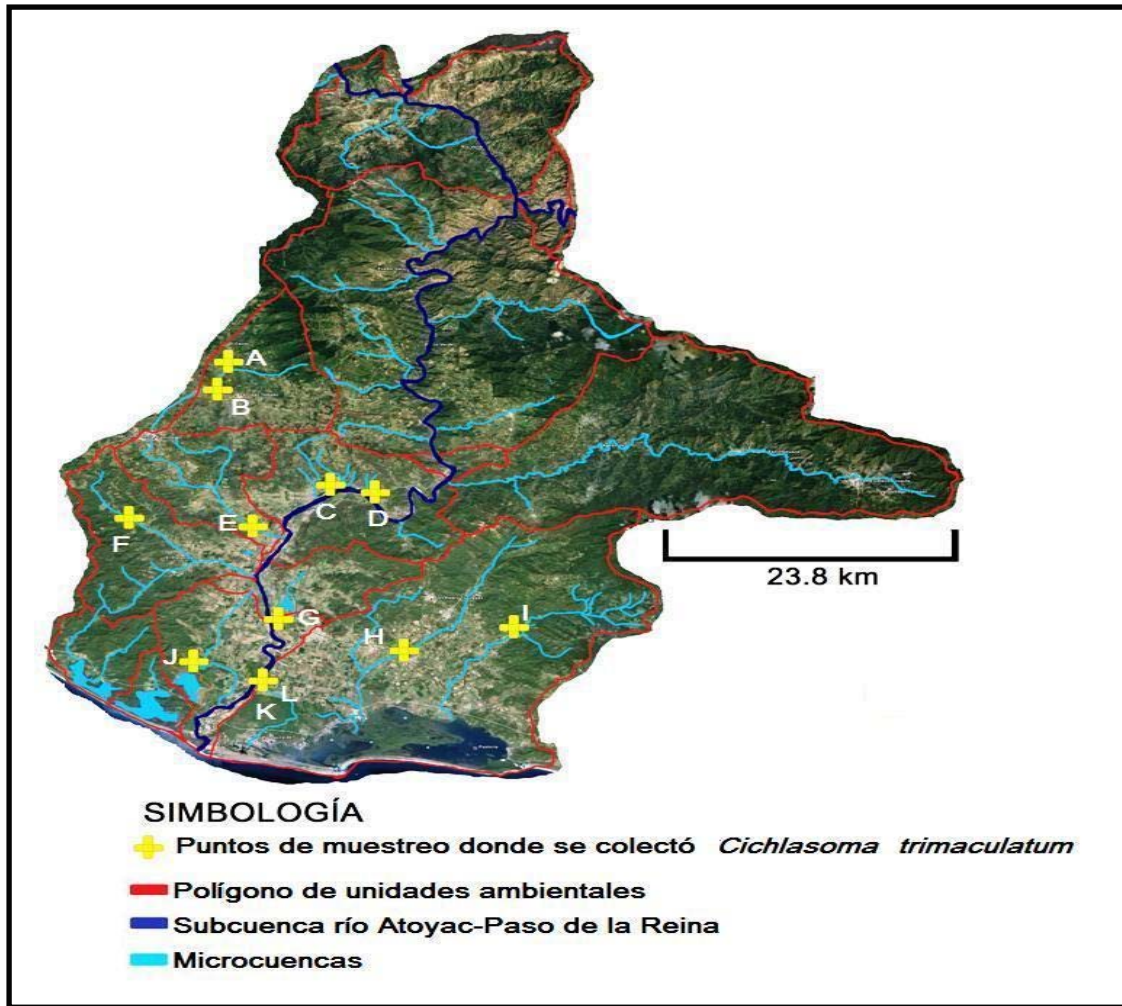


Figura 5. Puntos de muestreo en diciembre de 2008 y enero, septiembre y octubre de 2009 donde fueron colectados los organismos de la mojarra prieta (*Cichlasoma trimaculatum*) en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina dentro del polígono del SAR del proyecto “Caracterización de fauna y vegetación acuática y terrestre del Sistema Ambiental Regional del proyecto de aprovechamiento hidráulico de usos múltiples Paso de la Reina, Oaxaca”. Fuente: Obtenida y modificada de Google Earth (2009).

8.1.1. Técnicas de captura.

Se aplicaron las técnicas de pesca eléctrica y artesanal (atarraya y/o chinchorro). La primera que consiste en (García *et al.*, 1993 y Martínez, 1999):

- a) Un grupo electrógeno semi-portátil como fuente de energía eléctrica alterna, por ejemplo: un generador EVANS de 4.2 kVA 4 tiempos y otro de 2.6 kVA de potencia o motor de 2 tiempos y 4.2 KW.
- b) Un transformador rectificador de corriente eléctrica de 6 amperios (250 V).

- c) Dos sacadores o salobres de acero, cada sacador está formado por tres partes: la pértiga o bastón de 1.3 m de largo, el cable que transmite la electricidad y el electrodo positivo o ánodo. En este trabajo es un electrodo cuadrado que tiene sujeta una red de pesca en forma de bolsa, con una luz de malla de 4.5 mm.
- d) Una placa metálica conectada al generador eléctrico y sumergida al río que es el electrodo de corriente.
- e) 200 m de cable resistente, al cual se conectan los salabres de pesca (ánodos) con el transformador de corriente.
- f) Una red y depósitos de agua para almacenar a los peces que se van colectando.
- g) El vestuario de cada miembro del equipo de trabajo está compuesto por un traje de goma o botas de badeo que llegan por encima de la cintura y guantes gruesos de goma.
- h) El equipo humano se compone de al menos cuatro personas.

La pesca eléctrica se practicó vadeando el río, con el generador fijo en la orilla y se muestrearon 200 m río abajo y arriba.

Una vez terminada la colecta, se seleccionaron los ejemplares de *Cichlasoma trimaculatum* de distintas tallas y fueron conservados en formol al 10% y se guardaron en un bidón; posteriormente se trasladaron al laboratorio de Acuicultura del CIIDIR IPN Oaxaca.

8.2. Trabajo de Laboratorio.

En dicho laboratorio las muestras se sacaron del formol y se pasaron a alcohol etílico al 70% dentro de frascos de plástico, a los cuales se les colocaron etiquetas de identificación y datos de colecta.

Empleando un vernier analógico marca Mituyoyo modelo Dial Caliper 505-675 de 12" y uno digital Mituyoyo Digimatic Absolute 574-359 de 6", se obtuvieron las mediciones de las longitudes total (LT) y estándar (LE) en mm; aunque para el presente estudio sólo se empleó la longitud estándar, como recomienda Granado (1996), porque en organismos conservados suele deteriorarse la aleta caudal.

Utilizando una balanza Sartorius modelo DL 15065 se pesó a los ejemplares enteros en g. Después se realizó la disección de los peces y el pesado de hígado y gónadas, así como la extracción del contenido estomacal para un estudio posterior.

8.2.1. Determinación de los sexos.

Se observó el tipo de papila genital y características de las gónadas de cada organismo para determinar el sexo; los machos presentan una papila genital con un solo poro (urogenital) y las hembras con dos poros (oviducto y uretra) (Figura 6). El aspecto de las papilas genitales es similar al de las especies de tilapias y de toda la familia Cichlidae; en cuanto a las gónadas los machos presentan testículos lobulares que están integrados por lóbulos separados por tejido conjuntivo; las hembras presentan ovarios en par, alargados y unido a la pared dorsal del celoma por el mesovario (Gil-Cano *et al.*, sin año de edición).

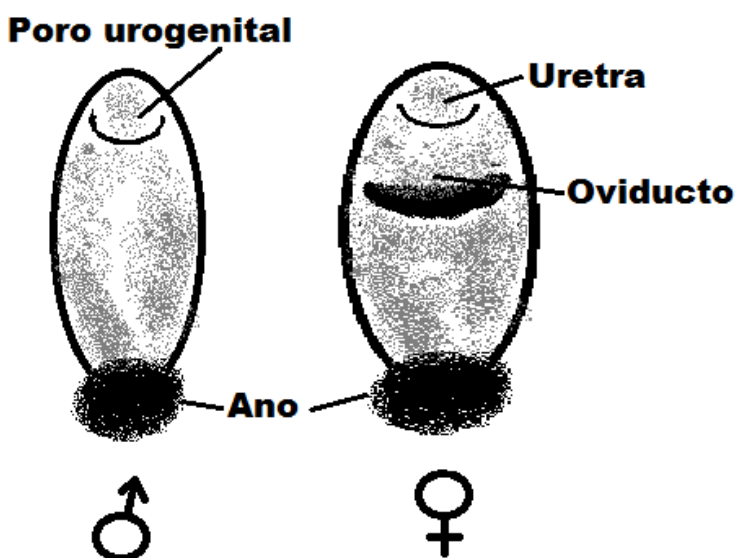


Figura 6. Aspecto de la papila genital del macho (izquierda) y hembra (derecha) de *Cichlasoma trimaculatum*.

8.2.2. Estudio de crecimiento.

En primer lugar se determinó la edad y sus respectivas longitudes estándar promedio de los organismos, posteriormente se calculó el crecimiento en talla y peso mediante el modelo de Ludwig von Bertalanffy (Bertalanffy, 1938), para ello se obtuvieron por separado sus variables.

8.2.2.1. Determinación de la edad.

Las clases de edad y sus longitudes estándar promedio se determinaron tanto con un método directo, consistente en la lectura de anillos de crecimiento en escamas; como con el método indirecto de Cassie (1954).

8.2.2.1.1. Método directo.

En el caso de la lectura de anillos de crecimiento en escamas, se aplicó la técnica propuesta por Gómez-Márquez (1994), con modificaciones de Díaz-Gaxiola (com. pers.) que consiste en los siguientes pasos:

- a) De cada espécimen se toman de 15 a 20 escamas (la mitad de cada lado del pez).
- b) En peces del Orden Perciformes, las escamas se deben extraer de la región comprendida entre la aleta pectoral y por debajo de la línea lateral.
- c) Posteriormente las escamas colectadas se lavan con agua corriente tibia o fría, se limpian con un cepillo o pincel de cerdas suaves, y en caso de que presenten adherencias hay que colocarlas en una solución de algún hidróxido al 5% por periodos cortos o al 1% por periodos largos.
- d) Una vez limpias y secas las escamas, se guardan en papel no adhesivo (encerado), con una clave para identificarlas posteriormente.
- e) Para la lectura de los anillos de crecimiento, las escamas se tiñen con algún colorante (en el presente trabajo se utilizó acriflavina), posteriormente se colocan entre dos portaobjetos y se observan al estereoscopio para identificar los anillos de crecimiento (annulis), los cuales para peces de zonas tropicales indican variaciones en su crecimiento generadas por las condiciones medioambientales de cada estación del año (lluvias y secas), por lo que son sinónimo de medio año de vida.
- f) De las escamas donde se apreciaban claramente los anillos de crecimiento, se seleccionó una por cada clase de edad, a la cual se le midió la longitud entre cada anillo de crecimiento a partir del foco de dicha escama (para ello se empleó el software AxioVision 4.7.1, un estereoscopio Carl Zeiss modelo Stemi 2000-C y una cámara digital Canon Power Shot G-10). Después se aplicó el retrocálculo que se basa en la relación existente entre la longitud de la escama y la longitud del pez (Sostoa y Sostoa, 1984); dicha relación no es directa en la mayoría de los casos, por ello se utiliza la ecuación de Fraser-Lee (Pierce *et al.*, 1996):

$$L_t = a + \frac{R_t}{R_n} (L_n - a)$$

Siendo “ L_t ” la longitud a la edad “ t ” que queremos obtener; “ R_t ” el radio a la edad “ t ”; “ R_n ” el radio total de la escama; “ L_n ” la longitud del ejemplar que corresponde a “ R_n ” y “ a ” un factor de corrección que se obtiene por

regresión lineal entre la longitud de la escama como variable independiente y la longitud del ejemplar como variable dependiente, donde "a" es la ordenada al origen.

8.2.2.1.2. Método indirecto de Cassie (1954).

Cabe mencionar que la metodología indica la utilización de la longitud total, se decidió emplear la longitud estándar, porque desde un punto de vista matemático e incluso biológico se ha estimado que no existe ninguna ventaja a favor de la longitud total, ya que se han utilizado las longitudes total y estándar en este método y se ha comprobado estadísticamente que los resultados no son significativamente diferentes; además que en organismos conservados suele deteriorarse la aleta caudal (Granado, 1996).

Este método se realizó mediante la grafica de las frecuencias de las longitudes estándar en forma acumulativa porcentual en papel probabilístico, donde se obtuvieron los puntos de inflexión (que representan las clases de edad) que determinaron la talla media de cada edad. Para ello primero se realizaron las siguientes operaciones (Gómez-Márquez, 1994):

Con los datos de la longitud estándar de los peces, se obtuvo el número de intervalos de clase mediante la fórmula de Stuger (Wayne, 1982):

$$K = 1 + 3.322 \text{ Log } (N)$$

Donde:

K= Es el número de clases (intervalos).

N= Es el número de datos por agrupar.

Sucesivamente se determinó el intervalo de clase, mediante la siguiente fórmula citada por Gómez-Márquez (1994):

$$R = (LT_{Max} - LT_{Min}) / K$$

Donde:

R= Intervalo de clase.

LTMax= Registro de longitud estándar máxima.

LTMin= Registro de longitud estándar mínimo.

K= Es el número de clases (intervalos).

Posteriormente se elaboró una tabla de las frecuencias acumuladas relativas de las medias de los intervalos de clase de las longitudes estándar de la población de la mojarra prieta. En papel probabilístico se hizo una gráfica con la frecuencia acumulativa relativa de la media de cada intervalo de clase de las longitudes totales, después se determinaron los puntos de inflexión del segmento curvo, es decir, el punto en el que la curva cambia la tendencia de disminuir la pendiente y posteriormente aumentar la pendiente.

El proceso de extracción de cada componente desde las frecuencias porcentuales acumulativas se realizó mediante la siguiente formulación:

$$a_{ij} = (n_{ij} - m_{i-1}) \left(\frac{100}{m_i - n_{i-1}} \right)$$

Donde:

a_{ij} = Puntos de la componente i expandidos al 100% de la escala y que forman la recta de la componente i , para cada valor correspondiente de las frecuencias acumulativas porcentuales j , (j =clase de longitud estándar).

n_{ij} = Frecuencia acumulativa porcentual de la clase de tamaño j de la componente i (puntos sobre la recta).

m_i = Valor del punto de inflexión superior de la componente i .

m_{i-1} = Valor del punto de inflexión inferior de la componente i .

Así para el primer componente ($i=1$) el valor de $m_{ij}=0$, por lo que:

$$a_{ij} = \frac{n_{ij}100}{m_1}$$

Para el segundo componente ($i=2$): $a_{2j} = (n_{2j} - m_1) \left(\frac{100}{m_2 - m_1} \right)$

Una vez determinados los puntos de inflexión en la gráfica de las frecuencias acumulativas porcentuales del papel de probabilidad, se asignó la longitud estándar promedio de cada clase de edad. Al final de este proceso se compararon las longitudes estándar promedio para cada edad encontrada mediante los métodos directo e indirecto.

8.2.2.2. Modelo de crecimiento en talla y peso de Ludwig von Bertalanffy (1938).

Se obtuvo el crecimiento en talla y peso de la población de *C. trimaculatum*, por temporada del año y por sexo (tanto para la población general como por temporada), mediante el modelo matemático de Ludwig von Bertalanffy (1938), propuesto por Beverton y Holt (1957) y citados por Gómez-Márquez (1994), el cual determina la talla y peso corporal que puede alcanzar un organismo en función de su edad; el crecimiento en talla se expresa de la siguiente forma:

$$Lt = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Donde:

Lt= Talla en el tiempo "t" de la especie.

L_∞= Talla máxima permisible de la especie o longitud asintótica, que es aquella que un animal alcanzará a una edad infinita.

K= Constante o tasa de crecimiento.

t₀= Parámetro de condición o edad inicial.

Para poder realizar las operaciones de esta ecuación, se obtuvieron los valores de cada variable por separado.

Para ello se generaron los valores de L_∞, K y t₀, para la primera variable su valor se calculó mediante el método de Chapman (1961) y descrito por Gulland (1969), citados por Sparre & Venema (1997), donde se realizó una regresión lineal con los datos de la longitud promedio de las longitudes estándar de los intervalos de talla de las edades:

$$L_{\infty} = \frac{a}{1-b}$$

Donde:

L_∞= Longitud asintótica.

a= Ordenada al origen.

b= Pendiente de la regresión lineal.

La segunda variable (K) se estimó de acuerdo a Ford-Walford (1949), citado por Gómez-Márquez (1994), ya que los datos obtenidos en el paso anterior son aplicables a la siguiente fórmula:

$$K = - \ln b$$

Donde:

K= Constante de crecimiento.

- $\ln b$ = Logaritmo natural negativo de la pendiente de la regresión lineal.

Se aplicó la fórmula propuesta por Beverton y Holt (1954), citado por Sparre y Venema (1997), para determinar el valor de t_0 :

$$t_0 = t + \frac{1}{K} \ln \left[\frac{L_\infty - Lt}{L_\infty} \right]$$

Donde:

t_0 = Talla inicial.

K = Constante de crecimiento.

L_∞ = Longitud asintótica.

Lt = Longitud observada por edad.

Finalmente se sustituyeron los valores de los parámetros obtenidos en la ecuación de crecimiento en talla de Ludwig von Bertalanffy (Bertalanffy, 1938).

Posteriormente se analizó la relación longitud-peso para determinar el tipo de crecimiento (isométrico o alométrico positivo o negativo) de la mojarra prieta, y se calculó de acuerdo a Granado (1996) de la siguiente forma:

$$P = aL^b$$

Donde:

P = Peso total (g).

L = Longitud estándar (mm).

a y b = Constantes obtenidas a partir de una regresión potencial entre P y L, con a = Ordenada al origen y b = Pendiente.

Si $b = 3.0$ se trata de un crecimiento de tipo isométrico (se asume que la gravedad específica del pez no cambia), y si $b \neq 3.0$ es alométrico (>3.0 positivo, el pez es más pesado para la longitud que alcanza; y <3.0 negativo, el pez llega a ser menos pesado para su longitud conforme incrementa en talla) (Salgado-Ugarte, 2005).

Para probar si los valores de b fueron significativamente diferentes a 3.0, se utilizó la ecuación:

$$\hat{t} = \frac{e.s_x}{e.s_y} * \frac{b - 3}{\sqrt{1 - r^2}} * \sqrt{n - 2}$$

Donde:

\hat{t} = Estadístico de t.

$e.s_x$ = Desviación estándar del logaritmo de L.

$e.s_y$ = Desviación estándar del logaritmo de P.

n= Número de peces.

b= Valor de la pendiente de la regresión potencial entre la longitud y el peso.

r= Coeficiente de la regresión potencial.

Si el valor de \hat{t} es mayor que el valor de tablas de t para n-2 grados de libertad, con un nivel de significancia del 5%, se asume que existe una diferencia significativa.

Finalmente se calculó el peso máximo o asintótico (P_∞) mediante la siguiente fórmula:

$$P_\infty = qL_\infty^b$$

Donde:

P_∞ = Peso asintótico o máximo que puede alcanzar el pez.

L_∞ = Longitud estándar asintótica obtenida en la metodología de crecimiento en talla.

q y b= Constantes obtenidas a partir de la regresión entre el peso total (P) y la longitud estándar (L), con a= Ordenada al origen (q) y b= Pendiente.

Posteriormente el peso máximo se substituyó en el modelo de crecimiento en peso de Ludwig Von Bertalanffy (Bertalanffy, 1938), se calculó de acuerdo a Villaseñor-Talavera (1993):

$$P_t = P_\infty(1 - e^{-k(t-t_0)})^b$$

Donde:

P_t = Peso al tiempo t .

b = Valor de la pendiente de la relación longitud-peso.

P_{∞} = Peso asintótico o máximo.

K = Tasa de crecimiento.

t_0 = Longitud a la talla 0.

8.2.3. Estudio del desarrollo gonadal.

Se estableció el grado de madurez gonadal por sexo que presentaba cada organismo en base a las características morfológicas de sus gónadas.

Se calcularon los índices Gonadosomático y Hepatosomático, para determinar el estadio de maduración de los organismos de la población objeto de estudio y se estableció la longitud de la primera madurez.

8.2.3.1. Escala de maduración empírica de Nikolsky (1963)

Se analizó el grado de madurez de los organismos en base a la escala de Nikolsky (1963), citada en Rodríguez-Gutiérrez (1992), ya que es la más utilizada en los cíclidos, en especial en diversas especies de tilapia.

La escala establece 6 estadios:

Estadio I: individuos vírgenes.

Estadio II: los gametos aún no han empezado su desarrollo; las gónadas están a lo largo de la cavidad celómica, pero tienen tamaño pequeño. Los óvulos no se distinguen a simple vista.

Estadio III: Madurando. Los óvulos son visibles a simple vista. Los testículos cambian de transparentes a color palo de rosa. Las gónadas incrementan su peso rápidamente.

Estadio IV: Maduro. Los gametos están maduros. Las gónadas han alcanzado su peso máximo, pero los gametos no son expulsados aún a una suave presión del abdomen.

Estadio V: Reproducción. Los gametos salen a ligera presión y el peso de la gónada decrece rápidamente, por el inicio del proceso de desove.

Estadio VI. Gastado. Los gametos ya fueron expulsados. La gónada parece un saco vacío; generalmente permanecen pocos óvulos en las hembras (de acuerdo al tipo de desarrollo del ovario) o poco esperma en los machos.

8.2.3.2. Índice Gonadosomático (IGS).

Este índice se basa en una relación directa entre el peso de la gónada respecto al peso total del organismo, la cual explica el estadio de desarrollo gonádico y maduración de cada organismo. La fórmula es, de acuerdo a Rossenblum *et al.* (1978), citados por Rodríguez-Gutiérrez (1992):

$$IGS = \frac{Pg}{Pt} 100$$

Donde:

IGS= Índice Gonadosomático.

Pg= Peso de la gónada.

Pt= Peso del ejemplar.

8.2.3.3. Índice Hepatosomático (IHS).

Es la relación que existe entre el peso del hígado y el peso del ejemplar. Esta relación es específica para hembras, ya que el hígado segrega vitelogeninas durante la vitelogénesis exógena que van a ser captadas por el óvulo en desarrollo; se comparan los valores obtenidos contra los del IGS que son inversos, y con ello se determina si la hembra estaba en etapa reproductiva. La fórmula es la siguiente (Rodríguez-Gutiérrez, 1992):

$$IHS = \frac{Ph}{Pt} 100$$

Donde:

IHS= Índice Hepatosomático.

Ph= Peso del hígado.

Pt= Peso del ejemplar.

8.2.3.4. Estimación de la talla de primera madurez.

¿Para inferir a qué longitud es maduro *C. trimaculatum*?, se utilizó el software diseñado por Froese & Binohlan (2000), el cual permite estimar la longitud de la primera madurez en base al valor de la longitud asintótica (L_{∞}),

mismo que se obtuvo en el apartado de crecimiento. Se optó por este método, ya que los métodos directos señalan tanto trabajar durante la época de desove de la especie en estudio para garantizar la captura de un número considerable de organismos en etapas de madurez gonadal, como hacer un muestreo estratificado (Macchi y Acha, 1998); como no se conocía la época de desove, no se realizó un muestreo adecuado para esta época en el área de estudio.

9. RESULTADOS.

Se capturaron un total de 173 organismos de *Cichlasoma trimaculatum* (121 machos y 52 hembras), de los cuales 109 se colectaron en diciembre de 2008 y enero de 2009 que corresponden a la temporada de secas (63 % del total; 76 machos y 33 hembras); 64 fueron colectados únicamente en septiembre y octubre de 2009 correspondientes a la época de lluvias (37%; 45 machos y 19 hembras) (Anexo I).

Los valores de la longitud estándar y peso total para cada organismo se muestran en orden ascendente en base al valor de la longitud estándar en el Anexo II, donde también se puede observar a que temporada del año corresponde.

Los intervalos de talla (longitud estándar) y peso de los organismos por temporada del año se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Intervalos de talla y peso de los organismos colectados de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009.

TEMPORADA	No. ORGANISMOS	INTERVALOS DE TALLA(mm)	INTERVALOS DE PESO(g)
Secas	109	22.63 - 197.71	0.37-356.49
Lluvias	64	13.45-165.35	0.1-168.60
Total	173	13.45-197.71	0.1-356.49

9.1. Clases de edad.

Se realizó la determinación de las clases de edad tanto con el método directo, por medio de la lectura de anillos de crecimiento en escamas (annulis); como con el método indirecto de Cassie (1954).

9.1.1. Método directo.

Se encontraron 8 grupos de edades, con sus respectivas longitudes estándar promedio retrocalculadas (Anexo III) y pesos totales promedio para la población general; de estos grupos, siete en machos y ocho en hembras, siete y ocho para machos y hembras respectivamente en secas, seis continuas para machos y cuatro a partir de la clase de edad 2 para hembras en lluvias (Tabla 3 y 4). Hubo organismos con ausencia de anillos de crecimiento que se agruparon en la clase de edad 1, los que presentaron un anillo se asignaron a la clase de edad 2 y así sucesivamente hasta la clase de edad 8 con siete anillos; por lo que la primera edad correspondió a organismos que tenían periodos de vida inferiores a seis meses y la última (clase de edad 8) a 42 meses o tres y medio año. Cada

anillo de crecimiento representó seis meses y no un ciclo anual, como lo han establecido los estudios de Yosef & Casselman (1995), Garduño y Avelar (1996), Admassu & Casselman (2000), Morales-Nin (2000) y Gómez-Márquez *et al.* (2008), los cuales han establecido que los peces de zonas tropicales y en especial las especies de la familia Cichlidae presentan dos anillos de crecimiento en estructuras duras por año, que están determinadas por la temporada de lluvias y secas.

Tabla 3. Clases de edad encontradas mediante la lectura de anillos de crecimiento para la población general y por sexos y temporada del año de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009, donde se muestra para cada edad su longitud estándar promedio retrocalculada (LER) y peso total promedio (P).

Clases de edad		General		Por sexos				Temporada del año			
				machos		hembras		secas		lluvias	
Edad	Anillos	LER(mm)	P(g)	LER(mm)	P(g)	LE(mm)	P(g)	LER(mm)	P (g)	LER(mm)	P(g)
1	0	35	0.84	34	0.93	41	0.77	39	0.82	25	1.25
2	1	70	5.86	71	4.97	68	7.55	66	5.26	54	8.44
3	2	92	21.25	93	21.08	90	20.14	90	21.68	80	19.9
4	3	111	111.34	112	49.65	109	48.99	108	55.08	106	41.8
5	4	129	113.08	127	94.2	140	135	128	105.9	125	124
6	5	163	168.6	171	145.69	146	140	164	153.5	156	169
7	6	174	201.11	186	201.11	162	183	174	201.1		
8	7	180	356.49			180	356.5	180	356.5		

Tabla 4. Grupos de edad con sus respectivas longitudes estándar retrocalculadas (LER) y pesos totales observados (P) por sexos para cada temporada del año de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009.

Grupos de edad		Secas por sexos				Lluvias por sexos			
		machos		hembras		machos		hembras	
Edad	Anillos	LER(mm)	P(g)	LER(mm)	P(g)	LER(mm)	P(g)	LER(mm)	P(g)
1	0	38	1	41	0.8	25	0.6		
2	1	66	4.7	66	6.7	56	6.8	52	8
3	2	90	20.5	91	20.4	82	20.4	82	24.5
4	3	107	44.2	109	56.2	108	58.3	109	53.4
5	4	125	82.5	139	135	123	115.6	136	113.9
6	5	183	137.9	146	140	155	169		
7	6	186	201.1	162	183				
8	7			180	356.5				

9.1.2. Método indirecto.

Con el método de Cassie (1954) se encontraron para la población general tres puntos de inflexión en las graficas con papel probabilístico (Figura 7) que representan tres clases de edad para esta población a partir de los datos de la tabla de frecuencias acumuladas relativas (Tabla 5), por consiguiente se obtuvieron las longitudes estándar promedio para cada clase de edad y los pesos promedio (Tabla 5). A diferencia del método directo, en esta metodología cada clase de edad representó un ciclo anual. Fue necesario eliminar las tres longitudes de mayor tamaño de la población ya que no permitían una clara interpretación de los resultados obtenidos (solamente para este paso en particular); por ello se aplicó la prueba estadística de Grubbs [$T=(X_o-\bar{X})/s$], con un nivel de confianza de 0.95, con la cual se pudo determinar que dichos valores puedan ser considerados atípicos, por presentar valores de T observados mayores a los de la tabla de t-Student (Tabla 7).

En cuanto a sexos, los machos presentaron tres puntos de inflexión y por consiguiente tres clases de edad, con sus respectivas longitudes estándar promedio (Tabla 6 y Figura 8a). En las hembras también se encontraron tres puntos de inflexión (tres clases de edad), con sus respectivas longitudes (Tabla 6 y Figura 8b).

En secas se determinaron tres puntos de inflexión, con sus respectivas longitudes estándar promedio y pesos promedio; en lluvias se presentaron nuevamente tres clases de edad (Tabla 5 y Figuras 8c y 8d).

Por sexos para las temporadas del año; en secas y lluvias para ambos sexos se obtuvieron tres clases de edad, con sus respectivas longitudes estándar y pesos totales promedio (Tabla 6 y Figuras 8e, 8f, 8g y 8h).

Tabla 5. Puntos de inflexión, grupos de edad y sus respectivas longitudes estándar (LE) y pesos promedio (P) para la población general y por temporadas del año de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009.

TEMPORADA	PUNTOS DE INFLEXIÓN	GRUPOS DE EDAD	LE(mm)	P(g)
General	35	I	30.5	2.36
	75	II	81	24.39
	98	III	118	84.72
Secas	60	I	44	3.92
	97	II	108	42.31
	100	III	159	168.62
Lluvias	46	I	42	3.13
	95	II	98	36.35

	100	III	130	82.12
--	-----	-----	-----	-------

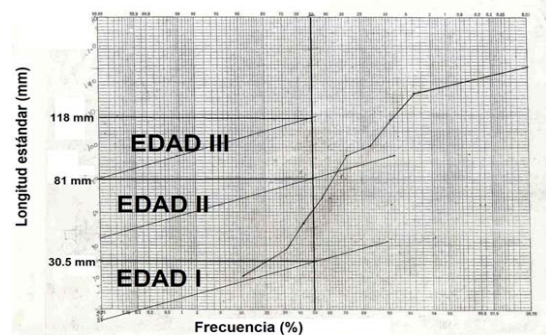
Tabla 6. Puntos de inflexión, grupos de edad y sus respectivas longitudes estándar (LE) y pesos promedio (P) por sexos para la población general y por temporadas del año de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009.

TEMPORADA	SEXO	PUNTOS DE INFLEXIÓN	GRUPOS DE EDAD	LE(mm)	P(g)
General	Macho	66	I	48	45.1
		94	II	102	95.3
		100	III	140	137.4
	Hembra	52	I	48	39.2
		95	II	100	85
		100	III	137	149
Secas	Macho	62	I	47	40.3
		93	II	90	91.5
		100	III	124	131.9
	Hembra	60	I	47	36.4
		89	II	89	73.6
		100	III	119	134.2
Lluvias	Macho	59	I	32	29.8
		82	II	88	79.6
		100	III	126	131.5
	Hembra	50	I	58	58.4
		93	II	94	88.9
		100	III	126	136.4

Tabla 7. Datos obtenidos en la prueba de Grubbs. \bar{X} =longitud estándar promedio de la muestra, incluyendo el valor sospechoso (X_o), s =desviación estándar de la muestra, T =valor de t calculado y t -Student=valor de la tabla de t (valor crítico), con un nivel de confianza de 0.95 y una probabilidad del 95%.

\bar{X}	s	X_o	T	t -Student	$T > t$
72.57	63.5245524	197.71	1.97	1.6537	Sí
71.84	59.9163434	190.55	1.98	1.6537	Sí
71.15	52.9132676	165.35	1.78	1.6537	Sí

Figura 7. Grafica en papel probabilístico donde se muestran los grupos de edad encontrados por el método de Cassie (1954) para la población general de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009.



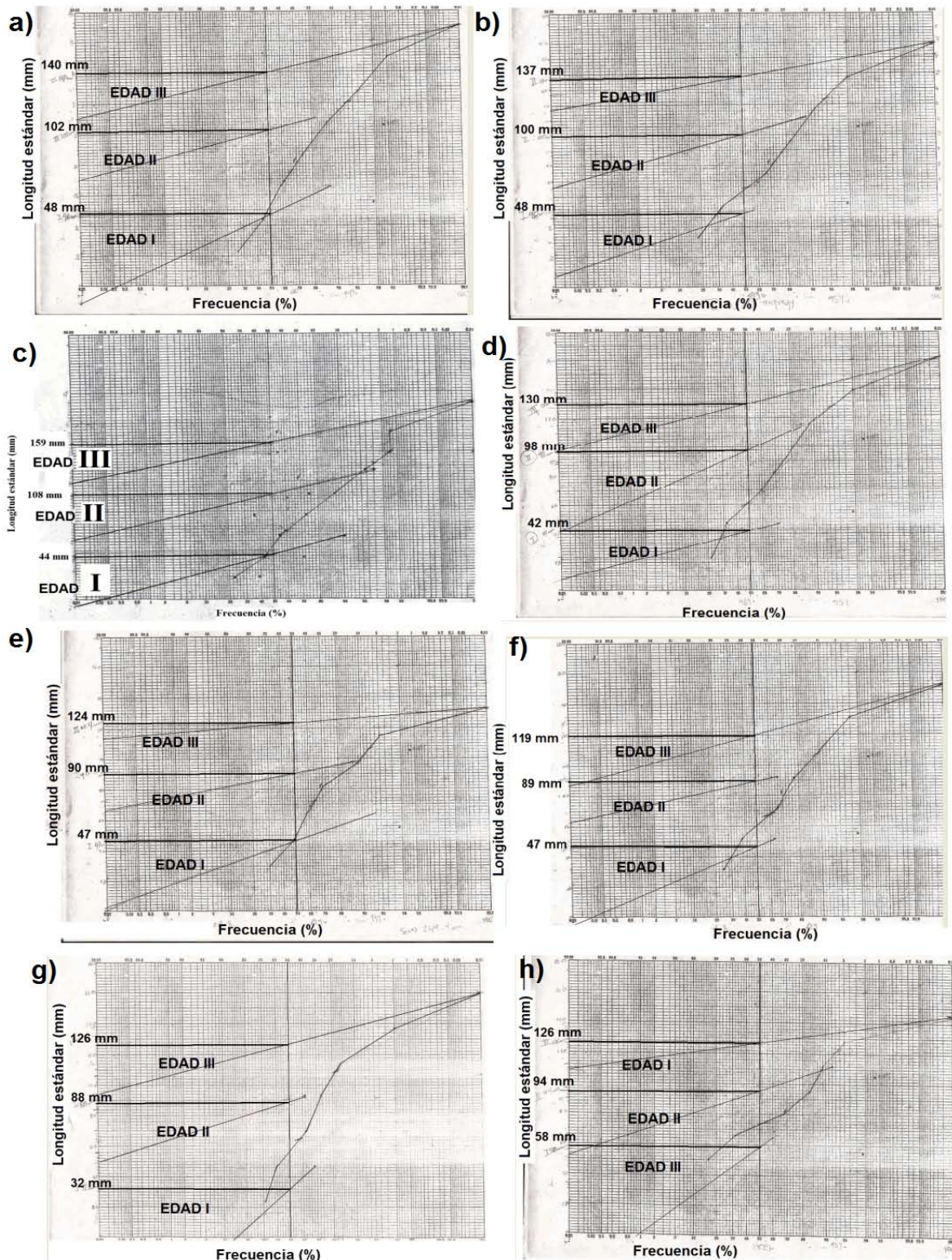


Figura 8. Gráficas en papel probabilístico donde se definieron los grupos de edad, con sus respectivas longitudes estándar, por el método de Cassie (1954) para los machos (a) y hembras (b) de la población general; secas (c) y lluvias (d); machos (e) y hembras (f) para secas; machos (g) y hembras (h) para lluvias de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009.

9.2. Modelo de crecimiento en talla de Ludwig von Bertalanffy (1938) por el método directo.

9.2.1. Método directo.

Se estimó la longitud máxima, constante de crecimiento y talla inicial que puede alcanzar *C. trimaculatum* de manera general, por sexos y por temporadas del año; así como por sexos en dichas épocas empleando los valores obtenidos por retrocálculo para las longitudes estándar de cada edad.

9.2.1.1. Población general.

En base a las longitudes obtenidas por retrocálculo para cada una de las ocho clases de edad de la población de *C. trimaculatum* y mediante la metodología establecida, se obtuvieron los valores de la constante de crecimiento ($K=0.1735$), talla inicial ($t_0=0.2402$) y longitud máxima ($L_{\infty}=245$ mm); así como el coeficiente de regresión entre las longitudes estándar retrocalculadas por cada clase de edad ($r=0.984$), mismo que indicó un ajuste de los datos al modelo aceptable. Por lo tanto la ecuación de crecimiento de Ludwig von Bertalanffy (Bertalanffy, 1938) quedó de la siguiente forma:

$$L_t = 245 (1 - e^{(-0.1735 (t - 0.2402)})}$$

En base a lo anterior se determinó que la longitud máxima se puede alcanzar a la edad 36 que representa 18 años; el crecimiento se volvió asintótico a la clase de edad 20 (9.5 años), con una longitud estándar estimada de 239 mm (Figura 9).

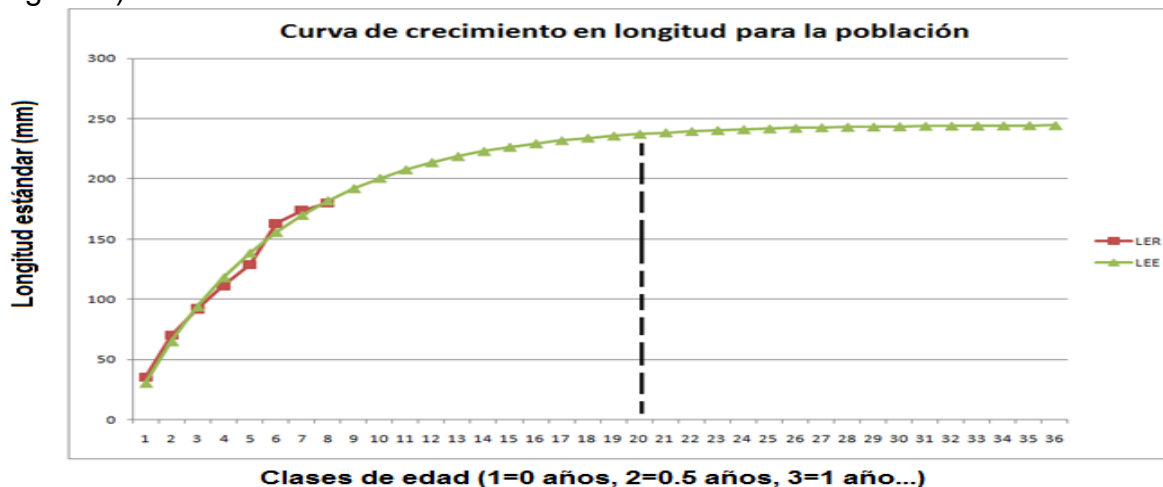


Figura 9. Curva de crecimiento en talla para la población de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009, donde se aprecia la relación entre los valores de las longitudes estándar retrocalculadas (LER) y de las longitudes estándar estimadas (LEE). La línea punteada indica la edad 20, a la cual el crecimiento se volvió asintótico.

9.2.1.2. Por sexos.

Para los machos de la población general se encontraron los siguientes valores que conforman la ecuación de crecimiento: $K=0.0914$, $t_0=0.0394$ y $L_\infty=388$ mm, con un coeficiente de regresión $r=0.9871$. La ecuación de crecimiento en longitud para los machos quedó:

$$L_t = 388 (1 - e^{(-0.0914 (t - 0.0394)})}$$

La longitud máxima se alcanzó a la clase de edad 67 (33 años), mientras que el crecimiento asintótico se presentó a los 12.5 años (clase de edad 26), con una longitud estándar estimada de 352 mm (Figura 10).

En el caso de las hembras los valores de las variables que conforman la ecuación de crecimiento de Ludwig von Bertalanffy (1938) fueron: $K=0.1087$, $t_0=0.3413$ y $L_\infty=299$ mm; la constante de regresión fue $r=0.9866$. Con base a lo anterior la ecuación de crecimiento para estimar las longitudes estándar para cada edad fue la siguiente:

$$L_t = 299 (1 - e^{(-0.1087 (t - 0.3413)})}$$

La longitud máxima se alcanzó en la curva de crecimiento a la clase de edad 56 (27.5 años); el crecimiento se volvió asintótico a los 9.5 años, con una longitud estándar estimada de 266 mm (Figura 10).

Comparando los valores de la longitud máxima que pudiese alcanzar *C. trimaculatum* por sexo, de manera grafica se pudo observar claramente que los machos tienden a crecer más que las hembras (Figura 10).

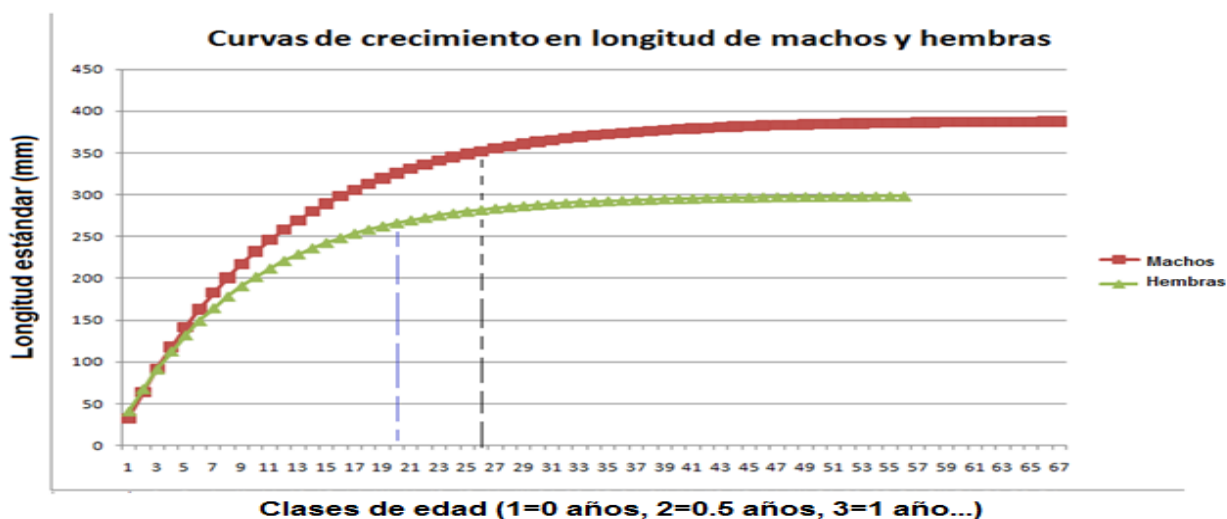


Figura 10. Comparación entre las curvas de crecimiento en talla para machos y hembras de la población de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009.

9.2.1.3. Por temporadas.

Para la época de secas los componentes de la ecuación de crecimiento de Ludwig von Bertalanffy (1938) fueron: $K=0.1372$, $t_0=0.0641$ y $L_\infty=277$ mm, con un coeficiente de regresión $r=0.9820$. La ecuación de crecimiento quedó de la siguiente manera:

$$L_t = 277 (1 - e^{(-0.1372 (t - 0.0641)})}$$

Al obtener las longitudes estándar estimadas para cada edad, se alcanzó la longitud máxima a la clase de edad 47 (23 años); pero con formación de la asíntota en la curva de crecimiento a la edad 19 (9 años), con una longitud estándar de 256 mm (Figura 11).

Respecto a lluvias la constante de crecimiento, talla inicial y longitud máxima encontradas fueron $K=0.1475$, $t_0=0.4896$ y $L_\infty=269$ mm respectivamente, con un coeficiente de regresión $r = 0.9937$. En base a lo anterior la ecuación de crecimiento obtenida fue:

$$L_t = 269 (1 - e^{(-0.1475 (t - 0.4896)})}$$

Con la obtención de las longitudes estándar estimadas a partir de la ecuación de Ludwig von Bertalanffy, la longitud máxima se alcanzó a la edad 44 (21.5 años) y la asíntota en la curva de crecimiento comenzó a la edad 18 (8.5 años), con una longitud estándar de 249 mm (Figura 11).

Comparando las longitudes máximas y las curvas de crecimiento entre temporadas del año se pudo determinar que en el periodo de secas *C. trimaculatum* tiende a tener un crecimiento ligeramente mayor que en lluvias (Figura 11).

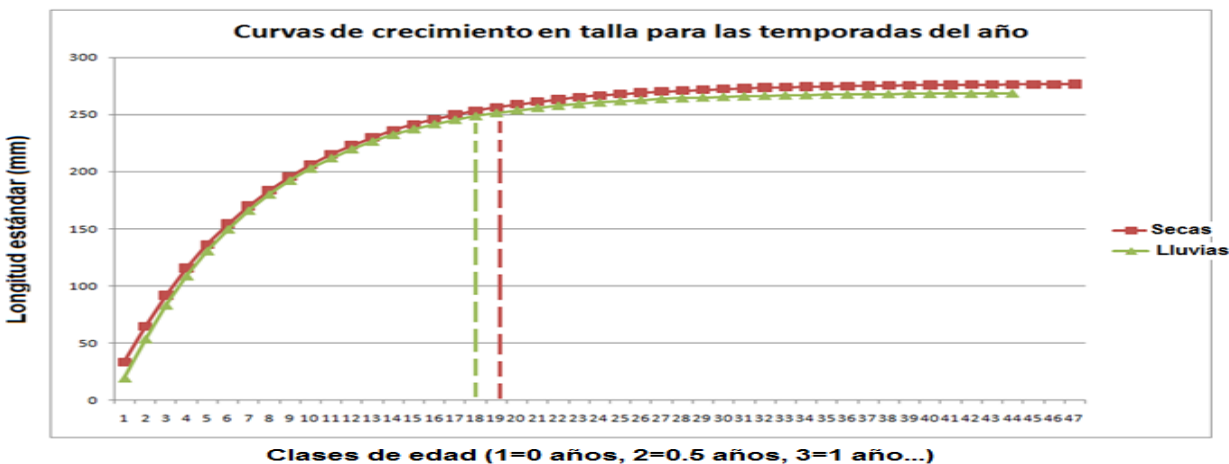


Figura 11. Comparación entre las curvas de crecimiento en longitud de la población de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009 para secas y lluvias.

9.2.1.3.1. Por sexos en secas y lluvias.

Para machos en la temporada de secas las variables que conformaron la ecuación de crecimiento en longitud presentaron los siguientes valores: $K=0.0957$, $t_0=0.1766$ y $L_\infty=387$ mm, con un coeficiente de regresión $r=0.9309$; por lo tanto se obtuvo la siguiente ecuación de crecimiento:

$$L_t = 387 (1 - e^{(-0.0957 (t-0.1766)})}$$

Con la obtención de las longitudes estándar estimadas para cada edad a través de la ecuación anterior, se alcanzó la longitud máxima a la edad 64 (31.5 años); la formación de la asíntota en la curva de crecimiento se inició a la edad 25 (12 años), con una longitud de 351 mm (Figura 12).

En cuanto a las hembras en secas los componentes de la ecuación obtenidos fueron: $K=0.1019$, $t_0=0.3631$ y $L_\infty=312$ mm, con un coeficiente de regresión $r=0.9876$; por lo que la ecuación de crecimiento en talla quedó de la siguiente manera:

$$L_t = 312 (1 - e^{(-0.1019 (t-0.3631)})}$$

La longitud máxima se alcanzó a la edad 70 (34.5 años); pero la formación de la asíntota dio inicio a la edad 23 (11 años), con 283 mm (Figura 12).

Respecto a los machos de la temporada de lluvias, se obtuvieron las siguientes variables de la ecuación de Ludwig von Bertalanffy: $K=0.1219$, $t_0=0.3731$ y $L_\infty=290$ mm, con un $r=0.9855$. La ecuación obtenida con lo anterior quedó:

$$L_t = 290 (1 - e^{(-0.1219 (t-0.3731)})}$$

Se alcanzó la longitud máxima a la edad 50 (24.5 años); iniciándose la formación de la asíntota a la edad 19 (9 años), con 264 mm (Figura 12).

Para las hembras en esta temporada la constante de crecimiento ($K=0.1317$), talla inicial ($t_0=0.8572$) y longitud máxima ($L_\infty=326$ mm), con su respectivo coeficiente de regresión ($r=0.9984$), permitieron obtener la siguiente ecuación de crecimiento en talla:

$$L_t = 326 (1 - e^{(-0.1317 (t-0.8572)})}$$

Se llegó a la longitud máxima a la edad 51 (25 años); la formación de la asíntota en la curva de crecimiento comenzó a la edad 20 (9.5 años), con 300 mm (Figura 12).

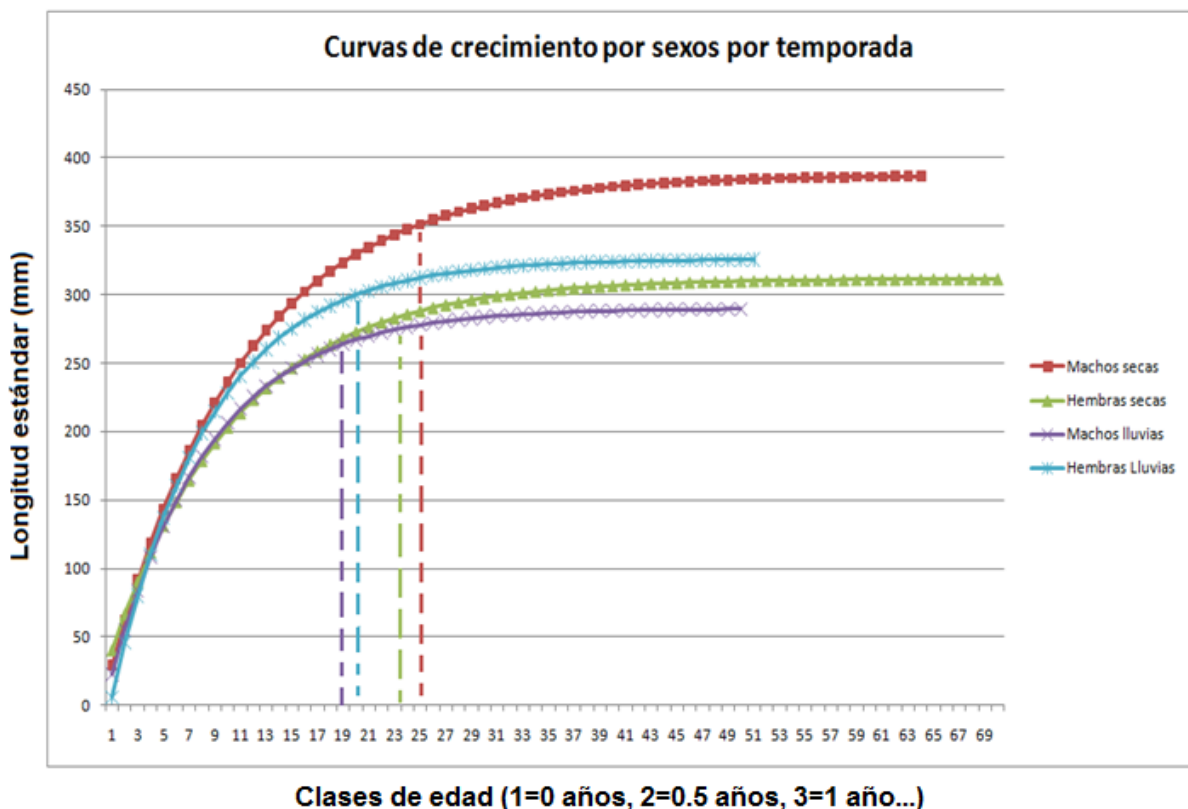


Figura 12. Curvas de crecimiento de machos y hembras de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009 para la temporada de secas y lluvias.

Comparando todo lo anterior, se puede observar que los machos en la temporada de secas tienden a un mayor crecimiento respecto de las hembras; no así en lluvias donde se invierte esta relación, siendo las hembras las que aumentan su potencial de crecimiento en talla.

9.2.2. Método indirecto.

Se estimó la longitud máxima, constante de crecimiento y talla inicial que puede alcanzar *C. trimaculatum* de manera general, por sexos y por temporadas del año; así como por sexos en dichas épocas utilizando las longitudes estimadas para cada clase de edad encontradas por el método de Cassie (1954).

9.2.2.1. Población general.

Con los datos de las longitudes estándar promedio para cada clase de edad encontrada por el método indirecto de Cassie (1954), a través de los métodos de Chapman (1961) y de Ford-Walford (1949) citado por Gómez-Márquez (1994) se obtuvieron los valores de la longitud estándar asintótica o máxima ($L_{\infty}=219$ mm),

constante de crecimiento ($K=0.312$) y talla inicial ($t_0=0.5179$) (con un coeficiente de regresión de las longitudes estándar observadas $r=1$), los cuales fueron sustituidos en la ecuación de crecimiento de Ludwig von Bertalanffy (Bertalanffy, 1938):

$$L_t = 219 (1 - e^{(-0.312 (t - 0.5179)})}$$

En base a lo anterior la longitud máxima se alcanzó a la edad 21 que en este caso representa 21 años; la formación de la asíntota se presentó aproximadamente a la edad de 10 años, con una longitud estándar de 208 mm (Figura 13).

El valor obtenido de la longitud máxima fue menor que el encontrado mediante el método directo (245 mm).

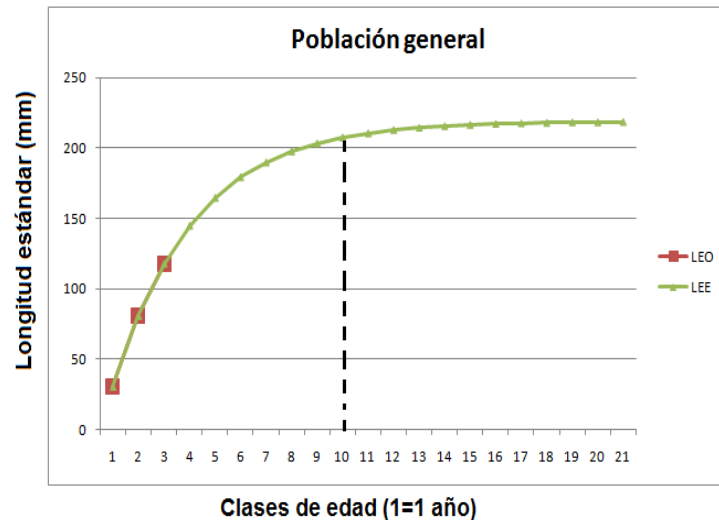


Figura 13. Curva de crecimiento para la población en general de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009 a partir del método indirecto, donde se muestra la relación existente entre los valores de la longitud estándar observada (LEO) y la estimada (LEE). La edad y longitud estándar estimada a la que se forma la asíntota se indica con una línea punteada.

9.2.2.2. Por sexos

Para los machos de la población general se encontraron los siguientes valores de las componentes que conforman la ecuación de crecimiento: $K=0.3136$, $t_0=0.3749$ y $L_{\infty}=253$ mm, con un coeficiente de regresión $r=1$. La ecuación de crecimiento en talla obtenida fue:

$$L_t = 253 (1 - e^{(-0.3136 (t - 0.3749)})}$$

La longitud máxima se alcanzó a los 19 años; mientras que el crecimiento asíntótico se presentó a la edad 10, con una longitud estándar estimada de 241 mm (Figura 14).

En el caso de las hembras los valores de las variables que conforman la ecuación de crecimiento de Ludwig von Bertalanffy (1938) fueron: $K=0.3404$,

$t_0=0.6938$ y $L_\infty=228$ mm; la constante de regresión fue $r=1$. Con base a lo anterior, la ecuación de crecimiento para estimar las longitudes estándar para cada edad fue la siguiente:

$$L_t = 228 (1 - e^{(-0.3404 (t - 0.6938))})$$

La longitud máxima se alcanzó a los 18 años; el crecimiento comenzó a mantenerse constante a la edad de 8 años, con una longitud estándar estimada de 212 mm (Figura 14).

Comparando los valores de la longitud máxima que pudiese alcanzar *C. trimaculatum* por sexo y de manera grafica se pudo observar claramente que los machos tienden a crecer más que las hembras (Figura 14). Analizando los valores obtenidos en el apartado del método directo (388 mm para machos y 299 mm en hembras), vemos que la relación existente entre sexos para la población general es la misma que con este método, aunque con valores inferiores en el presente.

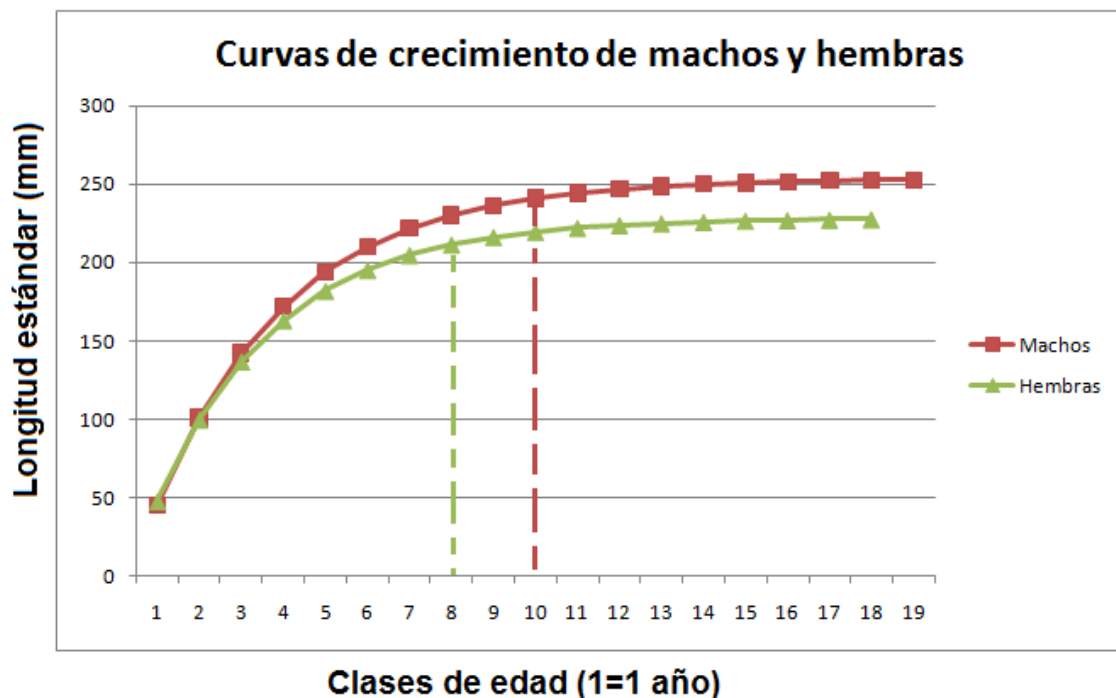


Figura 14. Comparación entre las curvas de crecimiento en talla para machos y hembras de la población general de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009.

9.2.2.3. Por temporadas.

Para la época de secas los componentes de la ecuación de crecimiento de Ludwig von Bertalanffy (Bertalanffy, 1938) fueron: $K=0.4274$, $t_0=0.4460$ y $L_\infty=249$ mm, con un coeficiente de regresión $r=1$. La ecuación de crecimiento quedó de la siguiente manera:

$$L_t = 249 (1 - e^{(-0.4274 (t - 0.4460)})}$$

Se alcanzó la longitud máxima a los 15 años; pero la formación de la asíntota en la curva de crecimiento inició aproximadamente a la edad de 9 años, con una longitud estándar estimada de 243 mm (Figura 15).

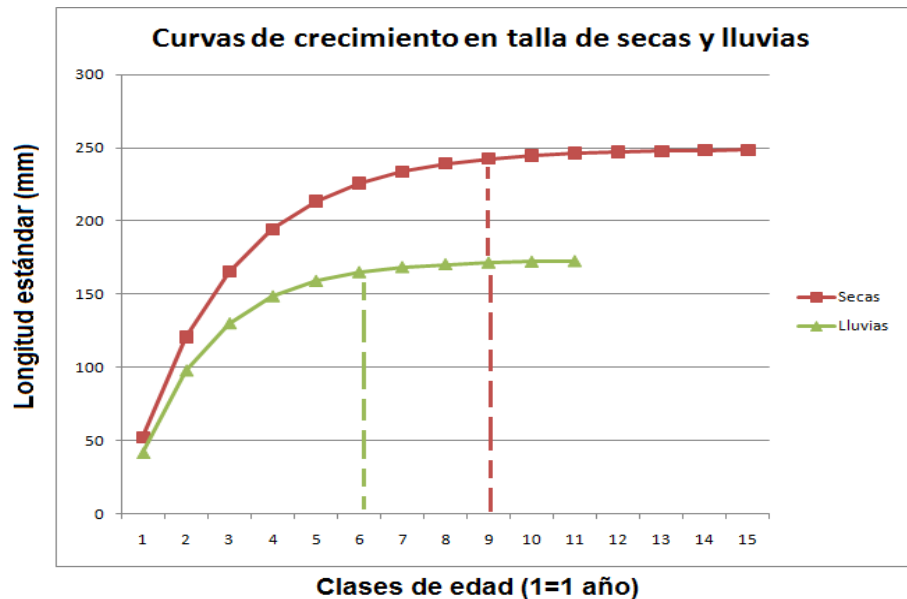
Respecto a lluvias la constante de crecimiento, talla inicial y longitud máxima encontradas fueron $K=0.5597$, $t_0=0.5074$ y $L_\infty=173$ mm respectivamente, con un coeficiente de regresión $r = 1$. En base a lo anterior la ecuación de crecimiento obtenida fue:

$$L_t = 173 (1 - e^{(-0.5074 (t - 0.5074)})}$$

La longitud máxima se alcanzó a la edad 11 y en la curva de crecimiento el incremento en talla comenzó a mantenerse estable la edad 6, con una longitud estándar estimada de 165 mm (Figura 15).

Analizando los resultados anteriores se pudo determinar que en el periodo de secas *C. trimaculatum* tiene un incremento mayor en talla que en lluvias (Figura 15), comparando esto con lo obtenido a través del método directo (277 mm en secas y 269 mm en lluvias), vemos que existe la misma relación entre temporadas, aunque con valores inferiores de longitud máxima por el método indirecto.

Figura 15. Comparación entre las curvas de crecimiento en longitud de la temporada de secas y lluvias de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009. Con líneas punteadas se indica la clase de edad, donde inicia la formación de la asíntota.



9.2.2.3.1. Por sexos en secas y lluvias.

Para los machos en la temporada de secas las variables que conformaron la ecuación de crecimiento en longitud presentaron los siguientes valores: $K=0.2348$, $t_0=0.1227$ y $L_\infty=252$ mm, con un coeficiente de regresión $r=1$, por lo tanto la ecuación de crecimiento obtenida fue:

$$L_t = 252 (1 - e^{(-0.2348 (t-0.1227)})}$$

Se alcanzó la longitud máxima a la edad 24, la formación de la asíntota en la curva de crecimiento se inició a la edad de 13 años, con una longitud estándar de 240 mm (Figura 16).

En cuanto a las hembras en secas los componentes de la ecuación obtenidos fueron: $K=0.3365$, $t_0=0.1755$ y $L_\infty=194$ mm, con un coeficiente de regresión $r=1$, por lo tanto se obtuvo la siguiente ecuación de crecimiento en talla:

$$L_t = 194 (1 - e^{(-0.3365 (t-0.1755)})}$$

La longitud máxima se alcanzó a los 18 años, pero la formación de la asíntota dio inicio aproximadamente a los 8 años y 180 mm (Figura 16).

Respecto a los machos de la temporada de lluvias, se obtuvieron los siguientes valores de las componentes de la ecuación de Ludwig von Bertalanffy (Bertalanffy, 1938): $K=0.3877$, $t_0=0.5652$ y $L_\infty=206$ mm, y un coeficiente de regresión $r=1$. La ecuación obtenida en base a los datos anteriores quedó:

$$L_t = 206 (1 - e^{(-0.3877 (t-0.5652)})}$$

Se alcanzó la longitud máxima a la edad de 17 años, iniciándose la formación de la asíntota aproximadamente a los 9 años y 198 mm (Figura 16).

Para las hembras en esta temporada la constante de crecimiento ($K=0.1178$), talla inicial ($t_0=-0.3981$) y longitud máxima ($L_\infty=382$ mm), con su respectivo coeficiente de regresión ($r=1$), permitieron obtener la siguiente ecuación de crecimiento en talla:

$$L_t = 382 (1 - e^{(-0.1178 (t-0.3981)})}$$

Se llegó a la longitud máxima a la edad 56, la formación de la asíntota en la curva de crecimiento comenzó aproximadamente a la edad 25, con 363 mm (Figura 16).

Comparando todo lo anterior, se puede determinar que los machos en la temporada de secas tienden a crecer más en talla, respecto de las hembras; no

así en lluvias donde se invierte esta relación, siendo las hembras las que aumentan su potencial de crecimiento en talla (Figura 16). Cotejando los resultados obtenidos mediante el método directo (secas: 387 mm para machos y 312 mm en hembras; lluvias: 290 mm en machos y 326 mm para hembras) con el indirecto; vemos que los valores de la longitud máxima fueron superiores para el primer método, excepto en las hembras de la temporada de lluvias donde dicho valor fue superior por el método indirecto, posiblemente influyo en dicho resultado el que existieran pocos ejemplares de este sexo para esta temporada y con longitudes estándar elevadas.

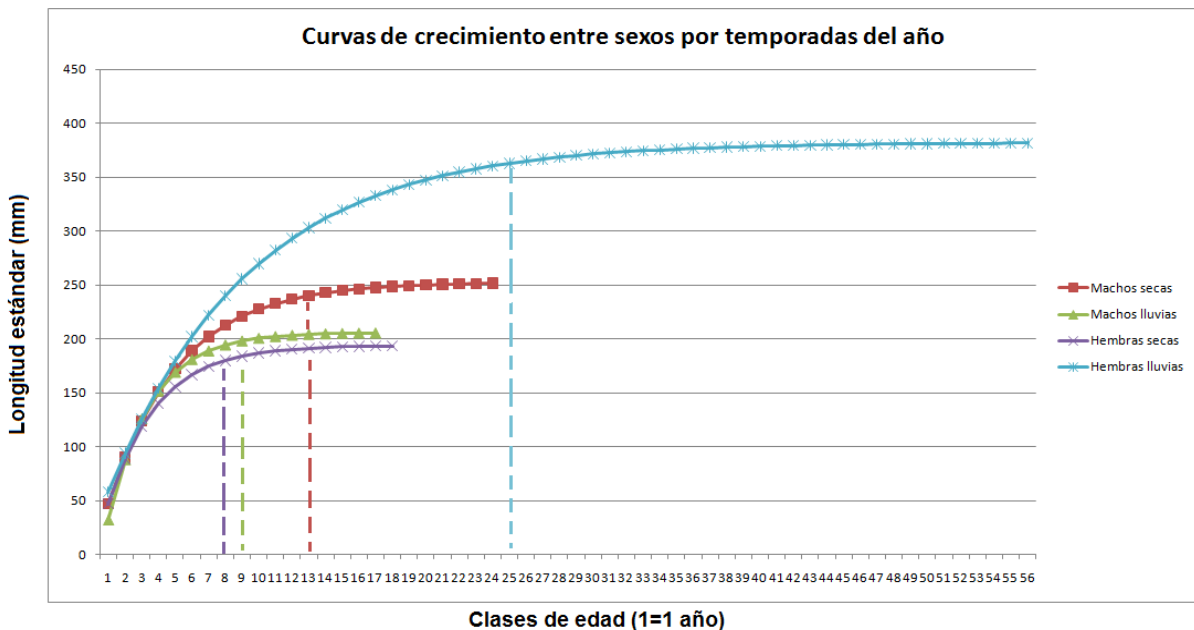


Figura 16. Curvas de crecimiento de machos y hembras para la temporada de secas y lluvias de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009. Con líneas punteadas se indica la edad, a la cual inicia la formación de la asíntota.

9.3. Relación longitud-peso.

Se obtuvieron los siguientes valores de las constantes de regresión potencial entre la longitud estándar y el peso observados para la población general: $q=0.00003$ y $b=3.0665$; el coeficiente de regresión fue $r= 0.992$ (Figura 17). Por lo tanto la ecuación de la relación longitud-peso (RL-P) para la población quedó de la siguiente forma:

$$P=0.00003L^{3.0665}$$

En base al valor de la constante $b=3.0665$, indica que *Cichlasoma trimaculatum* presenta un crecimiento de tipo alométrico positivo, es decir, que los organismos pesan más respecto a su longitud.

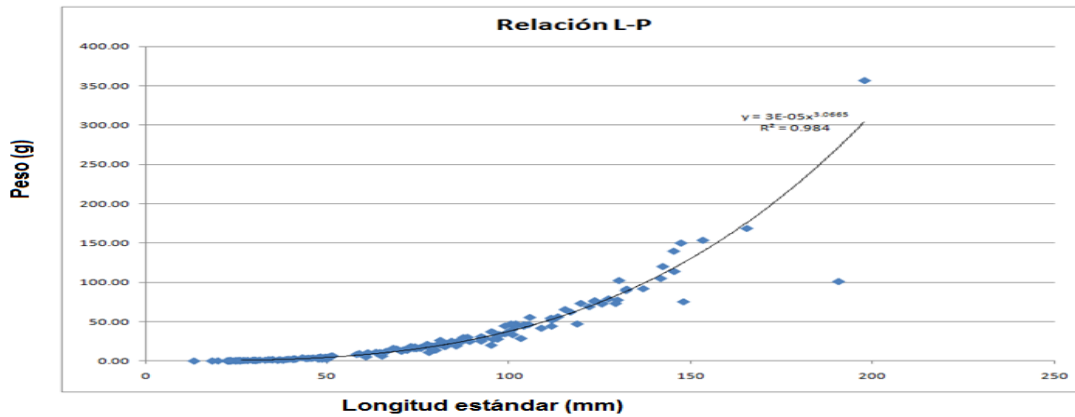


Figura 17. Relación longitud-peso para la población general de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009.

En cuanto a sexos para la población general, en los machos se obtuvieron los siguientes valores de la RL-P: $q=0.00003$ y $b=3.0743$; el coeficiente de regresión fue $r=0.9928$ (Figura 18). Por lo tanto la ecuación de la relación longitud-peso quedó de la siguiente forma:

$$P=0.00003L^{3.0743}$$

El valor de la constante $b=3.0745$ muestra que los machos presentan un crecimiento de tipo alométrico positivo.

Para el caso de las hembras los valores fueron: $q=0.00003$, $b=3.0619$ y $r=0.9977$ (Figura 18), por lo tanto la ecuación de regresión longitud-peso fue:

$$P=0.00003L^{3.0619}$$

En base al valor de la pendiente se determinó que este sexo presenta un crecimiento alométrico positivo al igual que en machos.

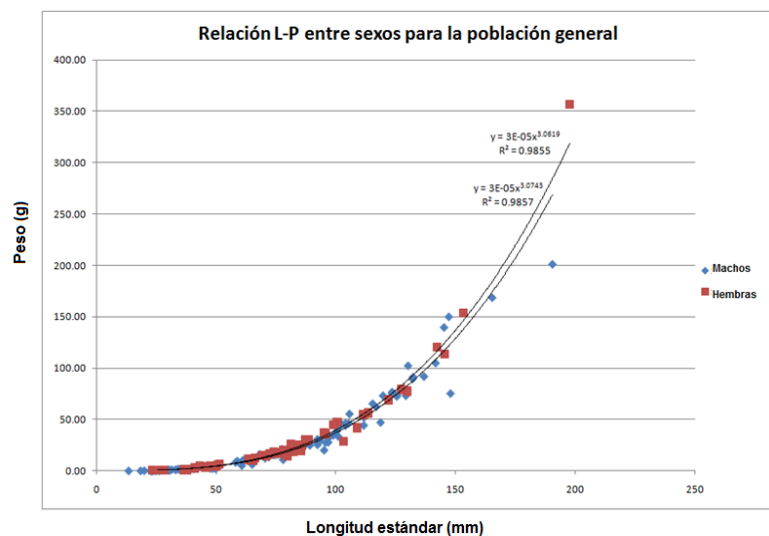


Figura 18. Comparación entre las relaciones longitud-peso por sexos para la población de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009.

Por temporadas del año, en secas los valores de las variables de la relación longitud-peso fueron $q=0.00003$ y $b=3.0376$, con un coeficiente de regresión $r=0.9944$ (Figura 19); por lo que la ecuación quedó del siguiente modo:

$$P=0.00003L^{3.0376}$$

Con ello se encontró que el tipo de crecimiento en secas es alométrico positivo.

Debido a que el valor de la pendiente obtenida estaba muy próximo a 3.0, se procedió a probar estadísticamente si el valor de b era significativamente diferente a 3.0; se obtuvo un valor de $\hat{t}=2.6809$ que es mayor al de las tablas de t (1.6545), con una probabilidad acumulada de 0.950, lo que indica diferencias significativas entre el valor de b y el 3.0.

Para lluvias las componentes fueron $q=0.00002$ y $b=3.1267$, con un coeficiente de regresión $r=0.9942$ (Figura 19). La ecuación quedó como sigue:

$$P=0.00002L^{3.1267}$$

El tipo de crecimiento encontrado para esta temporada fue nuevamente alométrico positivo.

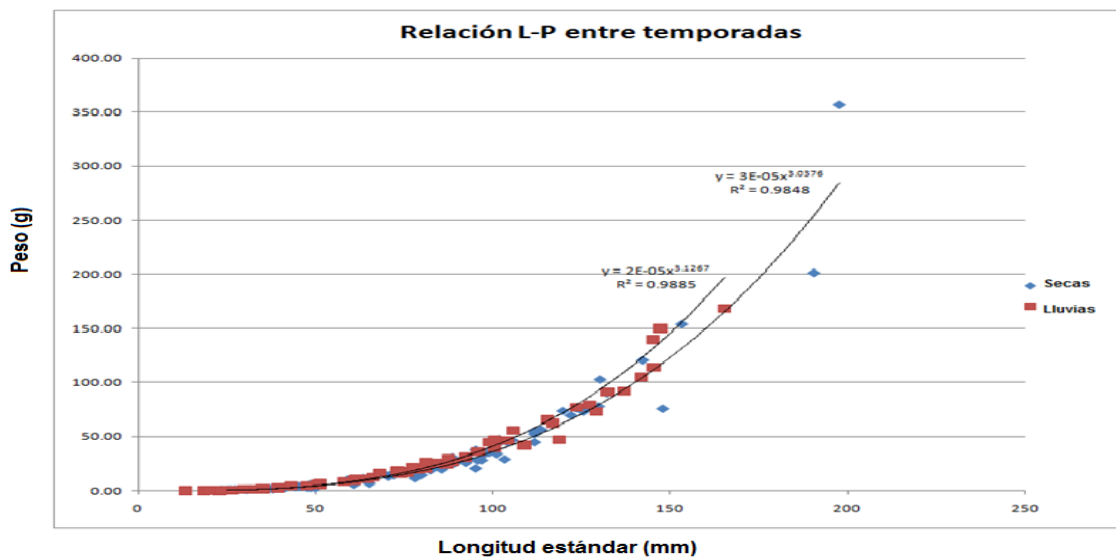


Figura 19. Comparación entre las relaciones longitud-peso de secas y lluvias para la población de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009.

Por sexos para las temporadas; los machos en secas presentaron los siguientes valores en las componentes de la relación longitud-peso: $q=0.00003$, $b=3.015$ y $r=0.9917$ (Figura 20) con lo que se determinó un crecimiento alométrico positivo; por ello se obtuvo la siguiente ecuación:

$$P=0.00003L^{3.015}$$

Se probó si el valor de b era significativamente diferente a 3.0 por lo que se obtuvo una \hat{t} de 2.8385 que es mayor al valor de las tablas de t (1.656), se asumió que existe una diferencia significativa entre ambos valores.

En las hembras de la temporada de secas el tipo de crecimiento encontrado fue también alométrico positivo, como lo indicaron los valores de la regresión potencial: $q=0.00003$, $b=3.0769$ y $r=0.994$ (Figura 20); por lo tanto la relación longitud-peso fue:

$$P=0.00003L^{3.0769}$$

Para lluvias en los machos se encontró que el tipo de crecimiento fue alométrico positivo al igual que en los resultados anteriores, los valores de la regresión fueron: $q= 0.00002$, $b=3.1369$ y $r=0.9946$ (Figura 20); con lo que se obtuvo la siguiente ecuación de la RL-P:

$$P=0.00002L^{3.1369}$$

Finalmente el tipo de crecimiento en hembras para lluvias fue alométrico negativo, es decir, tiene un aumento en peso menor a lo esperado para su longitud; esto se determinó por los siguientes valores de las componentes de la regresión: $q= 0.0001$, $b=2.7619$ y $r=0.9942$ (Figura 20); la ecuación de la relación longitud-peso quedó:

$$P=0.00001L^{2.7619}$$

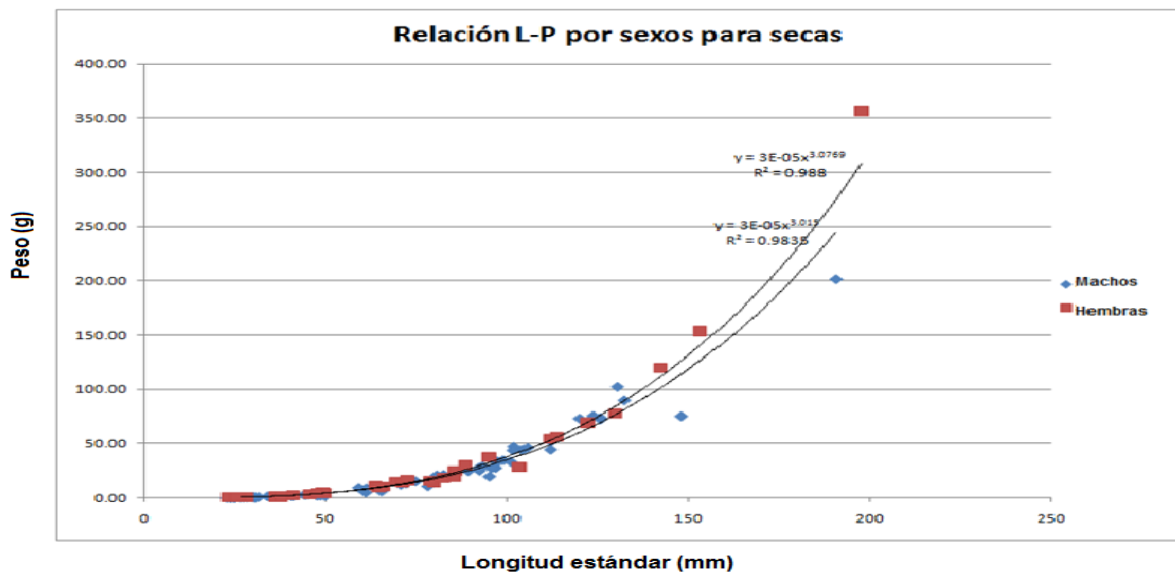


Figura 20. Relación longitud-peso entre machos y hembras para la época de secas para la población general de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009.

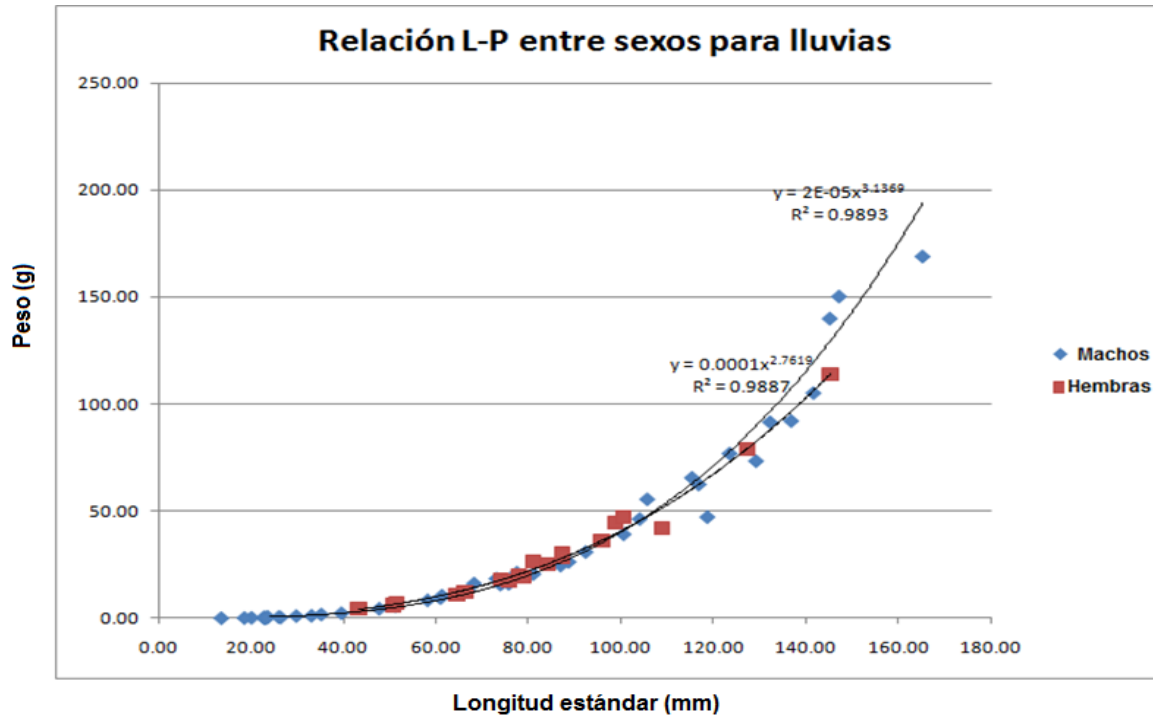


Figura 21. Relación longitud-peso entre machos y hembras para lluvias para la población general de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009.

9.4. Crecimiento en peso.

9.4.1. Método directo.

Mediante la longitud estándar máxima, constante de crecimiento y talla inicial que se obtuvieron por el método directo del apartado de crecimiento en talla, y la pendiente de la regresión longitud-peso, se estimó el peso total máximo que puede alcanzar la población general de *C. trimaculatum*, por sexos, temporadas del año y entre machos y hembras para dichas épocas.

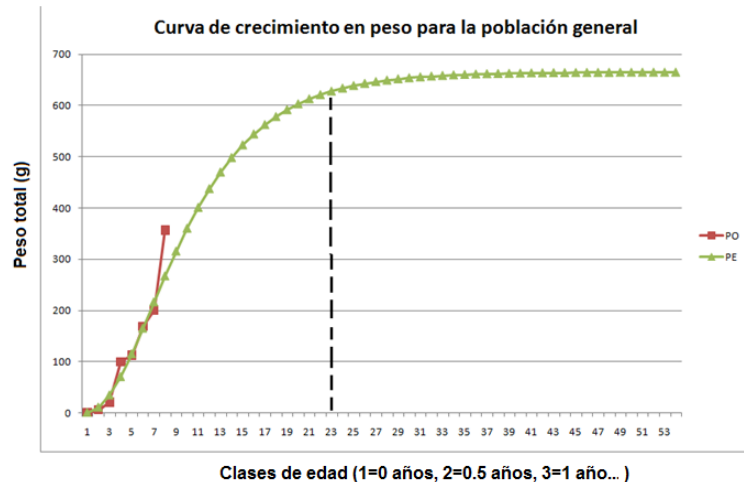
9.4.1.1. Población general.

Con los valores de la longitud asíntótica ($L_{\infty}=245$ mm) para la población general del método directo y la abscisa y la pendiente de la relación longitud-peso ($q=0.00003$ y $b=3.0665$ respectivamente) se obtuvo un peso máximo de $P_{\infty}=665$ g. Tomando en cuenta el valor del peso máximo y la pendiente, así como la constante de crecimiento ($K=0.1735$) y talla inicial ($t_0=0.2402$) del apartado de crecimiento en longitud; la ecuación de crecimiento en peso quedó de la siguiente forma:

$$P_t = 665 (1 - e^{(-0.1735 (t - 0.2402)})^{3.0665}}$$

Se alcanzó el peso máximo a la edad 54 (26.5 años), la formación de la asíntota en la curva de crecimiento inicio a la edad 23 (11 años), con 628 g; lo anterior indica que alrededor de ese peso es lo máximo que pueden alcanzar los organismos naturalmente aunque tienen el potencial de llegar al peso total máximo estimado (Figura 21).

Figura 21. Curva de crecimiento en peso para la población de *C. trimaculatum* donde se aprecia la relación entre los valores de los pesos totales observados (PO) y de los pesos totales estimadas (PE) para cada clase de edad. La línea punteada indica la edad a la cual el crecimiento en peso se volvió asíntótico.



9.4.1.2. Por sexos.

Para los machos, empleando la longitud máxima de este sexo del método directo ($L_{\infty}=388$ mm) así como las variables de la relación longitud-peso ($q=0.00003$ y $b=3.0743$ respectivamente) se obtuvo un peso máximo $P_{\infty}= 2737$ g. Con los datos del peso máximo, pendiente de la RL-P, la constante de crecimiento y talla inicial ($K=0.0914$ y $t_0=0.0394$ respectivamente), se obtuvo la siguiente ecuación:

$$P_t = 2737 (1 - e^{(-0.0914 (t - 0.0394)})^{3.0743}}$$

Se alcanzó el peso máximo a la edad 105 (52 años), pero la formación de la asíntota en la curva de crecimiento se dio a la edad 46 (22.5 años), con 2104 g (Figura 22). Dichos resultados en el medio natural son poco probables que se presenten por lo que pueden estar influenciados diversos factores que habrá que discutir más adelante.

En cuanto a las hembras, el peso máximo fue $P_{\infty}= 1144$ g (obtenido a través de la $L_{\infty}=299$ mm, $q=0.00003$ y $b=3.0619$), sustituyendo dicho valor, con el de la pendiente, el de la constante de crecimiento ($K=0.1087$) y la talla inicial ($t_0=0.3413$) obtenidas en el apartado de crecimiento en talla para este sexo, se generó la siguiente ecuación de crecimiento en peso:

$$P_t = 1144 (1 - e^{(-0.1087 (t - 0.3413)})^{3.0619}}$$

Se alcanzó el peso máximo a la edad 82 (40.5 años); mientras que la formación de la asíntota en la curva de crecimiento se inicio a la edad 33 (16 años), con un peso total estimado de 1053 g (Figura 22).

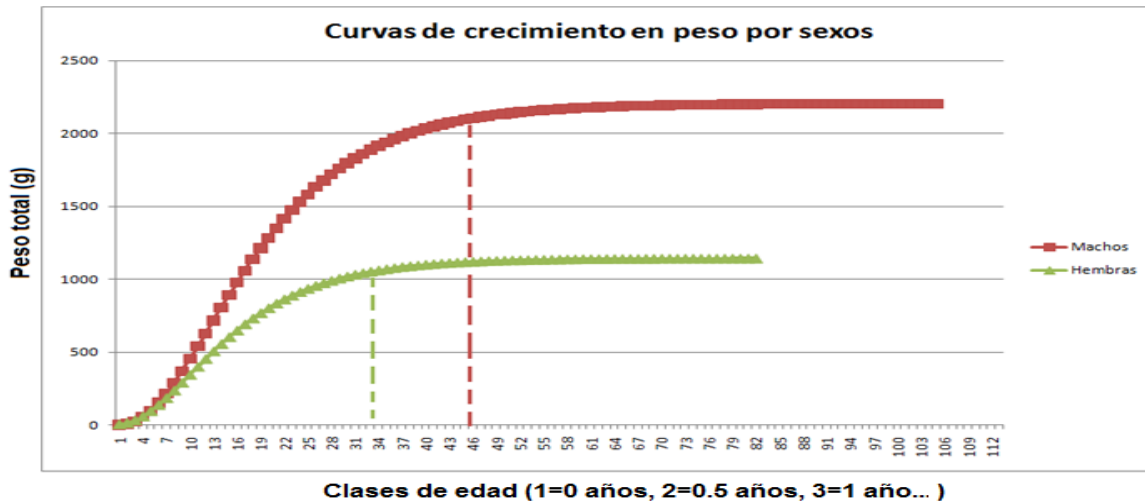


Figura 22. Curvas de crecimiento de machos y hembras para la población general de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009. Las líneas punteadas señalan las edades a la que iniciaron las asíntotas en cada curva de crecimiento.

Observando la comparación de las curvas de crecimiento en peso, se vio claramente que los machos tienden a pesar más que las hembras.

9.4.1.3. Por temporadas.

En secas mediante las variables de la relación longitud-peso ($q=0.00003$ y $b=3.0376$) y la longitud máxima ($L_{\infty}=277$ mm) se registró un peso máximo de 1026 g. Empleando el valor de la pendiente de la RL-P, la constante de crecimiento para esta temporada ($K=0.1372$) y la talla inicial ($t_0=0.0641$) se generó la siguiente ecuación de crecimiento en peso:

$$P_t = 1026 (1 - e^{(-0.1372 (t - 0.0641)})^{3.0376}}$$

Se alcanzó el peso máximo a la edad 70 (34.5 años); el inicio de la asíntota se presentó a la edad 32(15.5 años), con 987 g (Figura 23).

Respecto a lluvias el peso máximo fue $P_{\infty}= 791$ g (a partir de la $L_{\infty}=269$ mm, $q=0.00002$ y $b=3.1267$), sustituyendo el valor anterior junto con la pendiente de la RL-P, constante de crecimiento ($K=0.1475$) y talla inicial ($t_0=0.4896$), se obtuvo la siguiente ecuación:

$$P_t = 791 (1 - e^{(-0.1475 (t - 0.4896)})^{3.1267}}$$

El peso máximo se presentó a la edad 72 (35.5 años), por su parte la formación de la asíntota lo hizo a la edad 28 (13.5 años), con 629 g (Figura 23).

Comparando los pesos máximos y las curvas de crecimiento entre temporadas del año, se pudo determinar que en el periodo de secas *C. trimaculatum* tiende a tener un crecimiento en peso mayor que en lluvias (Figura 23).

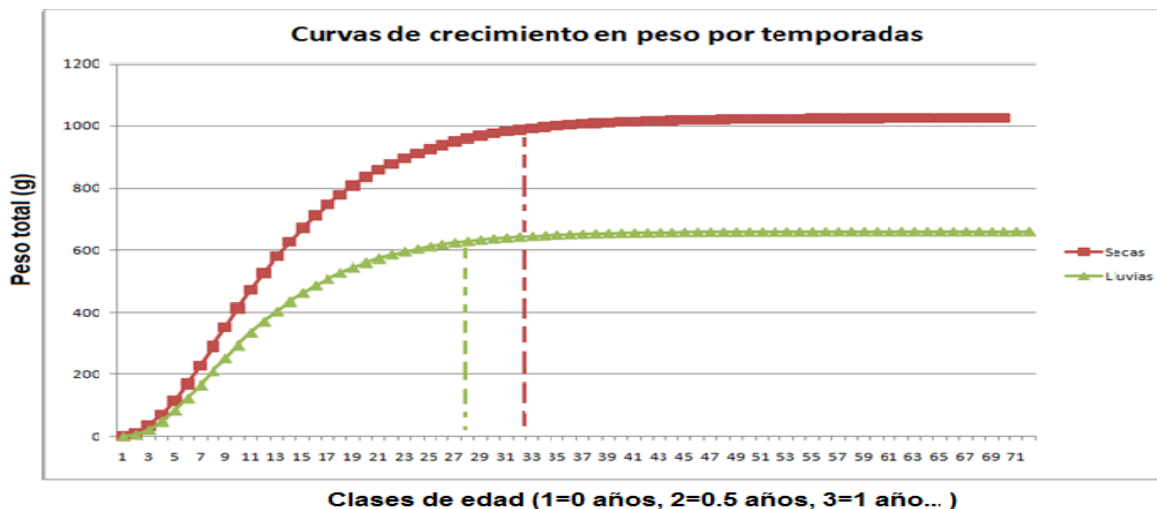


Figura 23. Curvas de crecimiento para la población de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009 en secas y lluvias; las líneas punteadas señalan las edades a las cuales se inició la asíntota correspondiente.

9.4.1.3.1. Por sexos en secas y lluvias.

En secas se encontró para los machos un peso máximo de $P_{\infty}=1908$ g (a partir de $L_{\infty}=387$ mm, $q=0.00003$ y $b=3.015$), sustituyendo este valor con el de la constante de crecimiento ($K=0.0957$), talla inicial ($t_0=0.1766$) y pendiente de la RL-P, se obtuvo la siguiente ecuación de crecimiento en peso:

$$P_t = 1908 (1 - e^{(-0.1766 (t - 0.0957)})^{3.015}}$$

Se alcanzó el peso máximo a la edad 98 (48.5 años) y la formación de la asíntota en la curva de crecimiento a la edad 45 (22 años), con 1830 g (Figura 24).

Para hembras en secas el peso máximo fue $P_{\infty}=1414$ g, obtenido a través de $L_{\infty}=312$ mm, $q=0.00003$ y $b=3.0769$. Con los valores de $K=0.1019$, $t_0=0.3631$, $b=3.0769$ y $P_{\infty}=1414$ g la ecuación de crecimiento en peso quedó:

$$P_t = 1414 (1 - e^{(-0.1019 (t - 0.3631)})^{3.0769}}$$

El peso máximo se presentó a la edad 89 (44 años) y el inicio de la asíntota en la curva de crecimiento a la edad 40 (19.5 años), con 1344 g (Figura 24).

Respecto a la temporada de lluvias; para machos se encontró un peso máximo $P_{\infty}=1060$ g (con una $L_{\infty}=290$ mm, $q=0.00002$ y $b=3.1369$), a su vez empleando dicho valor más la pendiente de la relación longitud-peso y las

variables de la ecuación de crecimiento en longitud $K=0.1219$ y $t_0=0.3731$, se generó la siguiente ecuación de crecimiento en peso:

$$P_t = 1060 (1 - e^{(-0.1219 (t - 0.3731)})^{3.1369}}$$

Se llegó al peso máximo a la edad 69 (34 años); mientras que la asíntota inició a la edad 32 (15.5 años), con 1005 g (Figura 24).

Finalmente en hembras el peso máximo obtenido fue $P_\infty=1310$ g (a través de una $L_\infty=326$ mm, $q=0.00001$ y $b=2.7619$), mediante dicho valor con el de la pendiente de la RL-P, $K=0.1317$ y $t_0=0.8572$ de la ecuación de crecimiento en longitud, se obtuvo la siguiente fórmula de crecimiento en peso:

$$P_t = 1310 (1 - e^{(-0.1317 (t - 0.8572)})^{2.7619}}$$

El peso máximo se presentó a la edad 66 (32.5 años); en la curva de crecimiento el incremento en peso se vuelve asíntótico a la edad 32 (15.5 años), con 1243 g (Figura 24).

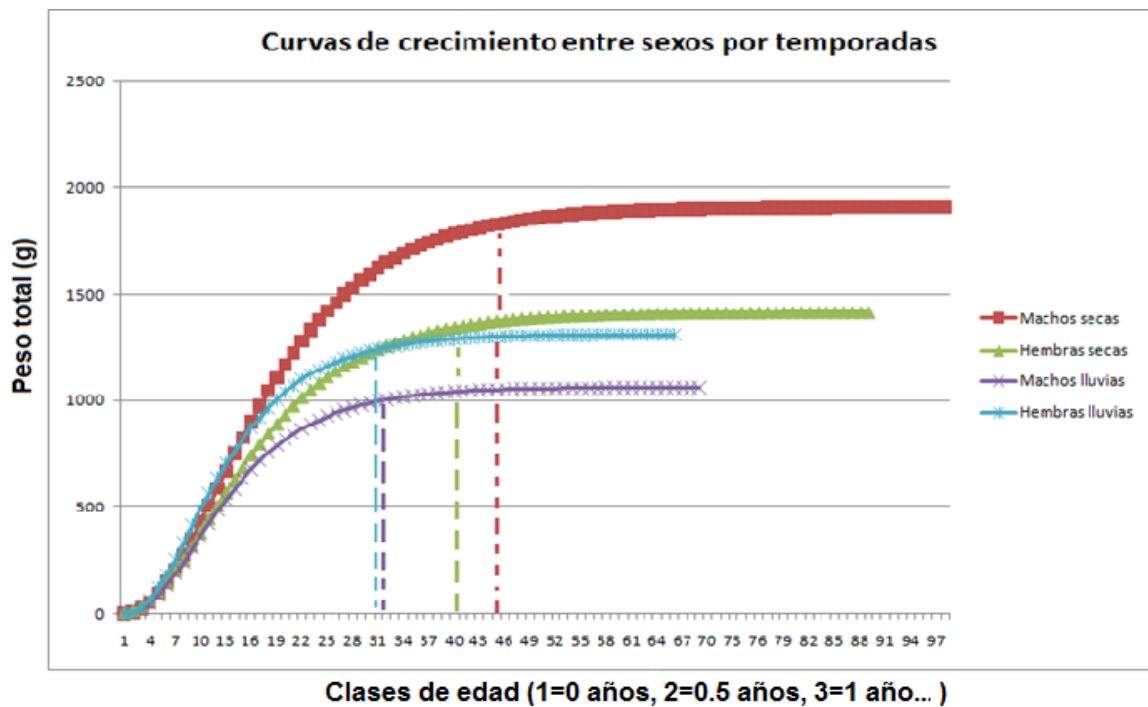


Figura 24. Curvas de crecimiento en peso para la población de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009 por sexos por temporadas del año; con líneas punteadas se indica la edad a la cual inicio la asíntota.

Analizando las curvas de crecimiento entre sexos por temporada, para la época de secas el crecimiento en peso fue mayor en machos que en hembras; no así en lluvias, donde el incremento en peso fue superior para hembras que para machos.

9.4.2. Método indirecto.

Mediante la longitud estándar máxima, constante de crecimiento y talla inicial que se obtuvieron por el método indirecto del apartado de crecimiento en talla, y la pendiente de la regresión longitud-peso, se estimó el peso total máximo que puede alcanzar la población general de *C. trimaculatum*, por sexos, temporadas del año y entre machos y hembras para dichas épocas.

9.4.2.1. Población general.

Con los valores de la longitud máxima ($L_{\infty}=219$ mm) para la población general del método indirecto y la abscisa y pendiente de la relación longitud-peso ($q=0.00003$ y $b=3.0665$), se obtuvo un peso máximo de $P_{\infty}=471$ g. Tomando en cuenta el valor del peso máximo y la pendiente, así como la constante de crecimiento ($K=0.312$) y talla inicial ($t_0=0.5179$) del apartado de crecimiento en longitud, la ecuación de crecimiento en peso quedó de la siguiente forma:

$$P_t = 471 (1 - e^{(-0.312 (t - 0.5179)})^{3.0665}}$$

Se alcanzó el peso máximo a la edad de 27 años, la formación de la asíntota en la curva de crecimiento inicio a la edad 15, con 455 g (Figura 25).

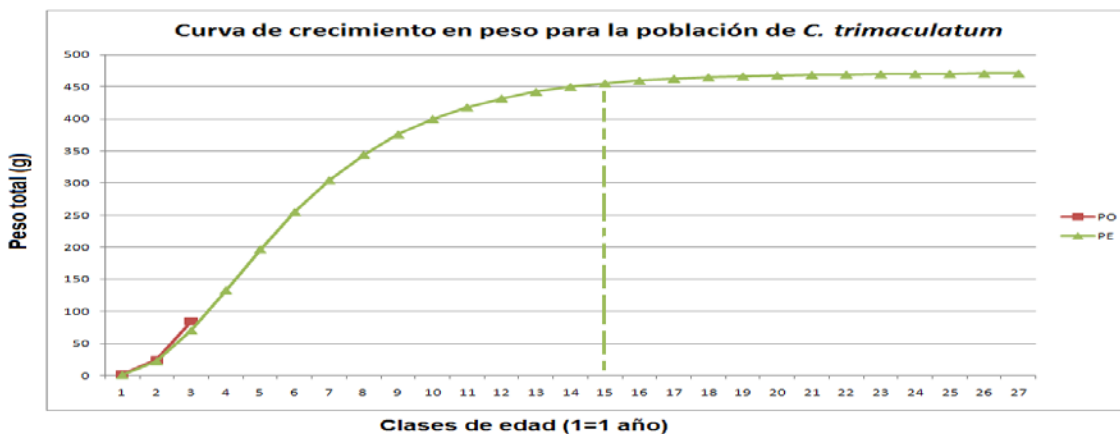


Figura 25. Curva de crecimiento en peso para la población de *C. trimaculatum* donde se aprecia la relación entre los valores de los pesos totales observados (PO) y de los pesos totales estimados (PE) para cada clase de edad. La línea punteada indica la edad a la cual el incremento en peso comenzó a mantenerse constante.

9.4.2.2. Por sexos.

Para los machos de la población en general, se empleó la longitud máxima de este sexo obtenida por el método indirecto ($L_{\infty}=253$ mm), así como las variables de la relación longitud-peso ($q=0.00003$ y $b=3.0743$), con lo que se obtuvo un peso máximo $P_{\infty}=733$ g. Con los datos del peso máximo, pendiente de

la RL-P, la constante de crecimiento y talla inicial ($K=0.3136$ y $t_0=0.3749$ respectivamente), se obtuvo la siguiente ecuación:

$$P_t = 733 (1 - e^{(-0.0.3136 (t - 0.3749))})^{3.0743}$$

Se alcanzó el peso máximo a los 28 años, pero la formación de la asíntota en la curva de crecimiento se dio a los 15 años, con un peso total de 710 g (Figura 26).

En cuanto a las hembras el peso máximo fue $P_{\infty}= 498$ g (obtenido a través de la $L_{\infty}=228$ mm, $q=0.00003$ y $b=3.0619$), sustituyendo dicho valor con el de la pendiente, el de la constante de crecimiento ($K=0.3404$) y la talla inicial ($t_0=0.6938$) obtenidas en el apartado de crecimiento en talla para este sexo, se generó la siguiente ecuación de crecimiento en peso:

$$P_t = 498 (1 - e^{(-0.3404 (t - 0.6938))})^{3.0619}$$

Se encontró que el peso máximo se alcanza a la edad 29; mientras que la formación de la asíntota en la curva de crecimiento se inicio a la edad 13, con un peso total estimado de 478 g (Figura 26).

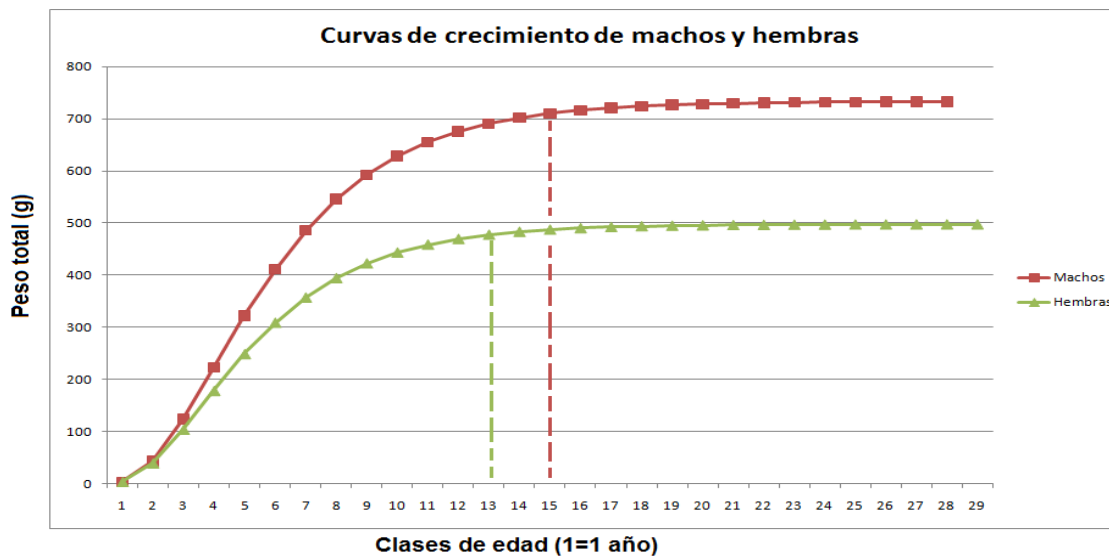


Figura 26. Curvas de crecimiento de machos y hembras para la población general de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009; las líneas punteadas señalan las edades a la que iniciaron las asíntotas en cada curva de crecimiento.

Observando la comparación de las curvas de crecimiento en peso por sexos para la población en general, se notó claramente que los machos tienden a pesar más que las hembras. Comparando esta relación entre sexos, se pudo ver que es la misma que se encontró por el método directo, aunque con pesos inferiores (2737 g para machos y 1144 g en hembras).

9.4.2.3. Por temporadas.

En secas mediante las variables de la relación longitud-peso ($q=0.00003$ y $b=3.0376$) y la longitud máxima para esta temporada ($L_{\infty}=249$ mm), se registró un peso máximo de $P_{\infty}= 739$ g. Empleando el valor de la pendiente de la RL-P, la constante de crecimiento para esta temporada ($K=0.4274$) y la talla inicial ($t_0=0.4460$), se generó la siguiente ecuación de crecimiento en peso:

$$P_t = 739 (1 - e^{(-0.4274 (t-0.4460)})^{3.0376}}$$

Se alcanzó el peso máximo a la edad de 23 años; el inicio de la asíntota se presentó a la edad 11, con 714 g (Figura 27).

Respecto a lluvias el peso máximo fue $P_{\infty}= 199$ g (a partir de la $L_{\infty}=173$ mm, $q=0.00002$ y $b=3.1267$), sustituyendo el valor anterior junto con la pendiente de la RL-P, constante de crecimiento ($K=0.5597$) y talla inicial ($t_0=0.5074$), se obtuvo la siguiente ecuación:

$$P_t = 199 (1 - e^{(-0.5597 (t-0.5074)})^{3.1267}}$$

El peso máximo se presentó a la edad de 13 años, por su parte la formación de la asíntota lo hizo a la edad 7, con 172 g (Figura 27).

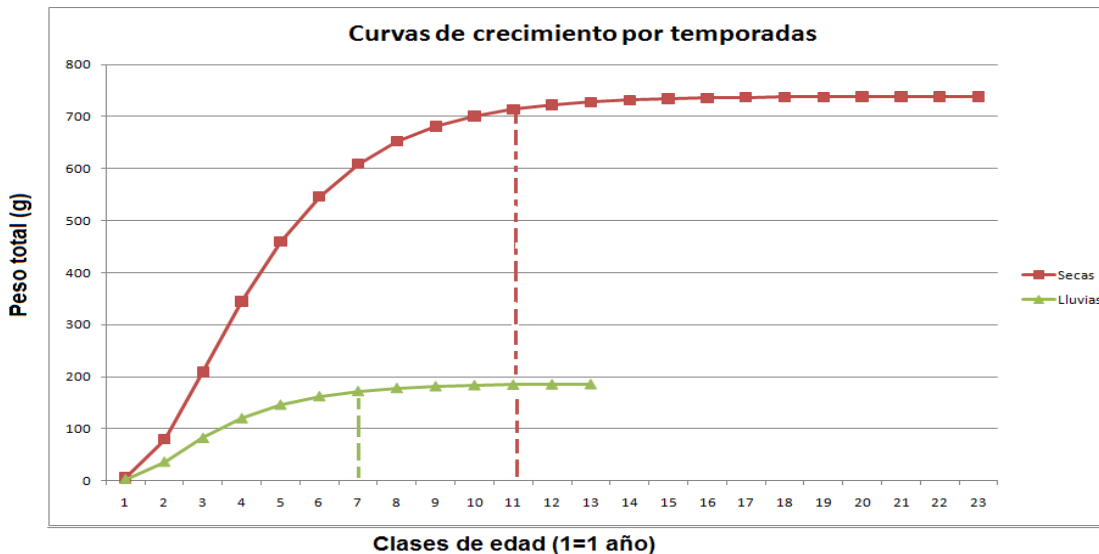


Figura 27. Curvas de crecimiento de *C.trimaculatum* para secas y lluvias en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009.

; las líneas punteadas señalan las edades a las cuales se inició la asíntota correspondiente.

Comparando los pesos máximos y las curvas de crecimiento entre temporadas del año, se pudo determinar que en el periodo de secas *C.*

trimaculatum tiende a tener un crecimiento muy superior que en lluvias (se encontró lo mismo con el método directo).

9.4.2.3.1. Por sexos en secas y lluvias.

En secas se encontró para los machos un peso máximo de $P_{\infty}=522$ g (a partir de: $L_{\infty}= 249$ mm, $q=0.00003$ y $b=3.015$), sustituyendo este valor con el de la constante de crecimiento ($K=0.2348$), talla inicial ($t_0=0.1227$) y pendiente de la RL-P, se obtuvo la siguiente ecuación de crecimiento en peso:

$$P_t = 522 (1 - e^{(-0.2348 (t-0.1227))})^{3.015}$$

Una vez calculados los pesos totales estimados por clase de edad, se alcanzó el peso máximo a la edad 41 y la formación de la asíntota en la curva de crecimiento a la edad 17, con 492 g (Figura 28).

Para hembras en secas el peso máximo fue $P_{\infty}=328$ g, obtenido a través de $L_{\infty}=194$ mm, $q=0.00003$ y $b=3.0769$. Con los valores de $K=0.2348$, $t_0=0.1227$, $b=3.0769$ y $P_{\infty}=328$ g la ecuación de crecimiento en peso quedó:

$$P_t = 328 (1 - e^{(-0.2348 (t-0.1227))})^{3.0769}$$

El peso máximo se presentó a la edad 21 y el inicio de la asíntota en la curva de crecimiento a la edad 11, con 303 g (Figura 28).

Respecto a la temporada de lluvias; para machos se encontró un peso máximo $P_{\infty}= 363$ g (con una $L_{\infty}=206$ mm, $q=0.00002$ y $b=3.1369$), a su vez empleando dicho valor más la pendiente de la relación longitud-peso y las variables de la ecuación de crecimiento en longitud $K=0.3877$ y $t_0=0.5652$, se generó la siguiente ecuación de crecimiento en peso:

$$P_t = 363 (1 - e^{(-0.3877 (t-0.5652))})^{3.1369}$$

Se llegó al peso máximo a la edad 21; mientras que la asíntota se formó aproximadamente a la edad 11, con 343 g (Figura 28).

Finalmente en hembras el peso máximo obtenido fue $P_{\infty}= 1353$ g (a través de una $L_{\infty}=382$ mm, $q=0.00001$ y $b=2.7619$), mediante dicho valor con el de la pendiente de la RL-P, $K=0.1178$ y $t_0=-0.3981$ de la ecuación de crecimiento en longitud, se obtuvo la siguiente fórmula de crecimiento en peso:

$$P_t = 1353 (1 - e^{(-0.1178 [t - (-0.3981)])})^{2.7619}$$

El peso máximo se presentó a la edad 75; en la curva de crecimiento el incremento en peso comenzó a mantenerse constante aproximadamente a la edad

36, con 902 g (Figura 28). Cabe resaltar que la edad a la que se alcanza el crecimiento máximo como la asíntota resultan irreales, debido posiblemente a que se contó con muy pocos organismos de este sexo para la época de lluvias.

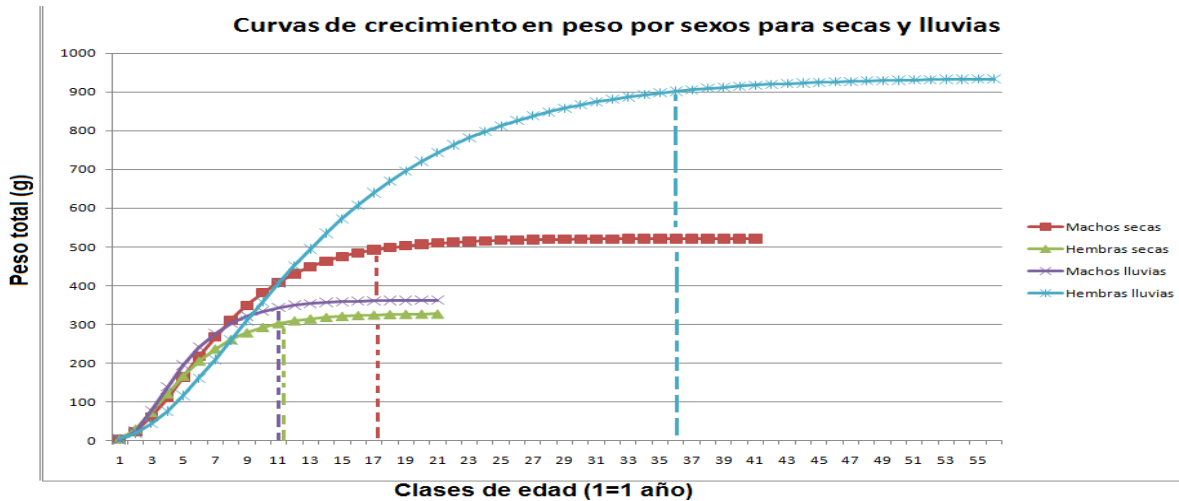


Figura 28. Curvas de crecimiento en peso para sexos por temporadas del año para la población de *C. trimaculatum* en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009.

; con líneas punteadas se indica la edad a la cual inicio la asíntota.

Analizando las curvas de crecimiento entre sexos, para la época de secas el crecimiento en peso fue mayor en machos que en hembras; no así en lluvias, donde el incremento en peso fue muy superior para hembras que para machos. Comparando estos resultados con los obtenidos por el método directo, vemos que la relación existente entre machos y hembras por temporadas del año fue la misma, aunque con valores superiores (secas: 1908 g para machos y 1414 g en hembras; lluvias: 1060 g en machos y 1310 g en hembras).

9.5. Etapas de madurez.

De los 173 organismos colectados, se utilizaron para el apartado de madurez 157 ejemplares, 113 machos y 44 hembras; los 16 organismos faltante no se pudieron emplear, ya que cinco serán empleados en un estudio de genética posterior y 11 presentaron contenido abdominal degradado (líquido), debido a que el formol no penetra a sus órganos y no se fijaron ni conservaron.

De acuerdo a la clasificación empírica de Nikolsky (1963), citada en Rodríguez-Gutiérrez (1992), se encontraron 39 organismos en estadio I, 69 en el estadio II, 41 en el estadio III, 7 en estadio IV y uno en el estadio V. Por sexos los machos presentaron cuatro estadios (I-IV) y las hembras cinco (I-V). En cuanto a

épocas del año, en lluvias se encontraron 45 machos con tres estadios (I-III) y 19 hembras con cuatro estadios (I-IV); para secas 68 machos con cuatro estadios (I-IV) y 25 hembras con cinco estadios (I-V). En base a lo anterior se infirió que en secas es la época de reproducción, ya que fue donde se encontró un organismo en el estadio V (Tabla 8).

Tabla 8. Número de organismos de cada sexo por cada grado de madurez (GMN) de la escala empírica de Nikolsky (1963) y por época del año.

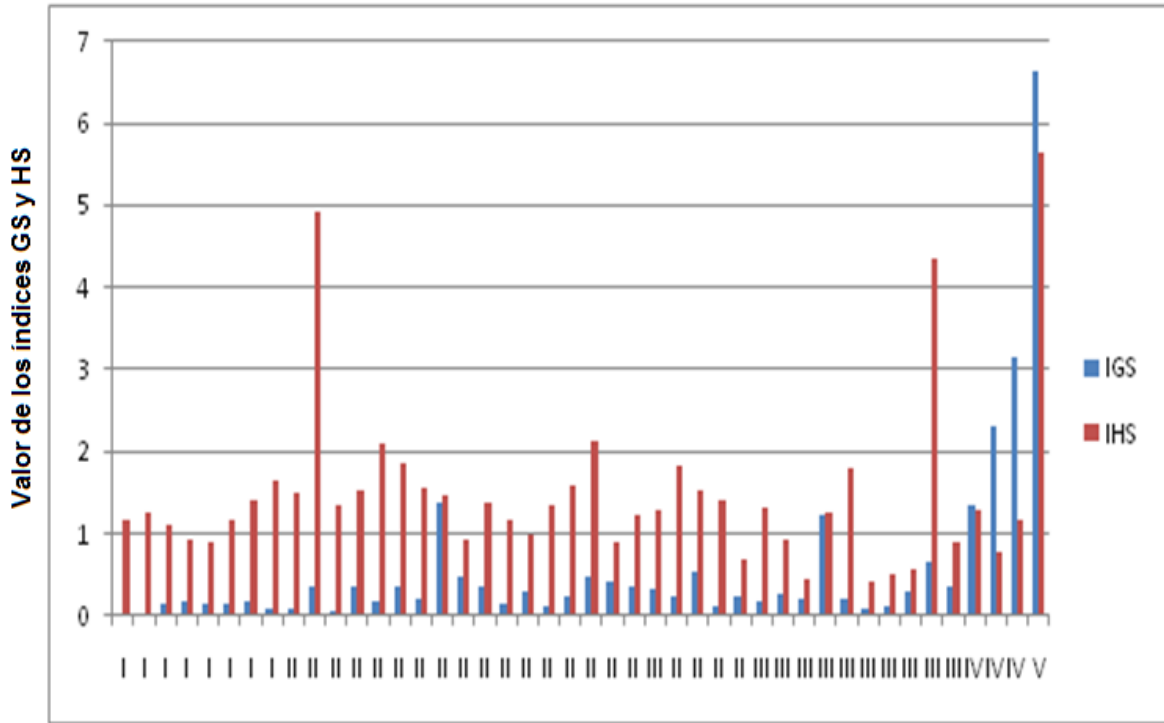
GMN	Población		Secas		Lluvias	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras
I	31	8	18	7	13	1
II	47	22	30	14	17	8
III	31	10	16	1	15	9
IV	4	3	4	2		1
V		1		1		

9.6. Comparación entre el índice Gonadosomático y Hepatosomático.

Se obtuvieron los índices Gonadosomático y Hepatosomático para cada uno de los 157 organismos analizados y por sexo, tomando como referencia el grado de madurez según la escala empírica de Nikolsky (1963), para la población general y sexo se hizo también por época del año.

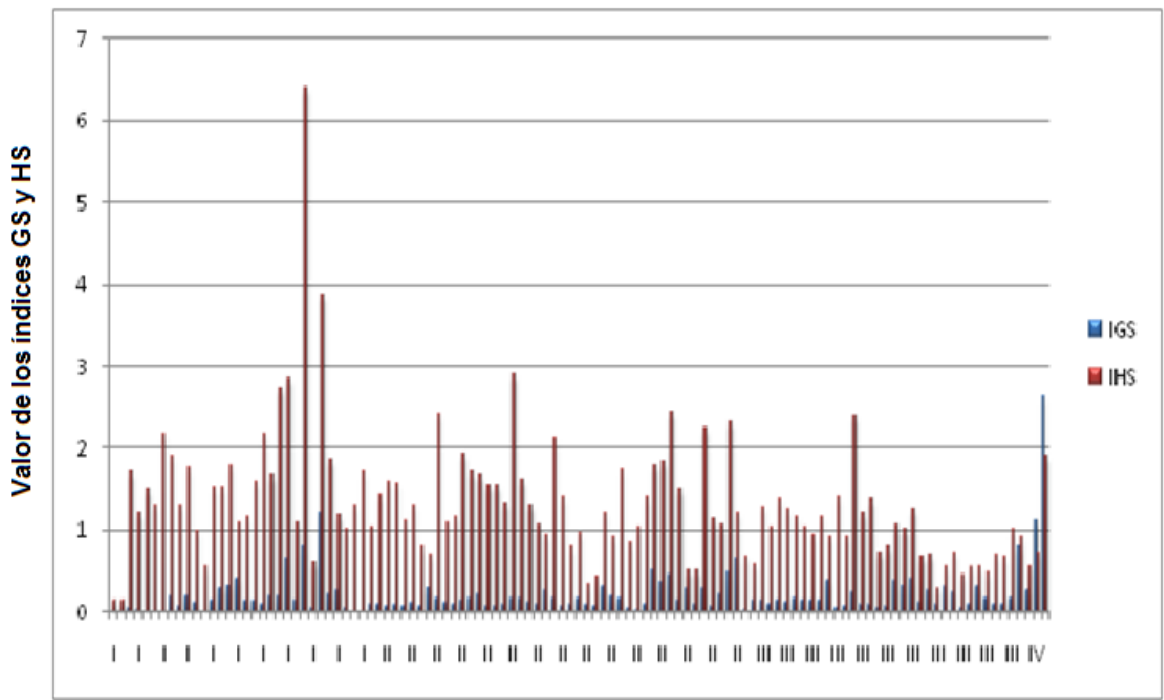
9.6.1. Población general.

Los valores de los índices Gonadosomático (IGS) y Hepatosomático (IHS) de las 44 hembras (Figura 29) y 113 machos (Figura 30) analizados mostraron que en el estadio IV se da el mayor incremento del IGS y disminuye el IHS, esto indica que en esta etapa se está iniciando el periodo reproductivo; pero fue en el estadio V donde el IGS presentó un valor más elevado, aunque el IHS empezó a elevarse de nuevo, ya que este periodo corresponde propiamente con la reproducción, donde se da el desove por parte de las hembras.



Estadio de madurez

Figura 29. Comparación entre los índices Gonadosomático (IGS) y Hepatosomático (IHS) de las 44 hembras analizadas, nótese que el IGS es mayor al IHS en el estadio IV.



Estadio de madurez

Figura 30. Comparación entre los índices Gonadosomático (IGS) y Hepatosomático (IHS) de los 133 machos analizados, el IGS es mayor al IHS en el estadio IV.

Figura 34. Comparación entre el índice Gonadosomático (IGS) y Hepatosomático (IHS) de los 45 machos colectados en la época de lluvias.

9.7. Estimación de la longitud de primera madurez.

De acuerdo a las longitudes máximas encontradas para la población general por el método directo e indirecto del apartado de crecimiento en talla (245 mm y 219 mm respectivamente), se encontró que la longitud de primera madurez se da entre los 133-148 mm (la diferencia entre ellas es de apenas 15 mm) (Figura 35); comparando estas longitudes con las longitudes estándar para las clases de edad por el método directo, la longitud de primera madurez corresponde a organismos de 2.5 años y con el método indirecto a la clase de edad 3.

Por sexos se encontró para machos mediante el método directo (con $L_{\infty}=388$ mm) que la longitud de la primera madurez es a los 206 mm, mientras que para hembras (con $L_{\infty}=299$ mm) es a los 191 mm, lo que muestra claramente que las hembras maduran antes que los machos (Figura 35); en ambos casos se corresponden con la clase de edad 6 (2.5 años) y 3 del método directo e indirecto respectivamente.

Empleando el método indirecto, en machos (con $L_{\infty}=253$ mm) la longitud de la primera madurez encontrada fue de 141 mm, mientras que para hembras ($L_{\infty}=228$ mm) fue de 148 mm, comparando ambos resultados, vemos que los machos maduran ligeramente a menor talla que las hembras en esta metodología (7 mm de diferencia) (Figura 35); estas longitudes también entran dentro de la edad 6 del método directo y 3 del indirecto.

La única hembra que se encontró en la época de reproducción en el presente estudio tenía una longitud estándar de 121.73 mm, lo que es inferior a los valores de longitud de primera madurez encontrados para la especie; y tenía una edad de 1.5 años, determinada por la lectura de anillos de crecimiento (3 anillos correspondientes a la clase de edad 4) y 2 años en base al método indirecto.

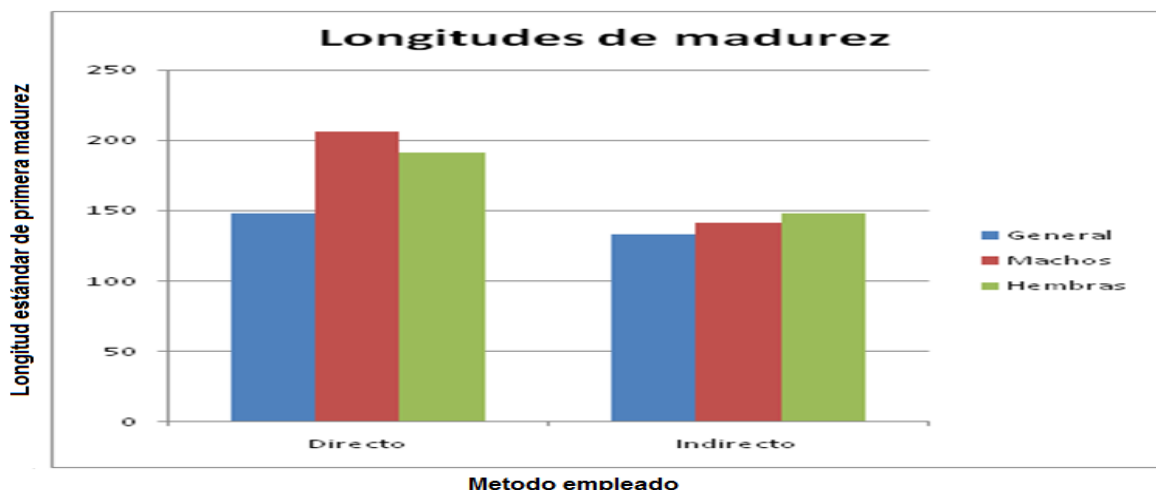


Figura 35. Longitudes de primera madurez para la población general y por sexos obtenidas mediante los datos del método directo e indirecto de crecimiento en talla.

10. DISCUSIÓN

Debido a la dependencia de las salidas a campo por parte del proyecto “Aprovechamiento hidráulico de usos múltiples Paso de la Reina, Oaxaca” y que no todos los organismos capturados se colectaron, es decir, algunos fueron liberados al medio para no afectar la población de *Cichlasoma trimaculatum*, se colectaron pocos organismos (173); considerando que para estudios de crecimiento por lo general se colectan una cantidad considerable de ejemplares y se hacen muestreos sistematizados, como es el caso de Violante-González (1995), quien analizó un total de 1364 ejemplares de *Cichlasoma trimaculatum* que fueron colectados durante un ciclo anual de forma mensual (septiembre de 1993 a septiembre de 1994) en la laguna de Tres Palos, Guerrero.

10.1. Comparación entre clases de edad.

Mediante la doble lectura de anillos de crecimiento en escamas y a través de retrocálculo (método directo) se encontraron 8 clases de edad (de 0 a 7 anillos de crecimiento) para toda la población, con sus respectivas longitudes estándar promedio retrocalculadas, que en este caso por tratarse de una especie tropical cada grupo de edad no representó un crecimiento anual, sino por las temporadas del año (secas y lluvias, con periodos de seis meses cada una); lo cual está determinado por factores medioambientales, como es la temperatura, precipitación, etc., así como por factores biológicos propios de las especies como la temporada de reproducción, como lo han determinado los estudios de Yosef & Casselman (1995), Garduño y Avelar (1996), Admassu & Casselman (2000), Morales-Nin (2000) y Gómez-Márquez *et al.* (2008). Por lo tanto cada anillo representó medio año; y por ende el único organismo que presentaba ocho clases de edad, con siete anillos, tenía en realidad 3.5 años de vida; y aquellos agrupados en la clase 1, con 0 anillos, tenían menos de 0.5 años (menos de 6 meses de vida).

Por el método de Cassie (1954) o indirecto se encontraron tres clases de edad, con sus longitudes estándar promedio observadas, las cuales en este caso sí corresponden con un ciclo anual. Con ello tenemos que la diferencia entre el presente método y el directo es de apenas medio año, esta diferencia se debe a que con el método de Cassie (1954) se hacen estimaciones en base a las longitudes observadas, por lo que puede agrupar organismos de una edad superior en una inferior o de manera inversa, ya que únicamente considera intervalos de longitudes; mientras que en el directo se toma en cuenta una

estructura de crecimiento que refleja una sincronía entre el crecimiento del pez y de la estructura dura, como son las escamas (Granado, 1996).

Respecto a sexos en general por el método directo se encontraron para los machos siete clases de edad continuas (0-6 anillos= 0-3 años) y en hembras ocho (0-7 anillos= 0-3.5 años), mientras que con el método indirecto fueron tres clases de edad para cada sexo. Tomando en cuenta la relación de dos anillos al año por el método directo y que cada clase de edad es anual por estimación del método indirecto, vemos que la diferencia entre las edades encontradas por ambos métodos es de 0 y 0.5 años en machos y hembras respectivamente, con lo anterior se puede asumir congruencia en los resultados obtenidos.

Violante-González (1995) en su estudio de crecimiento de *Cichlasoma trimaculatum* de la laguna de Tres Palos, Guerrero empleó los métodos de Petersen y Bhattacharya (indirectos) para determinar los grupos de edad por sexo para la población general; encontró dos clases de edad para cada uno de los sexos, con sus respectivas longitudes totales promedio (machos 133.1 y 154.3 mm y hembras 132.2 y 142.6 mm). Dichos resultados se pueden comparar tanto con las edades dos y tres del método de Cassie (1954) para machos y hembras (machos 102 y 140 mm y hembras 100 y 137 mm respectivamente), como con las clases de edad cuatro a ocho (3-7 anillos) del método directo (machos: 112-186 mm; hembras: 109-180 mm); a pesar de que en el presente estudio se emplearon las longitudes estándar que son inferiores a las totales.

El hecho de que el autor antes citado encontrara únicamente dos edades con dichas longitudes, se debió: al uso de una sola arte de pesca selectiva, consistente en una red de trasmallo de 3.5 cm de luz de malla; porque su área de estudio correspondía con un cuerpo lenticó; y además que sus capturas provenían de la pesca comercial de la zona de estudio. Por el contrario, en la presente investigación se utilizó la electropesca como arte de pesca principal (también se uso una atarraya con luz de malla de 2 cm) y se colectó en cuerpos lenticos y loticos (principalmente) lo que resultó menos selectivo.

Por temporadas de año; a través de lectura de anillos de crecimiento en secas se encontraron ocho clases de edad (0-7 anillos=0-3.5 años), mientras que en lluvias fueron seis (0-5 anillos=0-2.5 años); mediante el método indirecto se encontraron tres clases de edad para cada época (1-3 años), lo que comparado en años con el método directo muestra buena relación. Independientemente del método se apreció que los valores de las longitudes estándar fueron más superiores en secas (de 39 a 180 mm con el método directo y de 44 a 159 mm con el indirecto) que en lluvias (de 25 a 156 mm con el directo y de 42 a 130 mm con el indirecto), además que estos valores de secas se asemejan mucho a las

longitudes estándar de la población general y machos, porque la mayoría de organismos se colectó en secas y correspondían principalmente a este sexo.

Respecto a las clases de edad por sexo para cada temporada del año, en secas para los machos y hembras por el método directo se encontraron siete y ocho clases de edad, con sus respectivas longitudes estándar retrocalculadas (machos: 38 a 186 mm; hembras: 41 a 180 mm); por el método indirecto se encontraron tres clases de edad para machos y hembras, con sus longitudes estándar promedio observadas (machos: 47 a 124 mm; hembras: 47 a 119 mm). Por los dos métodos se pudo apreciar que para secas los machos tienen longitudes estándar superiores a las hembras.

En cuanto a lluvias; por el método directo para machos se encontraron seis clases de edad continuas (1=25 mm, 2=56 mm, 3=82 mm, 4=108 mm, 5=123 mm y 6=155 mm), mientras que para hembras únicamente cuatro (2=52 mm, 3=82 mm, 4=109 mm y 5=136 mm), lo que indica que en lluvias hay ausencia de organismos con menos de 6 meses de vida, que a su vez puede ser indicativo que no hay nacimientos en esta temporada; por el método indirecto se encontraron tres clases de edad, con sus respectivas longitudes estándar para machos (1=32 mm, 2=88 mm y 3=126 mm) y hembras (1=58 mm, 2=94 mm y 3=126 mm). Analizando las longitudes estándar encontradas por el método directo e indirecto, se observó que las hembras presentan valores superiores a los machos.

10.2. Crecimiento.

Mediante el método directo e indirecto se encontraron longitudes estándar máximas similares ($L_{\infty}=245$ mm y $L_{\infty}=219$ mm respectivamente) para la población de *Cichlasoma trimaculatum*; en cambio los pesos totales máximos fueron diferentes ($P_{\infty}=665$ g y $P_{\infty}=471$ g), ligeramente inferior el encontrado por el método de Cassie (1954) respecto al método directo, ya que esta metodología hace inferencias sobre el crecimiento en base a las longitudes y pesos registrados, sin tomar en cuenta una estructura del organismo ligada directamente a su crecimiento como en el caso del método directo.

De acuerdo a la relación longitud-peso para la población general, el tipo de crecimiento fue alométrico positivo ($b=3.0665$), es decir, mayor crecimiento en peso que en longitud; Granado (1996) señala que cuando los organismos se fijan con formol, estos tienden a incrementar en un 10% su peso y disminuir un 5% su longitud, lo que pudo influir para encontrar pesos elevados respecto a la longitud del organismo. Sin embargo, Beltrán-Álvarez *et al.* (2010) determinaron para *Oreochromis niloticus* (cíclido introducido en la presa Sanalona de Sinaloa) un crecimiento de tipo alométrico positivo $b=3.065$, casi idéntico al encontrado en la

presente investigación; para el estado de Oaxaca Santiago-Pablo (2010) encontró para esta misma tilapia del Nilo un crecimiento de tipo isométrico (los organismos analizados provenían de cultivo); Cruz-Arenas (2009) reportó para tres especies de cíclidos nativos (*Paraneetroplus bulleri*, *P. nebuliferus* y *Vieja fenestrata*) de la porción de Oaxaca de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán que el tipo de crecimiento en ambientes loticos es alométrico negativo. Con todo lo anterior se deduce que el tipo de crecimiento se ve determinado por diferencias en factores medioambientales, disposición de alimento, cantidad de agua para los afluentes donde se distribuyen los peces, temporadas de reproducción, etc.

En la naturaleza es difícil que los organismos alcancen la longitud y peso máximo. Por lo que la formación de las asíntotas en las curvas de crecimiento, nos puede dar un indicativo de los valores que estos parámetros pudiesen alcanzar para la mayoría de organismos; desde el punto de vista acuícola las asíntotas son importantes ya que nos señalan la edad donde los organismos estarán alcanzando su máximo crecimiento y es donde estos pueden ser cosechados/colectados con el fin de consumo.

En cuanto a sexos se encontró por el método directo que los machos presentan un mayor crecimiento que las hembras tanto en longitud ($L_{\infty}=388$ mm y $L_{\infty}=299$ mm respectivamente) como en peso ($P_{\infty}=2337$ g y $P_{\infty}=1053$ g), mediante el método indirecto dicha relación fue la misma (machos: $L_{\infty}=253$ mm y $P_{\infty}=710$ g; hembras: $L_{\infty}=228$ mm y $P_{\infty}=478$ g). Kullander (2003) ya había reportado esta relación entre sexos, pues registró una longitud estándar máxima para machos de 365 mm y de 250 mm de longitud total en hembras; estos valores son muy similares a los encontrados en la presente investigación, aunque ligeramente inferiores. Beltrán-Álvarez *et al.* (2010), encontraron que los machos de *O. aureus* crecen más que las hembras, y que pueden alcanzar tallas superiores a los 400 mm de longitud total y pesos cercanos a los 1500 g; con ello vemos que *C. trimaculatum* puede competir con *O. aureus* en un mercado de consumo. Es importante resaltar que por el método directo se encontraron pesos muy elevados que naturalmente no podría alcanzar esta especie, los cuales pueden estar influenciados por el tipo de crecimiento que presentaron los organismos así como la fijación en formol que incrementa el peso en un 10% y disminuye la longitud en un 5% (Granado, 1996), como ya se mencionó anteriormente.

En base a las edades a las que se formaron las asíntotas se infirió que los machos tardan más tiempo en crecer, entre 10-23 años para machos y 10-16.5 años para hembras (valores similares a los encontrados para la población general); para dichas edades en machos también fueron superiores sus longitudes estándar y pesos totales (directo: 352 mm y 2104 g; indirecto: 241 mm y 710 g) a las de las hembras (directo: 266 mm y 1053 g; indirecto: 212 mm y 478 g), en base

a lo anterior podemos afirmar con más sustento que los machos crecen más y en un posterior cultivo este sexo sería el importante para un mercado de consumo humano.

Respecto al tipo de crecimiento en ambos sexos se encontró que es alométrico positivo ($b=3.0743$ y $b=3.0619$ respectivamente), lo que reafirma el mismo tipo de crecimiento para la población y por lo cual se encontraron pesos totales muy elevados. Por su parte Violante-González (1995) reportó un crecimiento de tipo alométrico negativo para la misma especie ($b=2.70$ para machos y $b=2.82$ para hembras). Con ello vemos que existen diferencias entre dicho estudio con la presente investigación, debidas quizá al tipo de ambiente donde fueron colectados los ejemplares de dicho investigador (lenticos); en cambio en el presente estudio los organismos correspondían con ambientes lenticos y loticos, aunque la mayoría procedían del segundo tipo (97% aproximadamente).

Por temporadas del año se observó que en secas la población de mojarra prieta crece más que en lluvias en longitud y peso tanto con el método directo (secas: $L_{\infty}=277$ mm y $P_{\infty}=1026$ g; lluvias: $L_{\infty}=269$ mm y $P_{\infty}=791$ g) como con el indirecto (secas: $L_{\infty}=269$ mm y $P_{\infty}=739$ g; lluvias: $L_{\infty}=173$ mm y $P_{\infty}=199$ g), posiblemente se deba a la facilidad por parte de *C. trimaculatum* para capturar alimento, ya que en el periodo de estiaje los cuerpos loticos llevan poca corriente y hay partes donde suele quedar estancada el agua (ambientes lenticos) y sus presas quedan encerradas, por lo que los peces no gasta tanta energía en la captura y en nadar contra corriente para evitar ser arrastrado; por el contrario en lluvias muchos organismos son llevados río abajo por la fuerza de la corriente y con ello se incrementan sus gastos energéticos. Los valores encontrados son similares a los hallados para la población general, ya que aquí también se agrupan ambos sexos por cada temporada y fue en secas donde se colectó la mayoría de organismos de la población total.

En base a las asíntotas de las curvas de crecimiento en longitud y peso por el método directo para secas estas se formaron entre los 9.5 y 16 años (con 256 mm y 987 g), mientras que por el indirecto fue entre 9-11 años (con 243 mm y 714 g); en lluvias se presentaron las asíntotas por el método directo entre los 9 y 11 años (con 249 mm y 629 g) y por el indirecto entre 6 y 7 años (con 165 mm y 172 g). Todo lo anterior es inédito, ya que no existen estudios que hayan analizado las variaciones del crecimiento por temporadas del año de esta especie; para fines de captura la época donde se pueden obtener organismos de mayor talla es en la época de secas.

Respecto a sexos por temporada del año se pudo apreciar que en secas los machos tienen un mayor crecimiento que las hembras mediante el método directo

(machos: $L_{\infty}=387$ mm y $P_{\infty}=1908$ g; hembras: $L_{\infty}=312$ mm y $P_{\infty}=1414$ g) e indirecto (machos: $L_{\infty}=252$ mm y $P_{\infty}=522$ g; hembras: $L_{\infty}=194$ mm y $P_{\infty}=328$ g), para el caso de lluvias fueron las hembras las que presentaron un mayor crecimiento que los machos tanto por el método de Cassie (machos: $L_{\infty}=206$ mm y $P_{\infty}=363$ g; hembras: $L_{\infty}=382$ mm y $P_{\infty}=1353$ g) como por el directo (machos: $L_{\infty}=290$ mm y $P_{\infty}=1060$ g; hembras: $L_{\infty}=326$ mm y $P_{\infty}=1310$ g).

Sobre las asíntotas en las curvas de crecimiento estas aparecieron en los machos entre los 12.5-22.5 años para secas y entre los 9-16 años para lluvias, en el caso de las hembras estas se presentaron entre los 8-20 años en secas y a los 10-36 años en lluvias, se espera un mayor tiempo de vida para machos en secas que en lluvias donde son las hembras las que pueden incrementar más su longitud. Las edades a las cuales se encontraron algunas asíntotas de manera natural no se podrían alcanzar ya que peces de similar longitud y peso a lo mucho viven 14-15 años (Burton, 1980), este hecho pudo estar influenciado por los pesos máximos encontrados que también resultan irreales y que a su vez estuvieron determinados por el tipo de crecimiento y la fijación de los organismos en formol al 10%.

El tipo de crecimiento para machos y hembras en secas fue alométrico positivo ($b=3.015$ y $b=3.0769$ respectivamente), mientras que para lluvias en los machos fue positivo ($b=3.1369$) y en hembras negativo (2.7619); lo anterior puede indicar que en lluvias las hembras incrementan más en talla que en peso, porque posiblemente en la temporada de secas sea la época de reproducción y perdieron mucho peso en el desove, en otras palabras, en lluvias no se da este proceso, por ello no hay ganancia en peso sino en longitud. Estos resultados también son inéditos, ya que no se habían realizado análisis por sexos en cada temporada del año en alguna investigación sobre *C. trimaculatum*.

10.3. Madurez.

La mayor parte de los ejemplares colectados fueron machos (7 machos por cada 3 hembras), la razón es hasta punto incierta quizá porque los muestreos no se realizaron de manera estratificada mensualmente y se colectaron pocos organismos, aunque posiblemente *Cichlasoma trimaculatum* tenga dentro de sus poblaciones más incidencia de machos que hembras, ya que Violante-González (1995) encontró en su población de estudio (1364 ejemplares) mayor cantidad de machos que de hembras (802 y 562 respectivamente). En las dos temporadas del año la relación entre machos y hembras también fue de 7 machos por cada 3 hembras (en secas: 68 machos y 25 hembras; en lluvias: 45 machos y 19 hembras).

De acuerdo a la clasificación empírica de Nikiolsky (1963), para la población en general se encontraron cinco estadios continuos de maduración (I-V), siendo específicamente el estadio V el correspondiente a la época de reproducción y que únicamente se encontró un ejemplar dentro de dicha categoría. Violante-González (1995), utilizó la escala de maduración de la FAO (1965), citada por Cabrera y Mora (1992), donde señalan cuatro estadios de maduración, siendo el III el correspondiente con ejemplares maduros en época reproductiva que es similar al V de Nikolsky (1963), dicho autor encontró únicamente ejemplares dentro del estadio III que presentaron una longitud total promedio de 143.6 mm; la única hembra del presente estudio en estadio V (que es similar al III usado por dicho autor) tenía una longitud total de 121.73 mm y una edad de dos años tanto por el método directo como indirecto. Por sexos en la población general los machos presentaron cuatro estadios continuos de maduración (I-IV) y las hembras cinco (I-V).

Por temporada del año, en secas se encontraron para los machos cuatro estados de maduración (I-IV) y cinco para las hembras (I-V), los machos y hembras del estadio IV y la única hembra del estadio V se colectaron en los meses de diciembre de 2008 y enero de 2009 respectivamente, lo que indica que la época de reproducción para la población analizada se da a inicios de la época de secas, pudiendo iniciar en el mes de enero, porque es cuando se encontró la única hembra en estadio V. Esto también viene a ser corroborado por la comparación entre los índices Gonadosomático (IGS) y Hepatosomático (IHS), ya que en los ejemplares del estadio IV el IGS es mayor al IHS, y para el estadio V el IGS comienza a disminuir, porque es cuando se da el desove por parte de las hembras.

En lluvias se encontraron para los machos tres estadios continuos (I-III) y para las hembras cuatro (I-IV), los ejemplares del estado IV (hembras maduras pero no en etapa reproductiva) fueron colectados en el mes de octubre de 2009, esto puede indicar que a finales de la temporada de lluvias los organismos se encuentran en un estadio de maduración, pero no en etapa reproductiva.

Violante-González (1995) determinó que la temporada de reproducción se da de junio a septiembre (época de lluvias) en la laguna de Tres Palos, Guerrero, lo que difiere con la presente investigación y puede deberse a que la zona de estudio de dicho autor correspondió exclusivamente a un ambiente de tipo lentic, que recibe nutrientes en la época de lluvias y es cuando la mojarra prieta tiene las condiciones adecuadas para reproducirse; mientras que la zona de estudio de la presente investigación corresponde con ambientes loticos y lenticos, principalmente a los primeros donde en la época de secas los nutrientes quedan retenidos o no son arrastrados a los lenticos (lagunas, presas, etc.), lo que permite

que haya comida disponible y fácil de capturar por parte de *Cichlasoma trimaculatum*. Cruz-Arenas (2009) encontró que la época de reproducción de los cíclidos nativos de Oaxaca, *Paraneetroplus bulleri* y *Vieja fenestrata*, se da en el mes de marzo que corresponde también a la época de secas, dichos organismos fueron colectados en ambientes loticos; comparado lo anterior con lo reportado en el presente estudio, podemos concluir que hay variaciones en las épocas de reproducción dependiendo el tipo de ambiente que habiten las poblaciones de estas especies, por lo que para ambientes loticos el desove se pudiera dar específicamente en la época de secas además que en esta temporada no se da el “lavado” de alimento por la corriente de los ríos al no haber precipitaciones.

No fue posible determinar los meses que dura la temporada de reproducción, ya que no se colectaron organismos en los meses posteriores a enero que es donde posiblemente se hubiera observado claramente este periodo, únicamente se pudo determinar que inicia en el mes de enero que corresponde casi con el inicio de la época de secas.

Respecto a la longitud de primera madurez, por medio de las longitudes máximas del método directo para la población general, se determinó una talla de madurez de 148 mm de longitud estándar, para machos de 206 mm y para hembras de 191 mm. Analizando lo anterior se observó que los valores son superiores para los sexos que el de la población (porque en esta última se analizan machos y hembras de manera conjunta, los valores encontrados provienen del promedio entre ambos sexos sin poder determinar diferencias entre ellos); y que las hembras maduran a una menor longitud que los machos, lo anterior es de relevancia, porque sirve de base para posteriores investigaciones enfocadas con el cultivo de la mojarra prieta.

Empleando los valores de las longitudes del método indirecto, se obtuvo una talla de primera madurez de 133 mm de longitud estándar para la población general (valor inferior por 15 mm al encontrado por el método directo), para machos la longitud de madurez fue a los 141 mm y para hembras a los 148 mm; estos datos muestran una tendencia contraria, a lo encontrado por el método directo, ya que indican que los machos maduran primero, aunque con una diferencia de 7 mm respecto a las hembras la cual es mínima y dichos resultados están influenciados por el propio modelo de Froese & Binohlan (2000), el cual asumen que las hembras tardan en alcanzar la madurez de manera más lenta que los machos lo cual se vio reflejado en este análisis ya que los valores de la longitud estándar máxima encontradas por el método indirecto en ambos sexos fueron muy cercanos (253 mm para machos y 228 mm para hembras), no así en el método directo donde la diferencia entre sexos fue notoria (388 mm en machos y 299 mm en hembras).

En ambos casos las longitudes de primera madurez se correspondieron con la clase de edad 6 (2.5 años) del método directo y 3 del indirecto, lo que muestra que tardan en madurar más que otros cíclidos que se mantienen en cautiverio, como *Oreochromis niloticus* y *O. aureus* que suelen madurar entre los 2-6 meses (Morales, 1991; Ramos-Cruz, 1995), lo cual está influenciado por las propias condiciones del entorno de cultivo, donde dispone de alimento continuo, a diferencia de un medio natural donde hay fluctuaciones de factores medioambientales y de comida.

Violante-González (1995) encontró que las hembras de *Cichlasoma trimaculatum* presentan una talla de primera madurez sexual de 140 mm de longitud total y los machos de 149 mm, por lo que estos valores son similares parcialmente a los encontrados por el presente estudio en el método indirecto, pero con tendencia inversa (machos maduran a menor longitud); por el contrario, la tendencia de que las hembras maduran a una talla menor es la misma a la encontrada por el método directo; los valores de longitud de madurez encontrados en la presente investigación por el método directo, fueron superiores a los reportados por Violante-González (*Op. Cit.*), posiblemente porque dicho autor colectó organismos con tallas inferiores a los 300 mm de longitud total, mientras que en el presente estudio se colectó un ejemplar con una longitud total superior a los 300 mm, además pueden influir diferencias entre factores medioambientales de las dos zonas de estudio.

Los valores para las longitudes de primera madures de hembras y machos se corresponden con la edad 6 (2.5 años) a través de la lectura de anillos de crecimiento y edad 2 con el método indirecto. La única hembra que se encontró en la etapa de reproducción tenía una longitud de 121.73 mm, que de acuerdo a la lectura de anillos de crecimiento presentaba una edad de 1.5 años y 2 años con el método indirecto, además que la longitud estándar de dicho organismo fue inferior a lo encontrado para la talla de madurez de las hembras; si se hubieran colectado más organismos en periodo reproductivo, se hubiera determinado de manera más clara la longitud de primera madurez; cabe mencionar que los valores encontrados son estimaciones y representan un promedio, por lo que en el medio natural la mojarra prieta pudiera madurar a una talla inferior o superior a dichos valores, esto determinado por la disposición de alimento, factores medioambientales o propios de la biología de cada organismo.

11. CONCLUSIONES.

El número de organismos colectados (173) fue poco, comparado con otros estudios enfocados a los aspectos básicos de la biología de una especie, sin embargo con ellos se obtuvieron resultados relevantes en cuanto al crecimiento y madurez de esta población de *C. trimaculatum*.

Se encontraron ocho clases de edad para la población, mediante la lectura de anillos de crecimiento (con 0 a 7 *annuli*), donde cada edad representó medio ciclo anual a partir de la clase de edad 2, por lo que el único organismo en edad 8 (con 7 anillos de crecimiento) tenía 3.5 años de vida. Con la metodología de Cassie (1954) únicamente se encontraron tres clases de edad anuales.

La mojarra prieta en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina de manera general puede alcanzar una longitud estándar máxima de entre 219-245 mm y un peso total de entre 471-628 g, sin embargo los machos pueden alcanzar tallas superiores de 253 a 388 mm y pesos totales superiores de 733 g; mientras que las hembras tienen un menor crecimiento, con una longitud estándar máxima de 228-299 mm y un peso total igual o superior a los 498 g.

Por temporadas del año se encontró que la población de *C. trimaculatum* tiende a crecer más en secas que en lluvias, posiblemente porque tiene menor desgaste energético en la captura de su alimento al no haber lavado del mismo por la poca fuerza de la corriente y en el nado contracorriente

Los machos en la época de secas tienen un mayor crecimiento que las hembras y por el contrario en lluvias son las hembras las que crecen más.

Para la población general, por sexos en general, por temporadas del año, para machos en secas y lluvias y hembras en secas el crecimiento es de tipo alométrico positivo, es decir, los organismos crecen más en peso que en longitud, por eso los valores son tan elevados en dicha variable. Para el caso de las hembras en lluvias el crecimiento es de tipo alométrico negativo, por lo que tienen un incremento en talla superior a lo esperado para su peso.

En base a los estadios de maduración, con la comparación entre el IGS y el IHS se determinó que la época de reproducción se da en el periodo de secas y que posiblemente inicia en el mes de enero para la población de *C. trimaculatum* de la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina.

A través de la longitud estándar máxima de la población general del método directo se determinó que la talla de primera madurez se da entre los 133-148 mm; para machos de 141-206 mm y hembras de 148-191 mm, lo que indica que estas maduran ligeramente antes que los machos y en ambos casos es a una edad de 2-2.5 años.

Cichlasoma trimaculatum, en base a los resultados obtenidos, puede competir directamente en un mercado de consumo, con especies introducidas destinadas a este fin, como son las especies de tilapia del género *Oreochromis*.

12. LITERATURA CITADA.

- Admassu, D. & J.M. Casselman. 2000. Otolith age determination for adult tilapia *Oreochromis niloticus* L. from Lake Awassa (Ethiopian Rift Valley) by interpreting annuli and differentiating biannual recruitment. *Hidrobiologia* 418: 15-24.
- Arriaga-Cabrera, L., Aguilar, S.V. y D.J. Alcocer. 2000. Aguas continentales y diversidad biológica de México. CONABIO, México. 372 p.
- Beltrán-Álvarez, R., Sánchez-Palacios, J., López-Valdez, G. y A.A. Ortega-Salas. 2010. Edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* (Pisces:Cichlidae) en la Presa Sanalona, Sinaloa, México. *Revista de biología tropical* 58 (1): 325-338.
- Bertalanffy, L. von. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol.* 10: 181-213.
- Beverton, R. J. H. & Holt, S. J. 1957. On the Dynamics of Exploited Fish Populations. *Fishery Invest., Lond.* (2), 19: 533.
- Burton, M. 1980. La vida de los peces. Ed. Espasa Calpe, España. 61 p.
- Cabrera, J. y Mora, M. 1992. Fecundidad de *Cichlasoma dovii* (Pisces: Cichlidae) en el embalse Arenal, Guanacaste, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 40 (3): 345-346.
- Cassie, R. M. 1954. Some uses of probability paper in analysis of size frequency distributions. *Australian Journal or Marine and Freshwater Research* 5: 513-522.
- Chapman, D. G. 1961. Statistical problems in dynamics of exploited fisheries populations. *Univ. Calif. Publs Statist.*, 4: 153-68.
- CONABIO. sin año de edición. Río Verde–Laguna de Chacahua. (en línea) http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_031.html (consulta: 10/09/09)
- CONAGUA, 2009. Precipitación histórica en la estación meteorológica de Jamiltepec, Oaxaca. Base de datos de Microsoft® Excel® (fecha de consulta: 25/01/2010).
- CIIDIR IPN Oaxaca. 2009. Caracterización de los recursos bióticos en el Sistema Ambiental Regional del proyecto de Aprovechamiento hidráulico de usos

- múltiples Paso de la Reina, Oaxaca. Informe Técnico, CIIDIR IPN Unidad Oaxaca, Oaxaca, México. 248 p.
- Cruz-Arenas, E. 2009. Contribución a la biología y cultivo experimental de algunos peces Oaxaqueños de la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Tesis licenciatura. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México. 210 p.
- Froese, R. & C. Binohlan. 2000. Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity, and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. *Journal of Fish Biology* 56:758-773.
- García de J., L. D.; Mayo, R.M.; Hervella, R.F.; Barcelo, C.E. y Fernández, C.T. 1993. Principios y Técnicas de Gestión de la Pesca en aguas continentales. Ediciones Mundi-Prensa, México. 247 p.
- Garduño, P.M. y E.J. Avelar. 1996. Edad y crecimiento de la mojarra (*Oreochromis niloticus*) en la laguna de Coatetelco, Morelos. Tesis profesional. Facultad de estudios superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F., México. 120 p.
- Gil-Cano, F., Ayala-Florenciano, M.D. y O., López-Albors. sin año de edición. Gónadas, vejiga natatoria y riñones de los peces. Facultad de veterinaria, Universidad de Murcia. (en línea): <http://www.um.es/anatvet/Documentos/Curso-Peces/pdfs/Gonadas-peces.pdf> (consulta: 12/10/10)
- Gómez-Márquez, J.L. 1994. Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos. FES Zaragoza, UNAM, México, D.F. 89 p.
- Gómez-Márquez, J.L., B. Peña-Mendoza, H.I. Salgado-Ugarte & J.L. Arredondo-Figueroa. 2008. Age and growth of tilapia, *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) from a tropical shallow lake in México. *Rev. Biol. Trop.* 56: 875-884.
- Google Earth. 2009. Google earth v.5.1.3509.4636 (programa de computadora). Keyhole, Inc. y Google.
- Granado L., C. 1996. Ecología de peces. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, España. 353 p.
- Günther, A. 1867. On the fishes of the states of Central America, founded upon specimens collected in fresh and marine waters of various parts of that

country by Messrs. Salvin, Godman and Capt. J.M. Dow., *Proc. Zool. Soc. Lond.* 1866 (3): 600-604.

I.N.F.D.M. 2009. Enciclopedia de los municipios de México; Estado de Oaxaca; Santiago Jamiltepec. En línea: <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/oaxaca/municipios/20467a.htm> (consulta: 18/11/09).

Kullander, S.O. 2003. Family Cichlidae (cichlids). In R.E. Reis, S.O. Kullander, and C.J. Ferraris, Jr. (Eds). Checklist of the freshwater fishes of South and Central America. EDIPUCRS, Porto Alegre, Brasil, pp: 605-654.

Macchi, G.J. y E.M. Acha. 1998. Aspectos reproductivos de las principales especies de peces en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguay y en el Rincón. *INIDEP Inf. Téc.* 21: 67-89.

Martínez R., E. 1999. Taxonomía y zoogeografía de la ictiofauna dulceacuícola del estado de Oaxaca, México. Tesis doctoral, Universidad de Barcelona, España: 473 p.

Martínez-Ramírez, E.; I. Doadrio-Villarejo y A. de Sostoa-Fernández. 2004. Peces continentales. En: A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.), Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México, pp: 357-373.

Martínez R., E. y R.M. Gómez U. 2006. Los peces de las cuencas hidrológicas de Oaxaca, México. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras* 24: 46-50.

Miller, R.R., W.L. Minckley and S.M. Norris. 2005. Freshwater fishes of Mexico. University of Chicago, U.S.A. 490 p.

Morales-Nin, B. 2000. Review of the growth regulation process of otolith daily increment formation. *Fish Research* 46: 53-67.

Morales D., A. 1991. La tilapia en México. Biología, Cultivo y Pesquerías. AGT Editores, México. 190 p.

Nelson, J.S. 2006. Fishes of the world. 4^a ed. John Wiley & Sons, Inc (Eds.), N.Y., U.S.A. 601 p.

Nikolsky, G. V. 1963. The Ecology of Fishes. Academic Press, London. 352 p.

- O.E.I.D.R.U.S. 2007. Tarjetas municipales de información estadística básica del estado de Oaxaca. Gobierno del estado de Oaxaca. En línea: <http://www.oeidrus-oaxaca.gob.mx/fichas/fichas.htm>. (Consulta: 17/11/09).
- Pierce, Cl., Rasmussen, J.B. & W.C. Legget. 1996. Back-calculation of fish length from scales: empirical comparison of proportional methods. *Trans. Am. Fish. Soc.* 125: 889-898.
- Ramos-Cruz, S. 1995. Reproducción y crecimiento de la mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*) en la presa Benito Juárez, Oaxaca, Oaxaca, México, en 1993. INP-SEMARNAP. México. *Ciencia Pesquera* 11: 54-61.
- Rodríguez-Gutiérrez, M. 1992. Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. AGT Editor, México, D.F. 79 p.
- Rosas-Muñoz, P. y E. Soto-Galera. Sin año de edición. Estructura trófica de la ictiofauna en cuatro ríos de la Sierra Madre del Sur, Edo. De Chiapas. Tesis Maestría (en proceso). Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P.N., México, D.F.
- Salgado-Ugarte, I.H. 2005. Métodos Actualizados para Análisis de Datos Bilógicos-Pesqueros. F.E.S., Zaragoza, U.N.A.M., México. 240 p.
- Santiago-Pablo, E. Q. 2010. Evaluación del crecimiento de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) revertida sexualmente en San Isidro Chacalapa, San Pedro Huamelula, Tehuantepec, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. 101 p.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, México. 78 p.
- Sostoa, A. y Sostoa, F. J. 1984. Edad y crecimiento de *Chondrostoma toxostoma* Vallot 1837 (Pisces, Cyprinidae) en el curso inferior del río Ebro (NE España). *Actas del I Congreso Español de Limnología*: 245-252.
- Sparre, P. and Venema, S.C. 1997. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 2. Ejercicios. FAO Fisheries Technical Paper. N° 306.2, Rev. 2. Rome (en prensa).
- Turner. G.F., O. Seehausen, M.E. Knight, C.J. Allender, and R.L. Robinson. 2001. How many species of cichlid fishes are there in African lakes? *Mol. Ecol.* 10: 793-806.

- Villaseñor-Talavera, R. 1993. Solución de la ecuación diferencial de crecimiento en peso, de Von Bertalanffy (1938), por dos métodos distintos. Laboratorio de Limnología, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México, D.F. 13 p.
- Violante-González, J. 1995. Contribución al conocimiento de la biología de la mojarra nativa *Cichlasoma trimaculatum* (Günther, 1868), en la laguna de Tres Palos Guerrero, México y determinación del desarrollo larvario y requerimientos proteicos en condiciones de laboratorio. Tesis maestría. FACIMAR, Universidad de Colima, Colima. 63 p.
- Wayne, W.D. 1982. Bioestadística, Base para el análisis de las ciencias de la salud. Ed. LIMUSA. México, D.F. 485 p.
- Yosef, T.G. & J.M. Casselman. 1995. A procedure for increasing the precision of otolith age determination of tropical fish by differentiating biannual recruitment, p. 247-269. In: D.H. Secor, J.M. Dean & S.E. Campana (eds.). *Recent developments in fish otolith research*. University of South Carolina, Columbia, EEUU. 19: 247-269.

13. ANEXOS.

Anexo I. Número de organismos colectados de *C. trimaculatum* dentro de cada punto de muestreo en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009 donde se indica la temporada del año en que se hizo la captura.

LOCALIDAD	FECHA	TEMPORADA	No ORGANISMOS
B	11/12/2008	Secas	18
A	11/12/2008	Secas	7
E	11/12/2008	Secas	13
G	12/12/2008	Secas	1
C	12/12/2008	Secas	7
J	13/12/2008	Secas	5
B	21/01/2009	Secas	11
A	21/01/2009	Secas	2
D	22/01/2009	Secas	4
E	22/01/2009	Secas	13
C	22/01/2009	Secas	8
I	23/01/2009	Secas	4
H	23/01/2009	Secas	4
L	23/01/2009	Secas	4
J	24/01/2009	Secas	3
G	24/01/2009	Secas	1
F	24/01/2009	Secas	4
I	10/09/2009	Lluvias	1
A	11/09/2009	Lluvias	4
B	11/09/2009	Lluvias	7
E	11/09/2009	Lluvias	5
J	12/09/2009	Lluvias	2
J	12/09/2009	Lluvias	2
F	12/09/2009	Lluvias	5
A	07/10/2009	Lluvias	2
K	09/10/2009	Lluvias	4
L	09/10/2009	Lluvias	15
H	10/10/2009	Lluvias	7
I	10/10/2009	Lluvias	10
		Total organismos=	173

Anexo II. Longitud estándar (LE) y peso total (P) de cada organismo de *Cichlasoma trimaculatum* (ordenados ascendentemente por longitud) colectado en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina durante el periodo de 2008-2009, donde se indica la temporada del año en que fue capturado.

No. ORGANISMO	LE(mm)	P(g)	TEMPORADA
1	13.45	0.1	lluvias
2	18.45	0.2	lluvias
3	20	0.3	lluvias
4	22.63	0.37	secas
5	22.68	0.3	lluvias
6	22.75	0.5	lluvias
7	22.85	0.2	lluvias
8	22.95	0.2	lluvias
9	23.27	0.54	secas
10	23.4	0.3	lluvias
11	23.42	0.63	secas
12	23.5	0.7	lluvias
13	23.76	0.3	secas
14	24.62	0.38	secas
15	24.95	0.66	secas
16	24.97	0.39	secas
17	25.34	0.56	secas
18	25.72	0.7	secas
19	25.93	0.6	lluvias
20	26.08	0.63	secas
21	26.24	0.56	secas
22	26.3	0.4	lluvias
23	27.1	0.84	secas
24	27.22	0.77	secas
25	28.09	0.81	secas
26	28.26	0.71	secas
27	29.52	1.03	secas
28	29.69	1.1	lluvias
29	29.71	0.92	secas
30	30.05	1.17	secas
31	30.2	1.13	secas
32	30.41	0.67	secas
33	30.55	0.7	secas
34	31.46	1.3	secas
35	32.98	1.2	lluvias
36	33.94	1.82	secas

37	34.76	1.68	secas
38	35.04	1.58	secas
39	35.11	1.8	lluvias
40	36.41	0.99	secas
41	36.95	1.85	secas
42	37.33	2.25	secas
43	37.9	1.15	secas
44	38.78	2.14	secas
45	39.47	2.4	lluvias
46	40.67	2.55	secas
47	40.7	1.98	secas
48	40.82	2.9	secas
49	41.19	2.69	secas
50	41.42	2.52	secas
51	43.24	4.3	lluvias
52	44.16	3.23	secas
53	44.64	3.33	secas
54	45.04	3.64	secas
55	45.76	3.51	secas
56	46.26	4.09	secas
57	47.64	4.46	secas
58	47.65	2.47	secas
59	47.65	4.5	lluvias
60	47.99	4.29	secas
61	48.25	5.29	secas
62	48.67	2.43	secas
63	49.35	4.92	secas
64	49.72	4.93	secas
65	49.87	4.21	secas
66	50.75	5.9	lluvias
67	51.16	5.6	lluvias
68	51.41	6.8	lluvias
69	58.13	8.4	lluvias
70	58.85	9.64	secas
71	60.73	5.34	secas
72	60.9	9.25	secas
73	60.91	9.5	lluvias
74	61.26	10.6	lluvias
75	63.42	11.19	secas
76	63.72	9.99	secas
77	64.45	10.08	secas

78	64.58	10.9	lluvias
79	65.11	6.31	secas
80	65.61	10.49	secas
81	66.22	12.3	lluvias
82	68.2	16.2	lluvias
83	69.19	15.24	secas
84	70.46	12.42	secas
85	71.03	14.31	secas
86	71.99	13.63	secas
87	72.38	16.19	secas
88	73.05	18.5	lluvias
89	73.88	15.8	lluvias
90	74.15	18.1	lluvias
91	74.34	16.5	lluvias
92	74.61	15.82	secas
93	75.65	17.2	lluvias
94	75.7	16.1	lluvias
95	75.95	17.2	lluvias
96	77.5	21.3	lluvias
97	78.03	11.03	secas
98	78.05	19.8	lluvias
99	78.77	15.9	secas
100	78.84	15.2	secas
101	78.95	19.3	lluvias
102	79.8	13.94	secas
103	80.48	21.28	secas
104	81.05	20.7	lluvias
105	81.15	26.3	lluvias
106	81.94	19.35	secas
107	82.35	21.59	secas
108	82.4	18.4	secas
109	82.44	20.88	secas
110	82.55	20.38	secas
111	84.2	25.3	lluvias
112	85.5	19.28	secas
113	85.65	24.68	secas
114	86.94	24.7	lluvias
115	87.45	28.6	lluvias
116	87.45	29.9	lluvias
117	88.57	30.21	secas
118	88.68	26.3	lluvias

119	89.21	25.05	secas
120	92.25	28.14	secas
121	92.36	30.9	lluvias
122	92.38	25.49	secas
123	93.18	29.33	secas
124	95.12	20.2	secas
125	95.16	37.28	secas
126	95.67	27.74	secas
127	95.85	35.9	lluvias
128	96.85	27.92	secas
129	97.27	32.49	secas
130	97.32	33.75	secas
131	98.9	44.7	lluvias
132	98.93	34.79	secas
133	100.55	47.2	lluvias
134	100.58	39.2	lluvias
135	101.02	33.56	secas
136	101.71	43.8	secas
137	101.85	47.32	secas
138	103.27	28.73	secas
139	104.06	44.3	secas
140	104.1	46.3	lluvias
141	105.37	46.32	secas
142	105.71	55.5	lluvias
143	108.9	41.8	lluvias
144	111.55	54.48	secas
145	111.71	44.39	secas
146	111.75	52	secas
147	113.46	56.25	secas
148	115.4	65.5	lluvias
149	116.85	62.4	lluvias
150	117.3	74.03	secas
151	118.71	47.2	lluvias
152	119.73	73.27	secas
153	121.73	69.15	secas
154	123.49	75.66	secas
155	123.55	76.8	lluvias
156	125.53	72.61	secas
157	127.37	79.7	lluvias
158	129.27	73.3	lluvias
159	129.78	77.56	secas

160	130.2	102.37	secas
161	132.15	89.67	secas
162	132.32	91.4	lluvias
163	136.87	92	lluvias
164	141.7	105	lluvias
165	142.25	120.19	secas
166	145.25	139.7	lluvias
167	145.39	113.9	lluvias
168	147.25	150	lluvias
169	147.93	75.39	secas
170	153.27	153.56	secas
171	165.35	168.6	lluvias
172	190.55	201.11	secas
173	197.71	356.49	secas

Anexo III. Medidas tanto del radio de los anillos de crecimiento en las escamas (r^n) y el radio total de la escama (R), como de las longitudes retrocalculadas para cada anillo de crecimiento (L^n) de los peces de *C. trimaculatum* de la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina colectados durante el periodo de 2008-2009; se indica el sexo de los organismos y la temporada del año.

MEDIDAS DE ANILLOS DE CRECIMIENTO Y SUS LONGITUDES RETROCALCULADAS																		
Sexo	Temp.	r0	L0	r1	L1	r2	L2	r3	L3	r4	L4	r5	L5	r6	L6	r7	L7	R
Macho	Secas	0.9	33.9															0.9
Macho	Secas			1.05	36.00													1.45
Macho	Secas			0.71	24.98													1.28
Macho	Secas			1.34	44.24													1.93
Macho	Secas			1.43	81.36	2.19	89											2.57
Macho	Secas			1.67	77.97	2	80											2.34
Hembra	Secas			0.7	26.25													1.33
Macho	Secas			1.59	87.73	1.89	92	2.1	95									2.43
Macho	Secas	0.65	27.1															0.65
Macho	Secas	0.46	27.2															0.46
Macho	Secas	0.92	49.9															0.92
Macho	Secas			1.63	90.92	2.35	102	2.72	107									3.02
Macho	Secas			1.13	71.15	1.77	74											1.98
Macho	Secas			0.87	68.10	1.7	70											2.19
Macho	Secas			1.31	81.38	1.95	89											2.27
Macho	Secas			1.12	73.07	1.57	76	2.08	79									2.39
Macho	Secas			1	73.02	1.84	78											2.44
Hembra	Secas			1.65	80.43	1.99	83											2.27
Hembra	Secas			0.82	35.40													1.06

Hembra	Secas	0.63	71																0.63
Hembra	Secas	5.4	41.2																5.4
Macho	Secas			1.59	87.69	1.95	92												2.19
Hembra	Secas			1.2	71.19	1.9	74	2.56	76										3.16
Hembra	Secas			1.52	90.31	2.18	101	2.76	110										3
Macho	Secas	0.92																	0.92
Hembra	Secas			1.35	88.32	1.99	99	3.44	122										3.44
Macho	Secas			1.88	32.42														2.36
Macho	Secas	0.58	26.2																0.58
Hembra	Secas	1.17	25.7																1.17
Hembra	Secas	0.66	28.1																0.66
Hembra	Secas	0.52	23.3																0.52
Macho	Secas	0.54	28.3																0.54
Macho	Secas	0.62	25																0.62
Macho	Secas	0.44	24.6																0.44
Hembra	Secas	0.66	26.1																0.66
Hembra	Secas	0.59	25.3																0.59
Macho	Secas	0.47	22.6																0.47
Macho	Secas	0.93	35																0.93
Macho	Secas			1.2	55.65														1.7
Macho	Secas			0.55	22.33														0.91
Hembra	Secas			1.35	47.58	2.11	116	2.69	129	2.98	136.22	3.39	146	4.07	162	4.86	180.17	5.61	
Hembra	Secas			1.87	69.57	2.33	116	2.93	128	3.6	142.32								4.12
Macho	Secas			0.98	35.22	1.54	86	2.35	96										2.83
Macho	Secas	0.78	30.1																0.78
Macho	Secas	1.35	38.8																1.35
Macho	Secas	0.66	25																0.66
Hembra	Secas			1.09	40.19	1.45	53												1.72
Macho	Secas	0.56	48																0.56
Hembra	Secas			1.11	37.35														1.95
Hembra	Secas			1.22	61.18														0.95
Hembra	Secas			1.33	48.37	1.79	72												1.99
Macho	Secas			1.35	52.27														1.52
Macho	Secas			1.11	39.30														1.72
Macho	Secas	0.61	29.7																0.61
Macho	Secas	0.59	23.4																0.59
Macho	Secas			0.85	32.36														1.16
Macho	Secas			1.58	54.05	1.79	89	2.14	94										3.08
Hembra	Secas			0.91	62.16	1.27	109	1.46	115										1.9
Macho	Secas			1.49	49.98	2.54	109	2.91	115	3.42	123.49								3.94
Macho	Secas			0.81	24.89	1.23	38												1.57

Macho	Secas			3.04	108.48	3.28	143	3.9	157	4.56	172.44	5.01	183	5.15	186			5.34
Hembra	Secas			0.86	40.72	1.15	83	1.4	86									2.01
Macho	Secas			0.79	32.40	1.06	75											2.01
Macho	Secas			0.82	26.15													1.4
Macho	Secas			0.82	34.48													1.1
Macho	Secas	0.86	34.8															0.86
Macho	Secas	0.72	29.5															0.72
Hembra	Secas			1.44	60.26													1.54
Macho	Lluvias			1.03	30.46													1.73
Hembra	Lluvias			1.19	82.34	2.27	97	2.83	104									3.19
Macho	Lluvias			0.98	78.59	1.74	88											2.1
Macho	Lluvias			1.24	67.87	1.37	68											1.55
Macho	Lluvias			1.69	76.55													1.85
Macho	Lluvias			0.68	30.86													1.05
Macho	Lluvias	0.57	23.5															0.57
Macho	Lluvias			0.87	30.99													1.72
Macho	Lluvias			1.37	71.73	1.8	73											2.06
Macho	Lluvias			0.8	28.53													1.63
Macho	Lluvias	0.93	35.1															0.93
Hembra	Lluvias			1.27	66.33													1.89
Hembra	Lluvias			0.78	32.34													1.24
Macho	Lluvias			1.31	75.22	1.84	79											2.19
Macho	Lluvias			0.82	70.83	1.29	73											1.74
Macho	Lluvias			1.83	100.06	2.62	115	3.06	123	3.38	128.45							3.84
Hembra	Lluvias			1.31	73.39	1.63	75											1.8
Macho	Lluvias			2.15	110.34	3.3	134	3.99	148	4.25	153.13	4.56	159					4.85
Hembra	Lluvias			2.48	108.15	3.44	124	4.1	135	4.41	140.52							4.7
Macho	Lluvias			0.89	69.48	1.54	72											1.97
Hembra	Lluvias			1.06	74.14	1.49	77											1.73
Macho	Lluvias			1.79	82.63	2.13	86											2.27
Hembra	Lluvias			0.72	31.21													1.49
Macho	Lluvias			0.98	71.56	1.58	75											1.79
Hembra	Lluvias			1.09	43.22													1.28
Hembra	Lluvias			1.2	73.64	1.98	78											2.47
Macho	Lluvias	0.85	29.7															0.85
Hembra	Lluvias			1.3	86.92	1.84	95											2.17
Macho	Lluvias			1.26	70.71	1.96	73											2.22
Macho	Lluvias			2.24	105.52	2.47	110	2.74	114	3.47	126.93							3.78
Macho	Lluvias	0.48	20															0.48
Macho	Lluvias	0.49	23															0.49
Macho	Lluvias	0.54	22.9															0.54

