



CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRONÓMICAS Y VETERINARIAS

Tesis

Efecto del alimento balanceado y planctónico en la sobrevivencia y el desarrollo de los primeros estadios de *Poeciliopsis infans* (Woolman, 1894)

Presenta

BIÓL. GABRIELA BEATRIZ ALVARADO SUÁREZ

**Como requisito para obtener el grado de
MAESTRA EN CIENCIAS VETERINARIAS**

Co-tutores

DR. JOSÉ LUIS ARREDONDO FIGUEROA

DR. ROBERTO RICO MARTÍNEZ

Comité Tutoral

DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ

DR. JESÚS TRINIDAD PONCE PALAFOX

Aguascalientes, Ags., Mayo de 2017



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES
CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

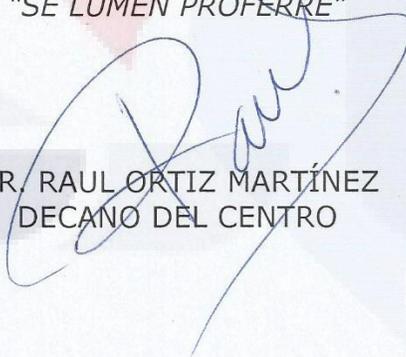
OF. NO. CCA-D-11-15-095-17

Dra. en Admón. María del Carmen Martínez Serna
Directora General de Investigación y Posgrado
P R E S E N T E.

Por medio de la presente me permito comunicarle a usted que la tesis titulada "Efecto del alimento balanceado y planctónico en la sobrevivencia y el desarrollo de los primeros estadios de *Poeciliopsis infans* (Woolman, 1894)", de la alumna **GABRIELA BEATRIZ ALVARADO SUÁREZ**, egresada de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, respeta las normas y lineamientos establecidos institucionalmente para su elaboración y su autor cuenta con el voto aprobatorio de su tutor y comité tutorial.

Sin más por el momento aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Jesús María, Ags., 03 de Mayo del 2017
"SE LUMEN PROFERRE"


DR. RAUL ORTIZ MARTÍNEZ
DECANO DEL CENTRO

c.c.p. Jefa del Departamento de Control Escolar
c.c.p. Sección de Certificados y Títulos
c.c.p. Secretario Técnico
c.c.p. Estudiante
c.c.p. Archivo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

DR. RAÚL ORTÍZ MARTÍNEZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
P R E S E N T E:

Por medio de la presente, tengo a bien informarle que la **Biól. Gabriela Beatríz Alvarado Suárez**, estudiante de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ha cumplido de manera satisfactoria el proceso de redacción, revisión y correcciones de su tesis titulada "**Efecto del alimento balanceado y planctónico en la sobrevivencia y el desarrollo de los primeros estadios de *Poeciliopsis infans* (Woolman, 1894)**".

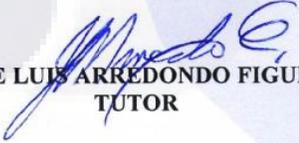
Por lo anteriormente mencionado, no tengo inconveniente en otorgar mi **VOTO APROBATORIO** para la impresión del documento y que la Biól. Alvarado Suárez continúe con el proceso de titulación, así como con la programación de la fecha del examen de grado.

Sin más por el momento, me pongo a su disposición para cualquier aclaración a la presente y le reitero mis más altas consideraciones, así como un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E

"Se lumen proferre"

Aguascalientes, Ags. a 11 de abril de 2017


Dr. JOSE LUIS ARREDONDO FIGUEROA
TUTOR

ccp. Archivo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS
Departamento de Química

Dr. Raúl Ortiz Martínez

Decano del Centro de Ciencias Agropecuarias

PRESENTE

Por medio del presente mensaje tengo a bien informarle **Biól. Gabriela Beatriz Alvarado Suárez**, estudiante de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ha cumplido de manera satisfactoria el proceso de redacción, revisión y correcciones de su tesis titulada **'Efecto del alimento balanceado y planctónico en la sobrevivencia y el desarrollo de los primeros estadios de *Poeciliopsis infans* (Woolman 1894)'**.

Por lo anteriormente mencionado, no tengo inconveniente en otorgar mi **VOTO APROBATORIO** para la impresión del documento y que la Bióloga Alvarado Suárez continúe con el proceso de titulación, así como con la programación de la fecha del examen de grado.

Sin otro asunto que tratar no me queda sino mandarle un cordial saludo.

Atentamente

Aguascalientes, Ags., a 12 de abril de 2017

"SE LUMEN PROFERRE"

Dr. Roberto Rico-Martínez

Universidad Autónoma de Aguascalientes

Coordinador del curso de Toxicología Ambiental del Programa de **Maestría**

Centro de Ciencias Básicas - Departamento de Química

Avenida Universidad 940, Campus Universitario.

Aguascalientes, Ags. C.P. 20131, Mexico.

Telefono 449-9108420 - Fax 449-9108401 - E-mail: rrico@correo.uaa.mx



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA

LABORATORIO DE LIMNOLOGIA

Dr. RAÚL ORTÍZ MARTÍNEZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
P R E S E N T E:

Por medio de la presente, tengo a bien informarle que la **Biól. Gabriela Beatríz Alvarado Suárez**, estudiante de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ha cumplido de manera satisfactoria el proceso de redacción, revisión y correcciones de su tesis titulada "**Efecto del alimento balanceado y planctónico en la sobrevivencia y el desarrollo de los primeros estadios de *Poeciliopsis infans* (Woolman, 1894)**".

Por lo anteriormente mencionado, no tengo inconveniente en otorgar mi **VOTO APROBATORIO** para la impresión del documento y que la Biól. Alvarado Suárez continúe con el proceso de titulación, así como con la programación de la fecha del examen de grado.

Sin más por el momento, me pongo a su disposición para cualquier aclaración a la presente y le reitero mis más altas consideraciones así como un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
MÉXICO, D.F. A 7 DE ABRIL DE 2017

Dr. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ
MIEMBRO DEL COMITÉ TUTORAL
TEL: 5556230754



Tepic, Nayarit a 26 de Abril de 2017

Dr. RAÚL ORTÍZ MARTÍNEZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES
P R E S E N T E:

Por medio de la presente, tengo a bien informarle que la **Biól. Gabriela Beatríz Alvarado Suárez**, estudiante de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ha cumplido de manera satisfactoria el proceso de redacción, revisión y correcciones de su tesis titulada "**Efecto del alimento balanceado y planctónico en la sobrevivencia y el desarrollo de los primeros estadios de *Poeciliopsis infans* (Woolman, 1894)**".

Por lo anteriormente mencionado, no tengo inconveniente en otorgar mi **VOTO APROBATORIO** para la impresión del documento y que la Biól. Alvarado Suárez continúe con el proceso de titulación, así como con la programación de la fecha del examen de grado.

Sin más por el momento, me pongo a su disposición para cualquier aclaración a la presente y le reitero mis más altas consideraciones así como un cordial saludo.

Atentamente

“Por lo nuestro a lo Universal”

Dr. Jesús T. Ponce Palafox
 Comité Tutorial
 Universidad Autónoma de Nayarit



VOTO para la
titulación del

DR. RAUL ORTIZ MARTINEZ

DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS P R E S E N T E.

Por este conducto tengo a bien informarle que **GABRIELA BEATRIZ ALVARADO SUAREZ**, estudiante de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ha cumplido de manera satisfactoria el proceso de redacción, revisión y correcciones de su tesis titulada **“EFECTO DEL ALIMENTO BALANCEADO Y PLANCTONICO EN LA SOBREVIVENCIA Y EL DESARROLLO DE LOS PRIMEROS ESTADIOS DE *Pocilliopsis infans* (Woolman, 1894)”**.

Por lo anterior no tengo inconveniente en otorgar mi **VOTO APROBATORIO** para la impresión del documento y continuar con el proceso de titulación y programación del examen de grado.

A T E N T A M E N T E

Aguascalientes, Ags. a 12 de abril de 2017

DR. JOSÉ DE JESÚS LUNA RUIZ
INTEGRANTE DEL COMITÉ TUTORAL

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma de Aguascalientes** por abrirme las puertas para realizar mis estudios de posgrado.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por financiar el proyecto de investigación con el registro de becario número 575828.

Al **Dr. José Luis Arredondo Figueroa** por las sugerencias y comentarios para mejorar este proyecto.

Al **Dr. Roberto Rico Martínez, al Dr. Gustavo Emilio Santos Medrano y el equipo de trabajo del laboratorio de Toxicología** por abrirme las puertas para realizar el trabajo experimental, el apoyo, comentarios y amistad, muchas gracias.

Al **Dr. José Luis Gómez Márquez y a la Dr. Bertha Peña Mendoza** por todo el apoyo incondicional, amistad, conocimientos, paciencia, tiempo, dedicación, enseñanza personal y profesional brindada desde Licenciatura y en esta etapa, muchas gracias.

Al **Dr. José de Jesús Luna Ruiz y al Dr. Jesús Trinidad Ponce Palafox** por los comentarios para mejorar este trabajo.

Al laboratorio de Acuicultura de la Posta Zootécnica UAA: **MVZ Jorge Ramón Rocha Ruiz, Alber del Refugio Moreno Mena, Joao Silva Santos, Ángela Araujo García**, por brindarme el apoyo en la colecta de los organismos, los comentarios y la amistad.

DEDICATORIA

A mis familias **Alvarado Suárez, Meléndez Alvarado y Meléndez Torres** que a pesar de estar lejos, siempre sentí su presencia con algún comentario, palabra de aliento, pero sobre todo las porras, los abrazos virtuales, ahora saben que tienen un hogar en Aguascalientes, los amo y muchas gracias.

A la familia que uno elige: **Gera, Ara, Sara, Jaz, Fany y Espejo** por que vivieron en carne propia este proceso, los días difíciles, los días felices y los seminarios, gracias por todo el apoyo brindado, la amistad y las risas, me hicieron sentir como en casa, Gracias totales.

A **Ángel Alcalá Pavia**, mi prometido, que apostó por este maravilloso viaje llamado maestría, por el proyecto de vida que nos espera, el amor incondicional, definitivamente las palabras de aliento esos días difíciles, gracias por permanecer en mi vida y elegirme como tu compañera, TE AMO.

Finalmente a todas esas personas que de alguna manera influyeron y me apoyaron en esta etapa. Gracias alumnos y compañeros del CETAC 05.

ÍNDICE GENERAL

1.0	INTRODUCCIÓN.....	1
2.0	MARCO TEÓRICO	4
	Biología larvaria.....	8
	Hábitos alimenticios.....	9
	Boca y cavidad bucal.....	10
	Branquiespinas.....	11
	Estomago e intestino.....	12
	Composición del zooplancton.....	15
	DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE.....	20
3.0	ANTECEDENTES.....	21
4.0	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	26
4.0	OBJETIVOS.....	31
	Objetivo general.....	31
	Objetivos específicos.....	31
5.0	HIPÓTESIS.....	31
6.0	JUSTIFICACIÓN.....	32
7.0	MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
	Origen de los peces experimentales.....	34
	Diseño estadístico	40
8.0	RESULTADOS.....	41
	Análisis químico proximal	41
	Proteínas	41
	Carbohidratos	42
	Lípidos	43
	Apertura bucal	44
9.0	Indicadores de crecimiento	46
	Alimento balanceado Wardley	46

Alimento balanceado para postlarvas de camarón Gisis PL 1	47
<i>Paramecium caudatum</i>	48
<i>Paramecium bursaria</i>	50
<i>Lecane papuana</i>	51
<i>Alona guttata</i>	52
Comparación de los índices de crecimiento	54
Factor de condición	56
Supervivencia	57
Relación Peso-Longitud.....	58
Alimentación en un ciclo 24 h	63
Combinaciones	64
Combinación 1	65
Combinación 2.....	66
Combinación 3.....	67
Comparación de los índices de crecimiento	68
Supervivencia	69
Factor de condición	70
Relación Peso Longitud.....	71
10.0 Pruebas de resistencia	72
Máximo térmico crítico.....	72
pH letal	74
11.0 Discusión	75
Análisis Proximal	75
Proteína	75
Carbohidratos	78
Lípidos	80
Apertura bucal	82
Indicadores de crecimiento.....	83
Factor de condición	84
Supervivencia	85
Relación Peso Longitud.....	88

Combinaciones.....	91
Pruebas de resistencia	93
12.0 CONCLUSIONES.....	95
12.0 Glosario.....	97
13.0 Bibliografía.....	100



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características generales de los principales grupos de zooplancton de sistemas continentales. (Tomado de Conde-Porcuna *et al.*, 2004) 17

Tabla 2 Esquema de clasificación de protozoarios comunes acuáticos y del suelo Tomado de (Glynn Henry & W. Heinke, 1999) 18

Tabla 3. Composición químico proximal de zooplancton silvestre en varias épocas del año (tomado de Córdova Martínez *et al.*, 2010) 19

Tabla 4. Composición químico proximal promedio de varios organismos zooplanctónicos cultivados y utilizados en la alimentación de organismos acuícolas..... 19

Tabla 5 Mediciones de apertura bucal de organismos de *Poeciliopsis infans* de ocho días. 44

Tabla 6 Mediciones de apertura bucal de organismos de *Poeciliopsis infans* de quince días. 45

Tabla 7 Indicadores de crecimiento de *Poeciliopsis infans* con alimento balanceado Wardley 46

Tabla 8 Indicadores de crecimiento de *Poeciliopsis infans* del alimentación con Gisis PL1 47

Tabla 9 Indicadores de crecimiento de *Poeciliopsis infans* del alimentación con *Paramecium caudatum* + Medio serófilo de avena... 49

Tabla 10 Indicadores de crecimiento en *Poeciliopsis infans* del alimento *Paramecium bursaria*..... 50

Tabla 11 Indicadores de crecimiento de *Poeciliopsis infans* del alimento con *Lecane papuana*. 51

Tabla 12 Indicadores de crecimiento de *Poeciliopsis infans* alimentados con *Alona guttata*..... 52

Tabla 13 Indicadores de crecimiento de *Poeciliopsis infans* en la primera combinación propuesta 65

Tabla 14 Indicadores de crecimiento de *Poeciliopsis infans* en la segunda combinación propuesta 66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Actividad de caza A) Descubrimiento de una presa situada en el campo de percepción visual. B) Movimiento de orientación hacia la presa. C) Mirada y adopción de postura en S. D) Detención y prensión. (Tomado de Barnabé *et al.*, 1996)..... 9

Figura 2. Dentición típica de peces a) omnívoros como la cachama (Araujo-Lima y Goulding, 1997) b) carnívoros como la piraña (Machado- Allison, 1982) 11

Figura 3. Dibujo de rastros branquiales de peces con diferentes hábitos alimenticios mostrando forma, cantidad y longitud de las branquiespinas en: a) carnívoros, (b) omnívoros, (c, d) planctófagos.. 11

Figura 4. Estomago de pez herbívoro y pez carnívoro..... 13

Figura 5. Representación proporcional del número de taxones (especies) de la ictiofauna dulceacuícola del estado de Aguascalientes en relación al total para México. Fuente: Elaboración propia a partir de (CONABIO, IMEA, y Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2008) (Martínez y Rojas, 1996)..... 28

Figura 6. Familias de peces estrictamente dulceacuícolas con números de especies registradas en el estado de Aguascalientes, y su representación numérica para México, de acuerdo a la región biogeográfica a que pertenecen, Compartida (Com), Neártica (Nea), Neártica transicional (Nea-trans) y Neotropical transicional (Neo-trans) Fuente: Elaboración propia a partir de (Martínez y Rojas, 1996) (CONABIO, IMEA, y Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2008)..... 29

Figura 7 Porcentaje de proteína registrada en los diferentes tratamientos de alimentación de los organismos *Poeciliopsis infans* ... 41

Figura 8 Porcentaje de carbohidratos registrada en los diferentes

tratamientos de alimentación de los organismos *Poeciliopsis infans* ... 42

Figura 9 Porcentaje de lípidos registrada en los diferentes tratamientos de alimentación de los organismos *Poeciliopsis infans* ... 43

Figura 10 Mediciones de apertura bucal 44

Figura 11 *Poeciliopsis infans* de 8 días (izquierda), organismo de *Poeciliopsis infans* de 15 días. 45

Figura 12 Comparación de los índices de crecimiento de alimentación de una hora. 55

Figura 13 Factor de condición de los organismos de *Poeciliopsis infans* en los tratamientos individuales..... 56

Figura 14 Supervivencia de los organismos de *Poeciliopsis infans* con alimentación individual de alimento balanceado y vivos..... 57

Figura 15 Relación P- L de *Poeciliopsis infans* alimentadas con Wardley 58

Figura 16 Relación P-L de *Poeciliopsis infans* alimentados con Gisis PL1 59

Figura 17 Relación P-L de los organismos de *Poeciliopsis infans* alimentados con *Paramecium sp.* 60

Figura 18 Relación P-L de los organismos de *Poeciliopsis infans* alimentados con *Lecane papuana*..... 61

Figura 19 Relación P-L de los organismos de *Poeciliopsis infans* alimentados con *Alona guttata*. 62

Figura 20 A) Individuos de *Lecane papuana* consumidos. B) Supervivencia C) Relación peso longitud de *Poeciliopsis infans* alimentados una hora con *Lecane papuana* 63

Figura 21 Combinaciones propuestas para la alimentación de *Poeciliopsis infans*..... 64

Figura 22 Comparación de los índices de crecimiento entre las combinaciones propuestas para la alimentación de *Poeciliopsis infans*..... 68

Figura 23 Supervivencia de los organismos de *Poeciliopsis infans*

con alimentación combinada..... 69

Figura 24 Factor de condición de los organismos de *Poeciliopsis infans* alimentados con las combinaciones propuestas..... 70

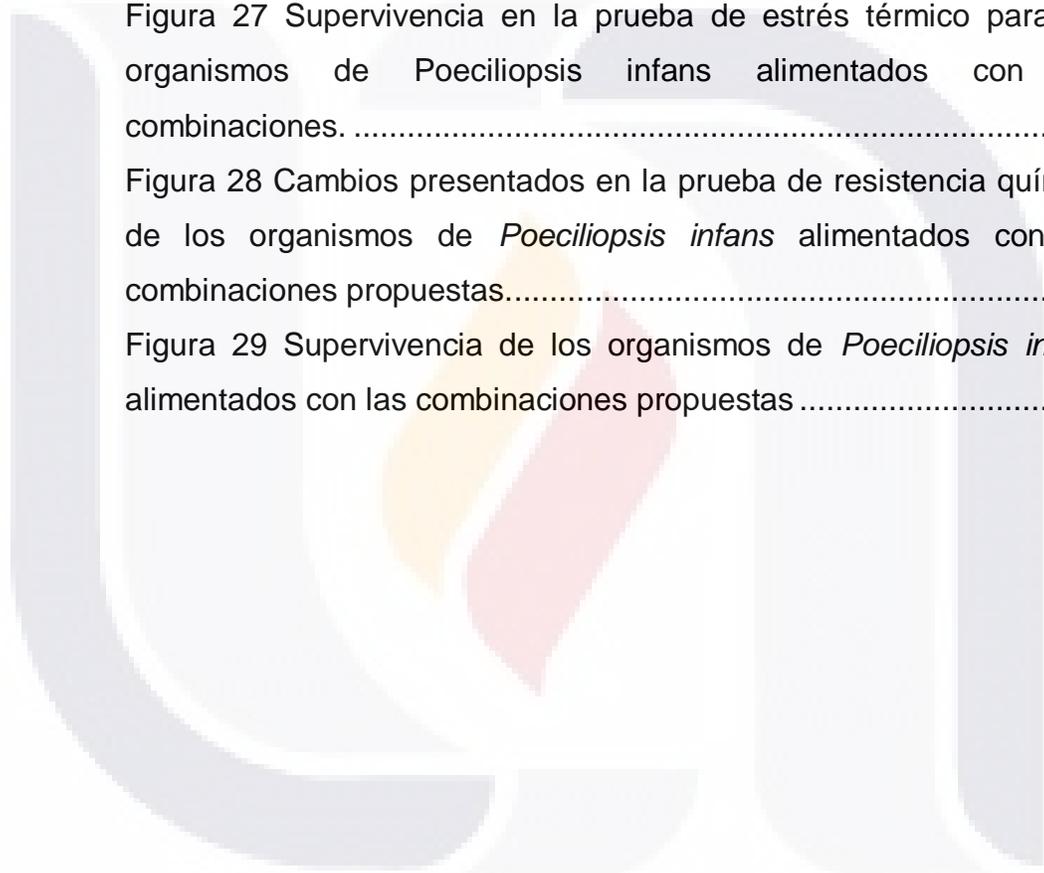
Figura 25 Relación P-L de los organismos de *Poeciliopsis infans* alimentados con las combinaciones propuestas. 71

Figura 26 Observaciones en las pruebas de resistencia de temperatura..... 72

Figura 27 Supervivencia en la prueba de estrés térmico para los organismos de *Poeciliopsis infans* alimentados con las combinaciones. 73

Figura 28 Cambios presentados en la prueba de resistencia química de los organismos de *Poeciliopsis infans* alimentados con las combinaciones propuestas..... 74

Figura 29 Supervivencia de los organismos de *Poeciliopsis infans* alimentados con las combinaciones propuestas 74



INTRODUCCIÓN

El crecimiento que ha tenido la demanda de peces de agua dulce destinados al ornato en nuestro país, especialmente durante los últimos quince años, ha despertado el interés de un gran número de personas por incorporarse a su producción y comercialización, lo que ha impulsado el desarrollo de la industria del acuarismo en México (Mendoza-Alfaro *et al.*, 2009). Sin embargo, este desarrollo imprevisto no ha sido acompañado por la realización de estudios, tanto de instituciones del sector gubernamental como académico, que permitan conocer y evaluar el estado actual, las perspectivas económicas y sociales que ofrecen estas prácticas productivas (Ramírez *et al.*, 2010).

El desarrollo industrial de cultivo de peces ornamentales de agua dulce se ha visto obstaculizada por la falta de alimento vivo en la nutrición de los peces en las diferentes etapas de producción. Ninguna industria de exportación puede sostenerse en el largo plazo, dependiendo de captura silvestre, por lo que es importante encontrar maneras de cultivar peces en condiciones de cautiverio. Es por esto que con el fin de satisfacer la creciente demanda de la industria de exportación, cada vez más centros de cultivo son necesarios. Varios peces ornamentales vivos del género *Poecilia*, muestran una mayor demanda en la India y en todo el mundo. El éxito en el desarrollo de los alevines y las crías depende en gran medida de la disponibilidad de organismos vivos como la base de alimentación que cubra los requerimientos alimenticios (Sumithra *et al.*, 2014).

En cualquier sistema acuático en el que se lleve a cabo el cultivo de algún organismo, se desarrollan a la par otros organismos que pueden tener diversas relaciones con los animales cultivados; pueden

llegar a ser competidores (por espacio, oxígeno, alimento), parásitos, simbioses, depredadores o presas. Estos últimos son los de mayor interés práctico para los acuicultores, ya que pueden ser eventualmente aprovechados como una parte importante de la nutrición de la especie que se está cultivando (Martínez *et al.*, 2010).

En los sistemas más intensificados el alimento natural es poco promovido y como consecuencia su contribución a la nutrición de los organismos cultivados es poca o prácticamente nula. Sin embargo, dicha tendencia está cambiando en tiempos más recientes, en donde ya algunos acuicultores han tomado conciencia de la importancia del alimento natural en sus granjas. Los organismos que pueden ser aprovechados como alimento natural de peces o crustáceos en cultivo, pertenecen a muy diversos grupos taxonómicos y van desde pequeños microorganismos unicelulares como bacterias, micro algas y levaduras, pasando por organismos del zooplancton, hasta grandes organismos del bentos o neuston (Martínez *et al.*, 2010).

Uno de los puntos críticos en el ciclo de producción de peces, es sin duda, la fase de larva que requiere de alimentos externos apropiados, tanto cuantitativa como cualitativamente. La disponibilidad de alevinos en cantidades y de buena calidad, se considera un factor crítico para el éxito de la producción intensiva, en la que la alimentación y la nutrición han sido señaladas como los principales factores responsables de los frecuentes fracasos en la larvicultura, constituyéndose en el cuello de botella que impide la expansión de la actividad (Prieto y Atencio, 2008).

El alimento que se proporciona, especialmente a las larvas de las especies, puede ser vivo o inerte. Dentro del alimento vivo, las microalgas (fitoplancton) juegan un papel importante en las primeras

horas de vida de las larvas, cuando inician la búsqueda de su alimento. Luego, se pueden suministrar algunos organismos zooplanctónicos de tamaños microscópicos como los rotíferos, pulgas de agua, copépodos y nauplios del crustáceo *Artemia* y otras especies de invertebrados, como las larvas de *Tenebrio* (gusano de harina) o del gusano de fango *Tubifex*, o de *Panagrellus*. Otros organismos usados como alimento vivo son las pupas o larvas de mosca de la fruta, las lombrices de tierra y pequeños peces conocidos como peces forrajeros (Castro-Barrera *et al.*, 2003).

El alimento vivo tiene cualidades que no tiene un alimento inerte, como es el movimiento, que estimula ser atrapado por el depredador; el color, que es atractivo para su captura; la calidad nutritiva, ya que los organismos que se aprovechan como alimento y que se cultivan, contienen la cantidad y la calidad de nutrimentos indispensables para el adecuado crecimiento de las especies en el agua. Por otra parte, el alimento vivo tiene la cualidad de no afectar la calidad del agua, debido a que este es consumido antes de que llegue al fondo, sin causar ningún tipo de descomposición, a diferencia del alimento inerte, que si no tiene buena flotabilidad, se ira al fondo, donde se descompone y afecta al medio, causando a veces una mortalidad total en el estanque (Castro-Barrera *et al.*, 2003).

Hoy en día la base de la producción de peces ornamentales a nivel nacional la constituyen 61 variedades de 19 especies pertenecientes a cinco familias: Cyprinidae, Poeciliidae, Cichlidae, Characidae y Anabatidae (Maya-Peña y Marañon-Herrera, 1998), lo que significa que la producción nacional aporta aproximadamente 50% del volumen de peces de ornato que se comercializa en el país cada año, pero menos de 10% de las más de 800 especies y variedades comercializadas (Ramírez *et al.*, 2010).

Tres de diez especies ornamentales importadas en Estados Unidos son los Cyprinodontiformes de la familia Poeciliidae. En la India los poecilidos representan el 50% de las ventas en peces ornamentales (Ramachandrann, 2002).

Uno de los géneros de mayor relevancia dentro de la familia Poeciliidae, es *Poeciliopsis* debido a su uso como controlador biológico de mosquitos vectores de enfermedades transmisibles al hombre, ya que incorpora a su dieta las larvas de estos mosquitos (García y Koldenkova, 1990). Es el género *Poeciliopsis* en donde existen 44 especies (Miller *et al.*, 2009). Este género además de presentar una importancia médica, económica y científica, también tiene relevancia ecológica. Es importante elaborar trabajos que analicen las estrategias reproductoras en cuanto a tamaño y número de huevos, así como el aprovisionamiento nutricional a las crías que nacen en ecosistemas variados, de esta manera se puede generar conocimiento acerca de la importancia de aspectos ecológicos en la evolución de la condición de viviparidad (Hernández *et al.*, 2004).

MARCO TEÓRICO

Los peces son los vertebrados más abundantes del planeta, representados por tres grandes grupos vivos, los ciclóstomos o peces sin mandíbulas como las lampreas, los peces cartilaginosos como los tiburones, las rayas y los peces óseos como las carpas, (Aguilar y González, 1997) (Guzmán y Lyons, 2003) El número estimado al finalizar el 2006 fue de 28,400. El número proyectado esta cerca de los 32,500 (Nelson, 2006).

Los peces pertenecen a las clases más primitivas de los vertebrados y presentan caracteres arcaicos; se pueden citar, por

ejemplo, los rasgos anatómicos como la ausencia de dientes mandibulares, la ausencia de estómago en varias familias, la no diferenciación entre intestino delgado e intestino grueso, los caracteres fisiológicos así como la importancia de los mecanismos de absorción enterocitaria por pinocitosis o bien incluso la imperfecta regulación de la glucemia tras la ingestión de glúcidos (Guillaume *et al.*, 2004).

La nutrición es definida como la rama de la fisiología que estudia el conjunto de procesos requeridos para proporcionar al organismo la energía y los nutrientes necesarios para los procesos vitales. La alimentación, es un término más amplio, se emplea como la aplicación de la nutrición en la producción anual y especialmente, en todo lo referente a la estimación de las raciones y a su distribución (Guillaume *et al.*, 2004).

Se sabe que los peces consumen otros seres vivos de su entorno para nutrirse, ya que a diferencia de los vegetales, son incapaces de sintetizar la materia orgánica. Este alimento sirve para garantizar las necesidades energéticas (actividades motoras, metabolismo basal, etc.), su reproducción y crecimiento. Los peces no difieren en esto del resto de animales criados excepto en lo que respecta a la temperatura. Viven en el agua, que es uno de los elementos cuyo calor específico es más elevado y los peces, al igual la mayoría de los animales acuáticos, son animales de sangre fría, poiquilotermos, siendo su temperatura la misma (con un grado de diferencia) que la del agua en la que viven. No necesitan por tanto consumir energía para mantener la temperatura de su cuerpo a un nivel diferente de aquel del ambiente (Barnabé *et al.*, 1996).

El nutriente es el intermediario entre el alimento y el metabolito; la glucosa, los aminoácidos o las vitaminas son nutrientes. Las proteínas, glúcidos o lípidos suelen utilizarse a veces, aunque abusivamente, como nutrientes. De hecho, se trata de macronutrientes aunque este término se emplee poco. Hablamos de nutrientes energéticos cuando nos referimos a macronutrientes que pueden suministrar energía, pero la energía alimentaria no es un nutriente. Tanto en nutrición como en alimentación, la ración se refiere siempre a la cantidad distribuida y no a una dieta o un alimento. La ración, expresada por una unidad de peso corporal es la tasa de alimentación o de racionamiento. (Guillaume *et al.*, 2004).

Cualquiera que sea el alimento, bien sea natural o artificial, las exigencias de los peces no varían: ya que necesitan proteínas, lípidos, a veces glúcidos, minerales, vitaminas y factores de crecimiento; estos alimentos pueden proceder de los organismos del medio acuático o de las dietas preparadas. Sus necesidades energéticas son menores que las de los animales de sangre caliente y los peces tienen necesidad de ciertos lípidos que los animales de sangre caliente no necesitan, tales como ciertos ácidos grasos (Barnabé *et al.*, 1996).

Cualquiera que sea el lugar o la especie seleccionada, las modalidades de una explotación acuícola son idénticas en su propósito general como a) la obtención de la gametogénesis, b) la inducción de la puesta, así como c) la fecundación de los huevos, d) su incubación y e) la cría de animáculos frágiles y minúsculos que eclosionan (las larvas), que son etapas que se desarrollan a menudo en una misma estructura, que corresponde a la estructura básica de granja de cultivo (Barnabé *et al.*, 1996).

Las ventajas que se obtienen al utilizar alimento vivo son diversas, entre ellas: a) un rápido crecimiento, b) una asimilación directa, c) un alto valor nutricional, d) la posibilidad de enriquecimiento con alimentos suplementarios, e) una mayor tolerancia a enfermedades y f) otras. Aunque la tendencia general de la producción masiva es hacia la formulación y elaboración de alimentos balanceados, el alimento vivo sigue siendo indispensable, al menos en las fases críticas (larvaria y juvenil) del desarrollo de las especies de interés comercial (Sánchez-Estudillo, 2011).

Los peces del orden Cypirnodontiformes son cosmopolitas y se distribuyen en latitudes templadas (Miller *et al.*, 2009). Dentro de este grupo se encuentran los Poecílidos que pertenecen a la tribu Heterandrini, son teleósteos, vivíparos, que presentan la cabeza comprimida anteriormente y la boca protráctil con la mandíbula inferior ligeramente adelantada. En esta familia, se aprecia un evidente dimorfismo sexual en los adultos. La aleta anal del macho se modifica en forma de un órgano copulador llamado gonopodio; por su parte, las hembras presentan una mancha oscura en la parte anterior del ano llamada punto grávido (Ghedotti y Wiley, 2002). En general son peces pequeños con una longitud aproximada de 31 a 70 mm (200 mm) y que habitan principalmente en zonas tropicales en ríos, pantanos y manglares (Miller *et al.*, 2009).

La familia *Poeciliidae* tiene una forma peculiar de reproducción ya que almacenan el esperma y presentan superfecundación, lo que permite que una sola hembra fecundada, pueda colonizar un nuevo hábitat y fundar una población exitosamente (Elías-Fernández *et al.*, 2006). La familia comprende a los peces nativos del nuevo mundo y se distribuyen principalmente en la zona tropical y subtropical. Comprenden unos 22 géneros y 180 especies, la mayoría de ellas

pequeñas, que miden 31 a 70 mm longitud patrón de longitud patrón (LP) y alcanzan un máximo de 200 mm, tienen fecundación interna por medio del gonopodio del macho (que es una modificación de los radios anales 3 a 5) y dan a luz a sus crías vivas (excepto el género *Tomeurus*). En ambos sexos, los primeros tres radios anales no están divididos, y el tercero casi alcanza el margen distal de la misma. El cuarto radio es profundamente ramificado. Estos caracteres morfológicos del gonopodio se usan ampliamente con fines taxonómicos y a veces las especies no pueden ser identificadas sin examinar a los machos (Miller *et al.*, 2009).

Biología larvaria

Las actividades natatorias de la larva se establecen progresivamente; son pasivas al principio, la larva se orienta boca abajo en posición horizontal hacia la luz y mantiene dicha posición en aguas poco agitadas. Los períodos de natación activas se alternan entonces con períodos de deslizamiento pasivo (acción eficaz desde el punto de vista de la progresión y de la economía energética), incluso en aguas estancadas; la acción del agua sobre los neuromastos es determinante: durante la natación ya que el deslizamiento éstos son excitados según el movimiento del agua; en cuanto este movimiento se detiene, el neuromasto desencadena por reflejo la reanudación de la actividad natatoria conocida como mecanismo de retroacción (Barnabé *et al.*, 1996).

La actividad de caza es provocada por la visión de una presa potencial del tamaño adecuado al tamaño de la boca: De hecho, se trata de la respuesta ante un estímulo sucesivo de diferentes células de la retina que desencadena un conjunto de movimientos genéticamente programados (que se manifiesta en un comportamiento), que es caracterizado por diversas fases sucesivas

(Figura 1). Otro criterio, es la dureza, o la presencia de espinas ornamentales en el cuerpo de la presa, que se aprecia cuando la tiene en la boca: posteriormente, la expulsa (Barnabé *et al.*, 1996).

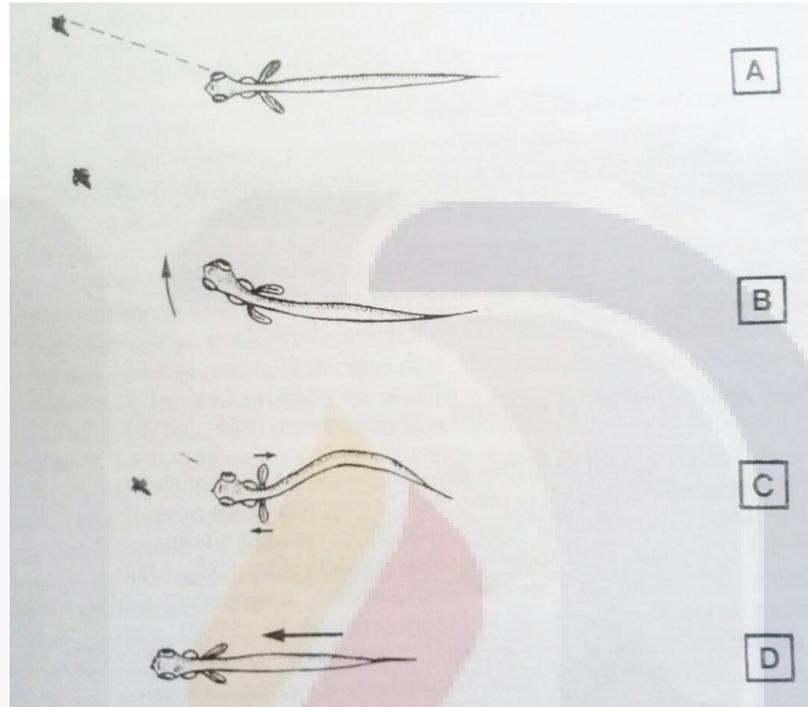


Figura 1. Actividad de caza A) Descubrimiento de una presa situada en el campo de percepción visual. B) Movimiento de orientación hacia la presa. C) Mirada y adopción de postura en S. D) Detención y prensión. (Tomado de Barnabé *et al.*, 1996)

Hábitos alimenticios

Los “hábitos alimenticios” es la manera como se alimenta el pez, es decir la conducta directamente relacionada con la búsqueda e ingestión de alimentos. Estos deben distinguirse de los hábitos alimentarios o dieta natural, que tienen que ver con el tipo de alimento que habitualmente u ocasionalmente consumen los peces. De manera general los peces pueden ser considerados omnívoros u oportunista con relación a sus preferencias alimenticias, tanto en condiciones

naturales como en cultivo; sin embargo, algunas especies son más eficientes o presentan una mayor preferencia para la utilización de ciertos alimentos naturales. El conocimiento de tales preferencias es fundamental para la formulación y fabricación de raciones y para el planeamiento de estrategias de alimentación en sistemas de cultivo intensivos para cada especie en particular (Vásques, 2004).

Boca y cavidad bucal

Del tamaño de la boca depende el tamaño de la partícula del alimento que normalmente ingiere. Así peces planctófagos, herbívoros o detritívoros, en general presentan una boca pequeña en tanto que los peces carnívoros, una boca y cavidad bucal grande, lo que facilita capturar y engullir presas enteras (**Figura 2**). Dependiendo del hábito alimenticio los dientes pueden estar presentes o ausentes y así mismo, variar en cuanto a su número, forma y tamaño; de acuerdo a su posición puede ser mandibulares, bucales y faríngeos, según su forma puede ser cardiformes, viliformes, caninos, incisivos y molariformes (Lagler *et al.*, 1990).

La orientación inferior de la boca del pez se asocia a organismos bentónicos con hábitos de succión, raspadores o que toman ingestión del alimento directamente del sedimento. Mientras que la orientación superior, también es reconocida vista en organismos bentónicos, y es funcional en especies que suelen enterrarse y sorprender a sus presas. La boca terminal se observa en organismos pelágicos que persiguen y cazan a sus presas al nadar y finalmente la boca protrusible está presente en organismos que necesitan ampliar la luz de la boca, es decir, aumentar su capacidad bucal para consumir presas o sedimento de mayor tamaño (Instituto de Biología, 2016).

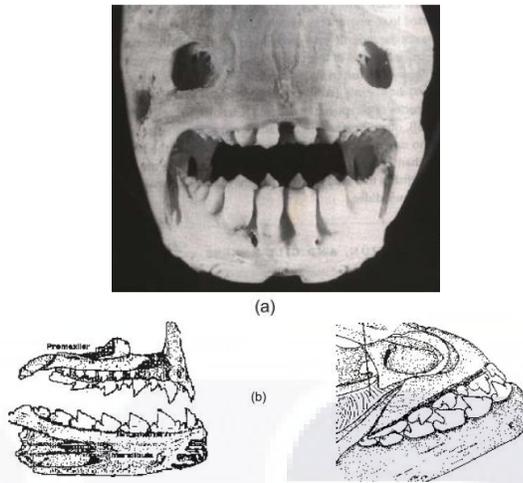


Figura 2. Dentición típica de peces a) omnívoros como la cachama (Araujo-Lima y Goulding, 1997) b) carnívoros como la piraña (Machado- Allison, 1982).

Branquiespinas

Las branquiespinas están constituidas por prolongaciones óseas situadas en la parte anterior de los arcos branquiales, protegiendo los filamentos branquiales de la abrasión que producen los materiales con textura abrasiva y que son absorbidos junto con el agua. Esta estructura actúa como una especie de tamiz que deja pasar el agua y retiene al mismo tiempo, las minúsculas presas que se encuentran en ella y las partículas de alimento, canalizándolas hacia el estómago.

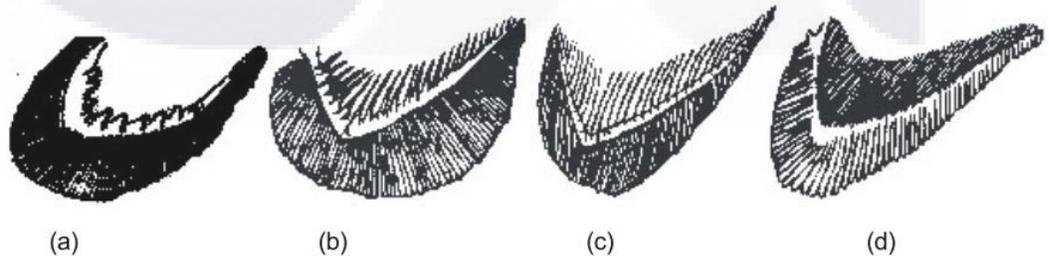


Figura 3. Dibujo de rastros branquiales de peces con diferentes hábitos alimenticios mostrando forma, cantidad y longitud de las branquiespinas en: a) carnívoros, (b) omnívoros, (c, d) planctófagos (Tomada de Vásquez Torres, 2004)

Los peces carnívoros y algunos herbívoros que se alimentan de organismos mayores, tienen un bajo número de branquiespinas, son más gruesas, cortas y bastante separadas entre sí (**Figura 3a**). Los omnívoros (**Figura 3b**), a su vez poseen branquiespinas más definidas y más largas; así por ejemplo la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) tiene entre 33 y 37 branquiespinas en el primer arco branquial por lo que solo puede filtrar eficientemente durante su etapa juvenil, hasta un peso de 40 a 50 g. Por su parte la cachama negra (*Colossoma macropomum*), es filtradora durante toda su vida (Woytaroich, 1988), y posee entre 84 y 107 branquiespinas en el primer arco branquial. Los peces planctófagos generalmente poseen numerosas branquiespinas, que son finas, largas y muy próximas entre sí, lo que permite un eficiente tamizaje de partículas de alimento (fitoplancton y zooplancton) durante toda la vida (**Figuras 3c, 3d**) (Vásques, 2004).

Estómago e intestino.

Los peces carnívoros ictiófagos, tienen un estómago verdadero, el que es típicamente alargado, como en el caso de los peje-lagartos (*Lepisosteus*), las barracudas (*Sphyraena*), algunos esciéndidos (familia *Sciaenidae*), pejes sapos (familia *Batrachoididae*) y los lenguados como el género *Paralichthyidae* (Moyle y Cech, 2000). El estómago de estos peces tiene la característica principal de mostrar un pH bajo y la presencia de jugos digestivos y principalmente la enzima proteolítica pepsina. En otros peces carnívoros se ha perdido el estómago, como es el caso del género *Scomberosox* y como sucede también en ciertos peces consumidores de pequeños crustáceos (familia *Syngnathidae*). A pesar de lo anterior, el criterio primario para considerar a estos peces, no es el que sean carnívoros o herbívoros, sino la presencia de órganos accesorios para la

trituration y molienda de los alimentos, ya sea en forma de dientes o de una bolsa muscular conocida como molleja. En peces consumidores de plantas, el tejido epitelial del esófago se transforma directamente en el intestino. En otros peces que ramonean, como los peces loro (Scaridae) también se puede encontrar la misma condición, mientras que en las especies omnívoras, el estómago tiene forma de saco, que es similar al de los humanos (Lagler *et al.*, 1990).

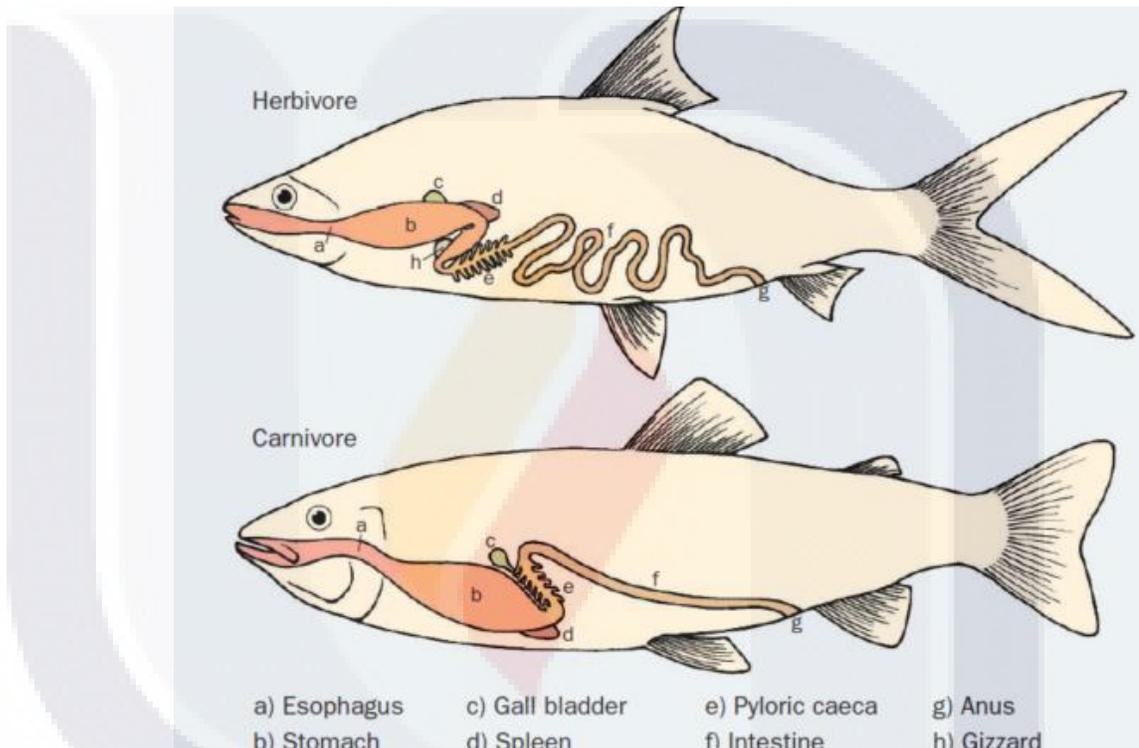


Figura 4. Estómago de un pez herbívoro y un pez carnívoro (Tomada de <http://melkenenciencia.blogspot.mx/2011/03/anatomia-y-diseccion-de-un-peze.html#>)

La digestión final de los carbohidratos, los lípidos y las proteínas es realizada en el intestino. Existe una relación directa entre la longitud del intestino y hábito de alimento del pez. En carnívoros la relación intestino: longitud del cuerpo es de tan solo 0.7 a 0.9 en promedio; en herbívoros de 2.2 a 4.5, en omnívoros de 1.2 a 4.7, los planctofagos-detritívoros de 6.0 a 8.0. Algunos herbívoros y detritívoros tienen un intestino de 10 a 16 veces la longitud del cuerpo

(De Silva y Anderson, 1995). En los omnívoros que no tienen un estómago definido y un intestino largo, los individuos pueden ingerir gran cantidad de alimentos hasta llenar completamente su intestino. La digestión completa de los alimentos se realiza en un lugar determinado del tubo del intestino, puede provocar una deyección eliminando todos los alimentos que se encuentren atrás de ese punto, aun los que no están completamente digeridos. Esto se puede observarse con facilidad en las mojarras y por tal razón es aconsejable repartir el alimento en varias pequeñas raciones al día, para aumentar su aprovechamiento (Vásques, 2004).

En los peces carnívoros la digestión de los tejidos de origen animal, inicia en el estómago, de tal manera que cuando los alimentos llegan al intestino lo hacen en un estado de digestión avanzado. Por esta razón, el intestino es relativamente corto pero con numerosos pliegues y vellosidades que mejoran la eficiencia de absorción de los nutrientes digeridos. Los peces herbívoros y fitoplanctófagos consumen alimentos de digestión más difícil y por eso, generalmente presentan intestinos más largos, comparados con el de los peces omnívoros y carnívoros. En los peces no existe un intestino grueso claramente delimitado. La estructura histológica intestinal suele ser en el último tramo digestivo y es bastante sencilla. El ano se abre al exterior por delante del orificio genitourinario. Los peces teleósteos carecen de cloaca (Vásques, 2004).

Es de gran importancia el conocer la composición química de los alimentos vivos, ya que el utilizar un recurso pobre en nutrientes esenciales puede causar el desarrollo anormal y muerte masiva de las especies en cultivo. Existen estudios que así lo demuestran, como es el caso del desbalance nutricional que causa el uso de la levadura *Saccharomyces cereviceae* en la producción masiva de larvas de especies marinas (Hirata, 1980).

Composición del zooplancton

Rotíferos

Los rotíferos juegan un papel fundamental en las cadenas tróficas pelágicas. Son un eslabón entre el fitoplancton y los consumidores secundarios, pero su importancia se acrecienta porque pueden transferir materia y energía desde bacterias y partículas detríticas de pequeño tamaño, que son recursos no utilizables por otros organismos planctónicos. Unas pocas especies pueden ser depredadoras de otras especies de rotíferos (Conde-Porcuna *et al.*, 2004). Los rotíferos son animales diminutos que habitan en agua dulce en océanos y en suelos húmedos. Su tamaño varía desde unas cincuenta micras a dos milímetros. A diferencia de los cnidarios y las tenias, que poseen una cavidad gastrovascular, los rotíferos tienen un canal alimentario, un tubo digestivo con boca y ano separados. El movimiento del cuerpo de un rotífero permite distribuir el líquido por todo el cuerpo, haciendo circular los nutrientes y los desechos en estos pequeños animales. Los rotíferos tienen formas de reproducción poco comunes. Algunas especies están constituidas solo por hembras que producen más hembras a partir de huevos no fecundados, llamada partenogénesis. Otras especies producen dos tipos de huevos que se desarrollan por partenogénesis, un tipo forma hembras y otro tipo forma machos simplificados que no pueden alimentarse por sí solos (Campbell y Reece, 2005).

Los rotíferos son fuente de alimento para el cultivo de larvas de peces y crustáceos. Algunas cualidades que los caracterizan son las siguientes: la calidad nutritiva, el tamaño pequeño de las especies usadas en acuicultura (de 100 a 300 micras) y la lenta movilidad; éstas dos últimas, contribuyen a que sea una presa fácil de atrapar

por las larvas del organismos en cultivo (Snell y Janssen, 1995). Además, la especie *B. plicatilis*, ampliamente utilizada como fuente esencial de alimento vivo en el crecimiento de larvas de peces, camarones y cangrejos marinos, tiene la cualidad de tolerar el ambiente marino (Dhert y Sorgeloos, 1994).

Cladóceros

Varias especies de cladóceros en el ámbito mundial son consideradas como uno de los recursos alimenticios adecuados en la acuicultura por su tamaño, la facilidad de cultivo, el contenido de un espectro considerado de enzimas digestivas y la facilidad de elevar su valor nutricional mediante el enriquecimiento, gracias a su capacidad filtradora (Prieto , 2001).

Estos crustáceos tienen gran importancia como partícula alimenticia viva en las etapas iniciales de peces de consumo y peces ornamentales (Atencio-García, 2000). Los cladóceros por su papel en la dinámica trófica de los ecosistemas acuáticos en compañía de otros organismos zooplanctónicos han sido investigados como alimento vivo o como organismos de prueba en bioensayos. Los cladóceros son candidatos viables por su pequeña talla, rápido desarrollo, su temprana reproducción, su alta tasa de multiplicación, el fácil mantenimiento en laboratorio, y su alto valor nutricional; además, su transparencia permite la observación de huevos y estructuras internas (Prieto y Atencio, 2008) **(Tabla1)**.

Tabla 1. Características generales de los principales grupos de zooplancton de los sistemas continentales (Tomado de Conde-Porcuna et al., 2004)

	Tamaño aprox. (mm)	Reproducción	Fuentes principales de alimento	Sistemas acuáticos donde predominan
Rotíferos	0.05-1.5	Partenogenética (sexual ocasionalmente)	- Algas - Detritos - Bacterias - Otros rotíferos	- Eutróficos - Sistemas no limitados en P - Sistemas con peces planctívoros
Cladóceros	0.5-3.0	Partenogenética (sexual ocasionalmente)	- Algas - Bacterias	- Oligotróficos - Sistemas sin peces planctívoros
Copépodos	0.5-2.0	Sexual	- Algas - Rotíferos - Ciliados	- Eutróficos - Sistemas salinos

Protozoarios

Los protozoarios son los organismos unicelulares más especializados, casi todos son no fotosintéticos, se reproducen asexualmente por fisión binaria y carecen de una verdadera pared celular (**Tabla 2**). La mayor parte de las especies tienen motilidad y se pueden clasificar con base en el medio de locomoción. Su tamaño varía desde pocos hasta varios cientos de micras. Los protozoarios están ampliamente distribuidos en la naturaleza y existen en casi todos los hábitats donde hay humedad (Glynn y Heinke, 1999).

El grupo más importante para la alimentación de los organismos acuáticos corresponde a los protozoarios ciliados, al que pertenece el género *Paramecium*. El paramecio, como buen ciliado, tiene una función importante en la descomposición de la materia orgánica ya que es capaz de englobar fragmentos de detritus, así como tomar materia orgánica disuelta y utilizarla como fuente de energía; también se alimenta de bacterias y transfiere la energía a niveles tróficos superiores de la cadena alimenticia. Puede utilizarse directamente

para alimentar peces recién nacidos o para otros organismos constituyentes del plancton como lo son la pulga de agua y los rotíferos (Castro-Barrera, 2003).

Tabla 2 Esquema de clasificación de protozoarios comunes acuáticos y del suelo (Tomado de Lynn Henry y Heinke, 1999)

<p>I. Seudópodos (Sarcodina) Motilidad por pseudópodos; movimiento ambiano fluido; <i>Amoeba, Entamoeba</i></p> <p>II. Flagelados (Mastigophora) Motilidad por flagelos; muchos fotosintéticos; <i>Euglena, Volvox, Giardia</i></p> <p>III. Ciliados (Ciliophora) Nadan libremente; motilidad por muchos cilios que se mueven al unísono; <i>Paramecium</i> Adheridos; fijos por un pedúnculo a una superficie; <i>Vorticella</i></p> <p>IV. Protozoarios parásitos (Suctoria) Ciliados de nado libre al principio del ciclo vital, tentáculos en el estadio adulto posterior pedunculado (Sporozoa) Por lo común sin motilidad; rara vez viven en libertad; parásitos; <i>Plasmodium</i></p> <hr/>
--

Los estudios existentes han demostrado el excelente valor nutricional de varios organismos zooplanctónicos, tanto silvestres (**Tabla 3**) como cultivados (**Tabla 4**), los cuales muestran niveles de proteína así como de ácidos grasos bastante adecuados para el cultivo de organismos acuáticos, en especial peces. Como se observa en la tabla 4, los copépodos son los que proveen más proteína que los cladóceros y los rotíferos, estos últimos con valores similares, aunque mayores que los insectos y los anfípodos.

Tabla 3. Composición químico proximal del zooplancton silvestre en varias épocas del año (Tomado de Córdova-Martínez *et al.*, 2010)

	<i>Octubre</i>	<i>Mayo</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>
Humedad (%)	89.7	87.0	91.1	91.2	-
Proteína Cruda(%)*	63.2	74.2	68.7	65.5	66.8
Lípidos (%)*	9.4	9.8	12.1	12.6	17.2
Cenizas (%)*	11.1	8.8	9.5	9.9	9.2
16:0	23.8	25.5	24.2	21.3	20.1
16:1n-7	8.8	10.8	11.4	8.2	8.6
18:0	8.9	5.6	6.2	9.4	6.7
18:1n-9	13.7	12.9	8.5	7.1	7.4
18:2-n6	2.2	5.0	3.6	5.1	3.9
18:3-n3	5.7	1.8	1.3	7.9	9.3
18:4-n3	4.2	2.0	3.4	6.3	8.7
20:1	2.1	0.6	1.0	2.0	2.2
20:4-n3	0.8	0.1	0.4	1.1	0.5
20:5-n3	8.6	9.5	8.4	8.78.6	
22:5-n3	1.0	-	0.6	0.3	0.8
22:6-n3	10.6	14.1	11.8	10.0	7.0

*Base seca

Tabla 4. Composición química proximal promedio de varios organismos zooplanctónicos cultivados y utilizados en la alimentación de organismos acuícolas (Tomado de Córdova-Martínez *et al.*, 2010)

<i>Organismo</i>	<i>PC (%)</i>	<i>EE (%)</i>	<i>FC (%)</i>	<i>ELN (%)</i>
ROTIFEROS				
<i>Brachionus plicatilis</i>	60.3	3.9	-	0.7
<i>c/Chlorella marina</i>				
Rotíferos juveniles y adultos cultivados*	54.6	13.2	-	-
COPEPODOS				
<i>Tigriopus japonicus</i>	71.1	2.6	-	-
<i>Acartia clausi</i>	70.9	1.3	-	-
CLADOCEROS				
<i>Moina sp.</i> (levadura)	68.8	2.9	-	-
<i>Daphnia pulex</i>	50.0	1.0	0.4	-
AMFÍPODOS				
<i>Gammarus lacustris</i>	40.4	1.5	1.0	-
INSECTOS				
<i>Chironomidae spp</i>	56.5	13.6	-	-

Humedad (H₂O), proteína cruda (PC) en base seca, lípidos o extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), extractos libres de nitrógeno (ELN), cenizas, cálcico (Ca) y fósforo. Datos obtenidos de Watanabe *et al.* (1983) y Riccardi y Mangoni (1999).

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Poeciliopsis infans, (Woolman, 1894) es un pequeño pez con un promedio de 30 mm de longitud (21 mm el macho, 28 mm la hembra), de tonalidades oscuras que van de un gris claro hasta el negro y posee un periodo reproductivo largo. Se distribuye en toda la Mesa Central Mexicana la que esta drenada principalmente por el vasto sistema de la Cuenca Lerma–Chapala-Santiago; también se encuentra en la Vertiente del Pacífico y los altos tributarios de los ríos Ameca, Armería, Coahuayana y Balsas (Miller *et al.*, 2009). Esta especie sobresale desde el punto de vista económico, al ser utilizado como pez ornamental en acuarios. Esta especie es de amplia tolerancia ecológica, encontrándose en lagos, ríos, estanques, manantiales cálidos a calientes, arroyos y canales, prefieren aguas tranquilas y someras cerca de márgenes lacustres o fluviales con agua clara o turbia muy lodosa de profundidad hasta 0.6 m (Miller *et al.*, 2009), también tiene un papel ecológico significativo debido a que es una especie que cuenta con una gran capacidad de adaptabilidad a su entorno, además tiene importancia veterinaria así como importancia médica, ya que es usada primordialmente para el control biológico de mosquitos vectores de enfermedades para el ser humano (Hernández *et al.*, 2004).

Los machos presentan modificación de los radios anales (3-5) por medio del que llevan a cabo la fecundación interna, llamado gonopodio y las hembras dan a luz a sus crías vivas. Al comenzar el periodo de reproducción el macho adopta un patrón de coloración oscura. Tiene un periodo de reproducción amplio, comprende de enero a junio en vida silvestre, en cautiverio comienza su periodo reproductivo en mayo. Su alimentación se basa de algas verdes (Arroyo-Zúñiga, 2015).

ANTECEDENTES

Shirota (1977) realizó los primeros estudios para medir la apertura bucal de larvas de peces en *Sardinops melanoslicta*, *Katsuwonus pelamis*, *Thunnus albacares*; y propuso una fórmula con la que se mide la apertura bucal siempre y cuando se haga un ángulo de 90° con ayuda de una varilla de vidrio o algún objeto que se introduzca en la boca del pez para llegar a dicho ángulo. Su resultado fue obtener la fórmula $D = \sqrt{2AB}$. (A es la longitud de la mandíbula superior, B es la longitud de la mandíbula inferior).

Dussault y Kramer en 1981 hicieron un estudio sobre el contenido del tracto digestivo de los guppys silvestres (*Poecilia reticulata*) y encontraron que consumían larvas de insecto y algas bentónicas. Algunos ejemplares silvestres los llevaron para su estudio sobre comportamiento alimenticio, las dietas fueron: *Daphnia sp.*, *Chlorococcum* y alimento comercial (Tetramin), observaron que la tasa de crecimiento era más alta con *Daphnia* y el alimento comercial; Los peces ingerieron del 16-25% de su peso total en peso seco de algas diariamente cuando eran alimentados *ad libitum*.

Lim y Wong (1997), llevaron a cabo dos experimentos utilizando yema de huevo y *Brachionus calyciflorus* en la alimentación de larvas de *Colisa lalia* (*Trichogaster lalius*); demostraron que en comparación con la yema de huevo, los rotíferos utilizados como alimento de arranque mejoró significativamente el crecimiento y la supervivencia de las larvas de *Colisa lalia* de los días 2 al 12. Estos efectos, también se extendieron a la fase de alimentación con *Artemia* en la fase siguiente (día 13 a 32), lo que sugiere que la calidad del alimento de arranque es crucial para el desarrollo. En la metamorfosis, la tasa de supervivencia global de las larvas alimentadas con rotíferos en estanques interiores (65.1 a 74.5%) fue

de aproximadamente cuatro veces de la obtenida en el cultivo extensivo en estanques abiertos (17.5%). En las larvas de peces Disco (*Symphysodon*) dependen del limo del cuerpo de su padre como un nutriente durante las dos primeras semanas de alimentación exógena. La observación demostró que la supervivencia de las larvas de Disco podría ser elevada en ausencia de los peces de los padres, mediante el uso de rotíferos como alimento seguido de nauplios de *Artemia*. La tasa de crecimiento y la supervivencia fueron comparables con la alimentación de los padres.

Govoni *et al.* en 1986 realizaron un estudio sobre la fisiología de la digestión de las larvas de peces donde se demostró que la adquisición, la digestión y la asimilación de los alimentos es crítica para el crecimiento y la supervivencia de larvas. Las larvas de los peces se caracterizan por poseer sistemas digestivos y dietas que difieren de los adultos, las larvas experimentan un patrón de ontogenia trófica, ya que cambian la dieta con el aumento del tamaño y estos cambios, resultan en diferencias en los requisitos digestivos. En la primera alimentación, el tubo digestivo de las larvas es funcional, pero es estructuralmente y funcionalmente menos compleja que la de los adultos. El tubo digestivo de larvas permanece histológicamente sin cambios durante el período larval antes de la transformación. Durante la transformación, se producen cambios importantes que resultan en el desarrollo del tubo digestivo adulto. La ontogenia del canal alimenticio difiere en diferentes taxones y la evidencia experimental sugiere que existen diferencias funcionales también. La eficiencia de asimilación puede ser menor en las larvas que en peces adultos, debido a la falta de un estómago funcional en las larvas, pero la cuestión de la mejora de la eficiencia de asimilación durante el desarrollo de las larvas antes de la transformación sigue sin resolverse.

Lardeux (1992), realizó un estudio con el copepodo *Mesocyclops aspericornis* y los peces larvivoros *Gambusia affinis* y *Poecilia reticulata* para liberarlos en sitios de la Villa Tuherahera para el control de larvas de mosquitos *Aedes aegyptii*, *Ae. polynesiensis*, *Culex annulirostris* y *Cx. Quinquefasciatus*. Los tratamientos fueron completados en una semana. Se observó que los peces rápidamente eliminaron a las larvas de mosquito en lugares abiertos, como estanques y pozas. El impacto de los copéodos fue en lugares cerrados ya que dependía de la disponibilidad de la dieta microfaunal por el crecimiento de los nauplios de copéodos.

Se realizó un estudio de preferencia de alimento en las larvas de *Allotoca dugesii* con tres especies zooplanctónicas: *Brachionus calyciflorus*, *Moina macrocopa*, y *Daphnia pulex*. La media del tamaño (longitud estándar \pm e.e. (mm)) de las larvas varió de 9.0 ± 0.1 mm en la semana uno a 18 ± 2 mm al final del período experimental que fue de ocho semanas. El tamaño (media \pm e.e.) aumentó de 0.125 ± 0.002 mm en la primera semana a 2.300 ± 0.361 mm en la octava semana. El éxito de captura (captura / ataque) varió de 0.80 a 0.98 con *Brachionus*, de 0.72 a 0.94 con *Moina* y 0.17 a 0.46 con *Daphnia*. La preferencia de alimento vivo se realizó utilizando *B. calyciflorus*, *M. macrocopa* y *D. pulex* en una proporción fija de 5: 2: 2 individuos/mL respectivamente, y revelaron una selección positiva para rotíferos y *Moina*, pero evitaron a *Daphnia* (Dominguez-Dominguez *et al.*, 2002).

Rojas *et al.* (2005), analizarón el contenido del tracto digestivo de cuatro especies de peces autóctonas que presentaron características de peces larvivoros. Observaron que el 28% de los ejemplares capturados de *Aequidens pulcher* presentaron en su contenido gastrointestinal restos de larvas y pupas de mosquitos

combinados con otros alimentos y el 26% contenía solo larvas y pupas; en *Aequidens coeruleopunctatus*, 63% de su contenido fue de larvas y pupas con otros alimentos y de 10 % solo larvas y pupas; 56% de los ejemplares de *Poecilia caucana* contenía larvas y pupas con otros alimentos y 34%, solo larvas y pupas; *Poecilia reticulata* contenía larvas y pupas con otros alimentos en 62% y en 33% solo larvas y pupas. Estos resultados señalan una actividad biorreguladora efectiva en estos peces identificados como larvívoros en condiciones naturales.

Navarrete-Salgado *et al.* (2008) analizaron las interacciones tróficas de los peces presentes en el embalse San Miguel Arco, Estado de México durante la temporada de otoño del 2006. Se registraron dos especies: *Menidia humboldtianum* (Atherinopsidae) y *Poeciliopsis infans* (Poeciliidae) los que se les analizó el contenido estomacal mediante los métodos numérico y volumétrico. *Menidia humboldtianum* presentó en su dieta 20 grupos alimentarios, de los que el análisis numérico resaltó a tres: *Daphnia* (26%), *Ceriodaphnia* (23%) y *Bosmina* (21%), mientras que el análisis volumétrico, destacó a *Ceriodaphnia* (51%), *Bosmina* (14%) y *Moina* (12%) como los grupos alimentarios más importantes, siendo por lo tanto una especie zooplanctófaga. *Poeciliopsis infans* presentó en su dieta a 14 grupos; de los que por su número, *Microcystis* (33%), *Mougeotiopsis* (30%) y *Gomphonema* (13%) fueron los más relevantes, mientras que por su volumen, los quironómidos (82%), *Daphnia* (13%) y *Ceriodaphnia* (3%), fueron los grupos de mayor importancia, siendo considerada una especie zoobentófaga.

Armendáriz *et al.* (2008), determinaron la trama trófica de los peces del embalse San Miguel Arco. Capturaron los peces del embalse con un chinchorro de 30 metros de largo y luz de malla de

1/3 de pulgada, los organismos se fijaron con formalina al 10 %, los peces se identificaron al igual que el alimento que consumieron, con claves especializadas. A la abundancia de los grupos alimenticios se les aplicó el índice de Simpson. Se encontró que *Chirostoma humboldtianum*, es zooplanctófago especialista; *Cyprinus carpio* y *Carassius auratus* son planctófagos generalistas y *Poeciliopsis infans* es planctófago especialista. La trama trófica se basa en el zooplancton (*Bosmina* y *Mastigodiatomus*) además de zoobentos (Corixidae).

Ramírez-Herrejón *et al.* (2013) estudiaron aspectos de la ecología trófica de *Poeciliopsis infans*, mediante el uso de análisis de contenidos del tracto digestivo para entender su capacidad para tolerar la degradación ambiental antrópica en el Lago de Pátzcuaro. Un total de 239 tractos digestivos de *P. infans* fueron analizados. Los peces fueron capturados con una red tipo chinchorro durante la temporada de lluvias y estiaje en seis sitios ambientalmente distintos. La contribución de cada componente de la dieta fue cuantificada con la frecuencia de ocurrencia y el porcentaje de área. De manera adicional, la calidad del agua y del hábitat fue medida para evaluar la condición ambiental en cada sitio. *P. infans* fue considerado omnívoro (OI=0.28) que consume principalmente detritus (44%), diatomeas epifíticas (37%) y de forma secundaria insectos terrestres (6%) y zooplancton (10%); puede comportarse como especialista (Bi=0.39) o generalista (Bi=0.68) y consumidor primario (TROPH=2.2; TP=2.3). La estrategia alimenticia fue similar entre tallas, temporadas y sitios. Ningún sitio mostró buena calidad ambiental. Los resultados del presente estudio permiten argumentar que *P. infans* puede tolerar cambios en la calidad del agua y en la disponibilidad de los artículos alimenticios, porque puede usar recursos provenientes de múltiples redes tróficas. Sin embargo, esta especie podría ser dependiente de

la complejidad del hábitat, especialmente de la cobertura de la vegetación acuática.

Pérez Osorio *et al.* (2014) determinaron los grupos alimenticios de *P. infans* y analizaron las preferencias alimentarias de machos y hembras en el estanque “JF” localizado en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México. Aplicaron el índice de diversidad de Shannon-Weiner, Simpson y el índice de similitud Renkonen, determinaron que *P. infans* es un organismo planctófago-bentófago que ingirió un total de 21 grupos de organismos, de los que *Leptodiptomus*, *Eucyclops* y huevos de *Corixidae* resaltan por sus altas abundancias, registrando una mayor diversidad en la dieta de machos.

4.0 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

México es un país que concentra una elevada proporción de la flora y la fauna del mundo, que lo sitúa como uno de los doce países mega diversos, con el 70% de la biodiversidad total del planeta. Sin embargo, México también es reconocido por su acelerado deterioro ambiental, altas tasas de extinción de especies y una acelerada destrucción de ecosistemas naturales (Peña *et al.*, 1998). Según Bezar y Maigret (1990), hay una fuerte demanda de peces tropicales para acuarios domésticos, con un mercado estimado a nivel mundial en US\$ 200 millones/año. Estos autores mencionan que en los Estados Unidos la producción de peces ornamentales se concentra en el estado de Florida, donde existen 223 granjas que producen 100 especies diferentes y que el 65% de la demanda de especies de agua dulce es cubierta localmente, pero el 85% de las especies marinas son importadas.

En México, desde el siglo XIX ya se menciona el potencial de los peces ornamentales (SEPESCA/CIQRO, 1994). Actualmente las granjas de peces de ornato se han desarrollado principalmente en los estados de: Hidalgo, Morelos, México, Puebla, Tlaxcala, Veracruz, Jalisco y Yucatán, y aunque la demanda de peces de ornato es alta, la producción total del país no alcanza a cubrir los requerimientos del mercado nacional (SEPESCA/CIQRO, 1994) y se importan peces de ornato de diversos lugares como África, Malasia, Colombia y Brasil (Devezé Murillo *et al.*, 2004).

Las unidades de producción en México son distintas y están en función de: (1) recursos naturales como la fuente y calidad del agua, (2) recursos financieros que delimitan la inversión y operación, (3) tecnología disponible para el cultivo de cada especie y (4) el mercado que a través de la oferta y la demanda hace fluctuar el precio de los peces y con esto la relación beneficio/costo (Devezé Murillo *et al.*, 2004).

En la **figura 6** se muestra la representación proporcional del número de taxa (especies) de la ictiofauna dulceacuícola del estado de Aguascalientes en relación al total para México. Las dos familias del Orden Cypriniformes del país se encuentran en el Estado, con siete especies pertenecientes a siete géneros. Del Orden Cyprinodontiformes sólo existen dos familias en Aguascalientes de las ocho encontradas en México, con sólo tres especies (*Poeciliopsis infans*, *Allotoca dugesii* y *Goodea atripinis*) de un total de 184 para nuestro país. Del Orden Siluriformes, sólo hay una familia en Aguascalientes con dos especies (*Ictalurus punctatus* e *Ictalurus natalis*) pertenecientes a un género. En el Orden Perciformes, uno de los más diversos en el país, encontramos dos familias con cinco especies (*Lepomis macrochirus*, *Micropterus salmoides*, *Micropterus salmoides floridae*, *Chaenobryttus gulosus* y *Oreochromis spp.*).

Finalmente, el Orden Atheriniformes está representado por una familia y dos especies (*Chirostoma estor* y *Chirostoma jordani*) en Aguascalientes (Martínez y Rojas, 1996).

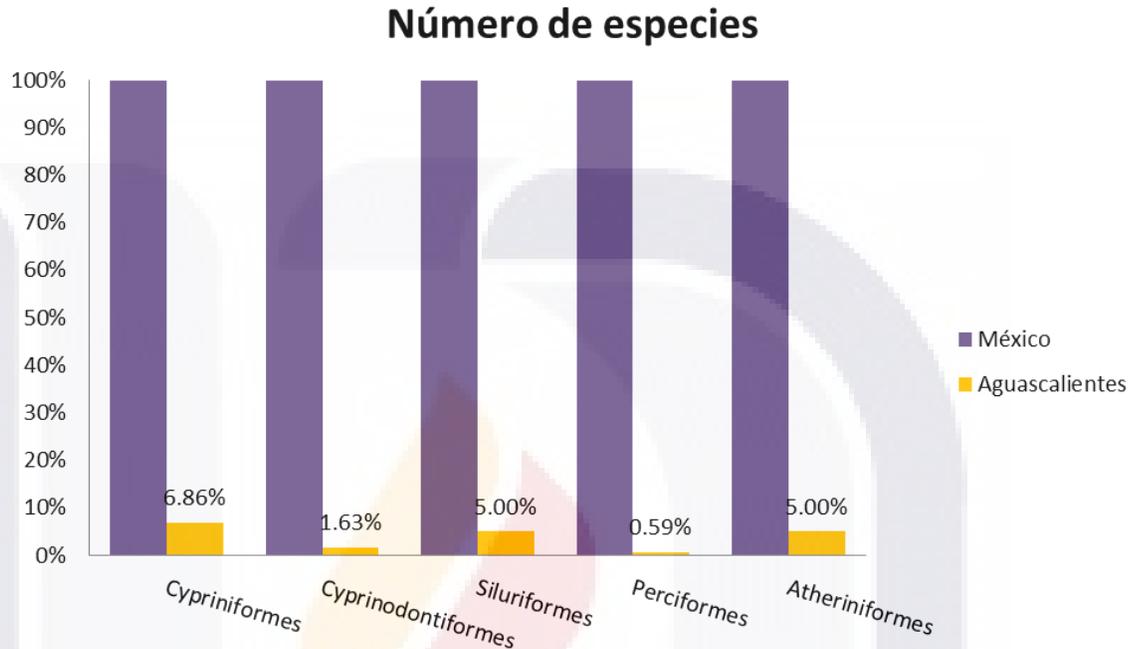


Figura 5. Representación proporcional del número de taxa (especies) de la ictiofauna dulceacuícola del estado de Aguascalientes en relación al total para México. Fuente: elaboración propia a partir de (CONABIO, IMEA, y Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2008) (Martínez y Rojas, 1996).

En la **figura 7** se muestran las familias de peces estrictamente dulceacuícolas con números de géneros y especies registradas en el estado de Aguascalientes y su representación numérica para México, de acuerdo a la región biogeográfica a que pertenecen. Destacan cinco familias, de un total de ocho encontradas en Aguascalientes, los representantes neárticos. La región Neotropical presenta sólo dos familias de naturaleza transicional, lo anterior coincide con el aspecto ya señalado anteriormente, respecto a la ubicación geográfica de Aguascalientes entre las dos regiones biogeográficas, con una mayor parte Neártica y una menor proporción correspondiente al suroeste

estatal perteneciente a la región Neotropical (Martínez y Rojas, 1996; Espinosa-Pérez *et al.*, 1993a :Espinosa-Pérez , 1993).

Número de familias

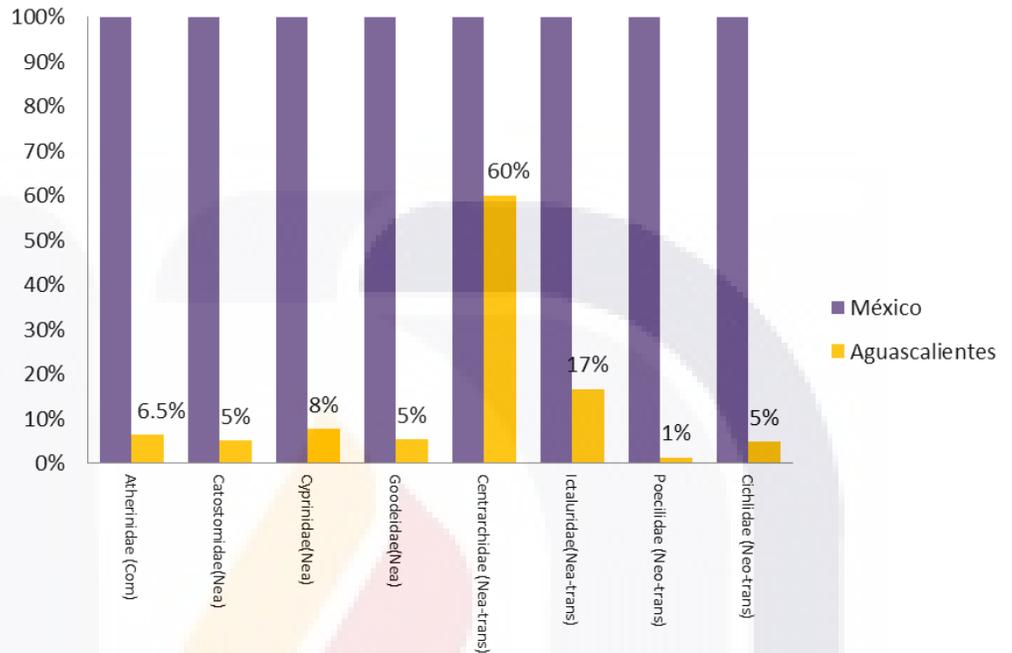


Figura 6. Familias de peces estrictamente dulceacuícolas con números de especies registradas en el estado de Aguascalientes y su representación numérica para México, de acuerdo a la región biogeográfica a que pertenecen, Compartida (Com), Neártica (Nea), Neártica transicional (Neo-trans) y Neotropical transicional (Neo-trans) Fuente: Elaboración propia a partir de (Martínez & Rojas, 1996) (CONABIO, IMEA, & Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2008)

De acuerdo a los resultados de colectas recientes (2000-2006) y a la NOM-059-SEMARNAT-2010, se observa que la especie en estudio se encuentra en peligro de extinción. Aunado a esto, existe un bajo conocimiento de la biología y la ecología de la mayoría de especies nativas de peces en Aguascalientes, por lo que muchas veces se realizan extrapolaciones a partir de datos de poblaciones de otras localidades. Finalmente, no existen regulaciones ni estrategias

de manejo de las especies introducidas con fines de acuicultura, por lo que éstas representan el principal impacto sobre las especies nativas.

En resumen, los hábitats de las especies nativas de peces son escasos debido a cambios en los regímenes de flujo del agua y a la competencia intensa con las especies de peces introducidas (CONABIO, IMEA, y Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2008).

Estos peces tienen un importante papel en las cadenas de alimentación de los ecosistemas porque muchos de ellos sirven de alimento a numerosas especies animales, desde invertebrados hasta vertebrados; principalmente a insectos, otros peces, reptiles y aves acuáticas. Además, son importantes controladores biológicos al consumir grandes cantidades de mosquitos y sus larvas, los cuales son vectores de enfermedades infecciosas al hombre (Rivero, 1951; Meffe y Snelson, 1989; Tranchida *et al.*, 2010)

El género *Poeciliopsis* pertenece a la familia Poeciliidae y contiene 19 especies, de lo que 18 viven en México. En Aguascalientes solo se puede encontrar a *Poeciliopsis infans* (Miller *et al.*, 2009).

OBJETIVOS

Objetivo general

- ❖ Analizar el efecto del alimento planctónico vivo y el balanceado sobre la supervivencia, desarrollo y resistencia en los primeros estadios de *Poeciliopsis infans*.

Objetivos específicos

- ✓ Determinar la cantidad de proteína, lípidos y carbohidratos de las especies planctónicas utilizadas para proponer la mejor dieta.
- ✓ Evaluar el efecto de la combinación de los mejores alimentos balanceados y vivos, sobre la supervivencia y desarrollo de los primeros estadios de *P. infans*.
- ✓ Analizar la resistencia de los juveniles de *P. infans* obtenidos al final de las mejores combinaciones de alimento.

HIPÓTESIS

- ✓ Si se incluye en la alimentación, organismos vivos *P. infans* entonces tendrá un mejor crecimiento sobrevivencia y resistencia, durante sus primeros estadios con respecto al alimento balanceado.

JUSTIFICACIÓN

Poeciliopsis infans es un pez endémico, nativo del estado de Aguascalientes que pertenece a la familia Poeciliidae y tiene importancia como pez ornamental y en el control de larvas de mosquito como el dengue. No obstante, durante el manejo en condiciones de cultivo de los primeros estadios de desarrollo se presenta una mortalidad alta. Por lo tanto, el reducir la mortalidad en el desarrollo de los primeros estadios, dará como resultado la posibilidad de producir de manera masiva juveniles y adultos que pueden ser utilizados con varios propósitos como peces de ornato, el control de enfermedades como la malaria, dengue y Chikungunya, y reintroducir la especie en aquellos lugares en donde antes existía y que fue erradicada por acciones antropológicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Contenido de proteínas, carbohidratos y lípidos del alimento utilizado

Se cuantifico la concentración de proteína, carbohidratos y lípidos de las especies utilizadas como alimento en el experimento. Para la estimación de los macronutrientes se utilizaron 25 organismos de *Alona guttata*, 25 de *Lecane papuana*, 40 de *Paramecium bursaria*, 40 de *Paramecium caudatum* y 0.4 mg de alimento balanceado marcas Wardley y Gisis PL1 respectivamente.

El análisis de las proteínas se llevó a cabo por el método de Bradford (1976), usando la albumina bovina (BSA) como estándar. Se utilizaron 1000 μL del reactivo de Bradford, se incubó por 5 minutos a temperatura ambiente y se realizó la lectura en el espectrofotómetro a 595 nm.

La determinación de carbohidratos fue realizada usando el método de Fenol-Ácido sulfúrico y glucosa como estándar (Dubois *et al.*, 1956), basado en la formación del color amarillo-anaranjado como resultado de la reacción de los carbohidratos con el fenol en un medio ácido. Se utilizaron 400 μL de la mezcla homogénea, agregando ácido sulfúrico y fenol saturado. La absorbancia a la que se leyó en el espectrofotómetro fue de 492 nm.

Finalmente, la determinación de los lípidos se realizó por la reacción de sulfosfovanillina (Zöller y Kirch, 1962) con una modificación para zooplancton (Sroda y Cossu-Leguille, 2011) usando colesterol como estándar. Se leyó en el espectrofotómetro a una absorbancia de 530 nm.

Origen de los peces experimentales

Las hembras cargadas de *P. Infans*, fueron recolectadas de la presa “El Chichimeco”, municipio de Jesús María y en pozas de “Potrero de los López” en el arroyo Viejo Agua Zarca, en el municipio de San José de Gracia, en el estado de Aguascalientes. Las hembras silvestres fueron transportadas al laboratorio húmedo de la Unidad Acuícola en el Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, y fueron colocadas en tinas de plástico de 40 litros de capacidad, con aireación, refugios hechos de rafia, y maternidades elaboradas con malla de red. Se mantuvieron a una temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y un fotoperiodo de 14 horas luz. En una bitácora se registró el número y fecha de nacimiento de las crías: Las crías recién nacidas se trasladaron en peceras transportadoras, con una bomba de aire de pilas para acuario, al Centro de Ciencias Básicas en el edificio 60, lugar en que se llevó a cabo la presente investigación.

Cultivo de especies planctónicas

Los cultivos se realizaron en el laboratorio de Ecotoxicología de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Para realizar dichos cultivos se prepararon seis litros de medio Bold (Nichols, 1973) para el crecimiento del alga *Nannochloropsis oculata*, que

sirvió de alimento para *Lecane papuna*, *Alona guttata* y *Daphnia magna*. Para el crecimiento de las especies planctónicas se prepararon cuatro litros de medio EPA (U.S. EPA, 1985) los organismos se mantuvieron a una temperatura de 25°C y un fotoperiodo de 16 horas luz.

Cultivo de protozoarios y cladóceros

Se preparó un medio xerófilo a base de avena para alimentar a *Paramecium brusaria* y *Paramecium caudatum* que fueron obtenidos de los cultivos del laboratorio de Ecotoxicología. Para el crecimiento de los protozoarios se prepararon cuatro litros de medio EPA (U.S. EPA, 1985) y los organismos se mantuvieron en una cámara bioclimática a una temperatura de 20°C y un fotoperiodo de 16L:8O.

Evaluación de los alimentos

De manera preliminar, se midió la apertura bucal de las crías de *P. infans* para confirmar que pudiera consumir a las presas seleccionadas. La apertura bucal se midió mediante una cámara Moticam 2300. Se analizaron organismos de ocho y quince días de nacidos.

Las 20 crías recién nacidas, se colocaron en una pecera de cinco litros a una temperatura de 28°C y un fotoperiodo de 14 horas luz. Para su alimentación, se colocaron en cajas Petri de manera individual y se suministró 0.4 mg alimento balanceado de la marca Wardley con 38% de proteína cruda; se dejó que las crías consumieran este alimento durante una hora y posteriormente, se recolectó el alimento no consumido. El mismo

procedimiento se hizo para el alimento para postlarvas de camarón Gisis PL1. La dosis de alimento balanceado, se incrementó según lo requirió el organismo conforme al incremento en peso y talla.

El experimento fue dividido en cuatro etapas: la primera de 0 a 5 días, la segunda de 6 a 10 días, la tercera de 11 a 15 días, y la cuarta de 16 a 20 días. Al término de cada etapa, se realizaron las biometrías, y se registró la longitud total (LT) con un vernier de $\pm 0.01\text{mm}$, y el peso total (PT) del organismo mediante una balanza digital (Chyo JK-200, $\pm 0.0001\text{ g}$).

Se colocaron 20 crías recién nacidas en 20 cajas Petri, se suministraron de manera individual organismos de las seis especies planctónicas propuestas, dependiendo del peso seco y la estimación hecha previamente con el alimento balanceado. Se dejó que las crías consumieran el alimento vivo durante una hora, posteriormente se recolectaron los organismos que no consumieron. Se incrementó la dosis según lo requirió el organismo. Diariamente se hizo el procedimiento anterior y antes de suministrar el alimento vivo se recogieron las heces. Al terminó de los tratamientos individuales se propondrán combinaciones con los mejores alimentos.

Alimentación en un ciclo de 24 h

El protocolo de este experimento fue administrar organismos de *Lecane papuana* y duplicarlos si así fuese necesario, si al revisar a las 24h no quedaba ningún excedente. Se comenzó con 200 organismos partiendo de que fue la cantidad que consumieron al día 20 en el experimento anterior de una hora, posteriormente

incrementando el valor al doble terminando al día 7 con 12,800 organismos cada 24 h

Se midió el **crecimiento absoluto (CA)**, **ganancia de peso y talla en porcentaje (GP% ó GT%)** (Ergün *et al.*, 2010), así como las **tasa de crecimiento absoluto (TCA)** por dieta de acuerdo a las fórmulas propuestas por Busacker *et al.* (1990):

$$CA = Y2 - Y1$$

$$GP\% \text{ ó } GT\% = \frac{CA}{Y1} * 100$$

$$TCA = \frac{CA}{t2 - t1}$$

Asimismo, se evaluó la **tasa instantánea de crecimiento** (Ricker, 1979), la que se denomina también **tasa de crecimiento específica (TCE)**:

$$TCE \left(\frac{\%}{dia} \right) = \frac{(InY2 - InY1)}{t2 - t1} * 100$$

dónde: Y1 y Y2 son el peso húmedo o la longitud total al inicio y al final del período experimental, t1 y t2 son la duración en días, In Y1 y In Y2 son el logaritmo natural del peso y de la longitud total al inicio y al final de la fase de crecimiento.

Relación Peso-Longitud:

Esta relación es importante para el estudio del ciclo de vida de una especie, ya que permite conocer su crecimiento en longitud y peso, puesto que poblaciones de una misma especie pueden presentar tasas diferentes de crecimiento ponderal (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005)

$$P = aL^b$$

Dónde:

P= Peso del individuo

L= Longitud del organismo patrón o total

a y b = constante

La ecuación se transformó en forma lineal mediante el uso de logaritmos (base 10 o neperianos), por lo que se tiene:

$$\text{Log } P = \log a + b \log L$$

Dónde:

Si $b=3$ el crecimiento es isométrico

Si $b \neq 3$ el crecimiento es alométrico.

Y los valores del intercepto (a) y de la pendiente (b), se obtendrán mediante el método de mínimos cuadrados.

Se usó una prueba de *t-student* para probar si el valor de b calculado por medio de la relación peso-longitud es significativamente diferente de 3. La ecuación que se utilizará para obtener el estadístico de t es:

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

Dónde:

$e.s_x$ = desviación estándar de log de Longitud

$e.s_y$ = desviación estándar de log de Peso

n = número de organismos

r^2 = coeficiente de determinación (Pauly, 1984).

El valor de b es diferente de 3 si el valor de “t” calculado es más grande que el valor de tablas con n-2 grados de libertad.

Tasa de ingestión de alimento (TIA)

La tasa de ingestión es definida como el número de células consumidas por un solo organismo en un intervalo de tiempo específico (Bautista, 1994). Se determinó en cada alimentación por individuo de la siguiente manera (You *et al.*, 2008):

$$TIA = \frac{\textit{Alimento total consumido}}{\textit{Alimento total suministrado}}$$

Factor de conversión alimenticia (Kilambi y Robison, 1979):

$$FCA = \frac{\textit{Alimento ingerido (g peso seco)}}{\textit{Peso húmedo ganado(g)}}$$

Eficiencia de conversión de alimento: La eficiencia en la conversión del alimento se estimó de acuerdo con (Ivlev, 1939)

$$ECA = \frac{\textit{Peso final} - \textit{Peso inicial}}{\textit{Alimento consumido seco}}$$

Dónde:

ECA = gramos ganados / gramos alimento seco proporcionado

Factor de condición (Kr): Este índice permite observar las desviaciones del peso para una talla dada con respecto al peso esperado según la regresión peso-longitud de la especie.

$$Kr = \frac{W_{ot}}{W_{et}}$$

Donde W_{ot} es el peso observado para una determinada talla y W_{et} es el peso esperado para esa talla (Le Cren, 1951) .

Supervivencia:

Se estimó el porcentaje de supervivencia durante el periodo experimental, ésta se calculó por la diferencia entre el número inicial y el final de peces:

$$\%Supervivencia = \frac{Número\ final\ de\ organismos}{Número\ inicial\ de\ organismos} * 100$$

Resistencia de los juveniles de *P. infans*.

Se evaluó la resistencia de los juveniles por medio de dos métodos: a) el primero fue de temperatura, mediante el método de la temperatura máxima crítica (Becket y Genoway, 1979), con un aumento de 3°C por minuto, sin permitir la aclimatación de los peces a temperaturas intermedias. b) la prueba de resistencia de pH se hizo mediante una modificación del método propuesto por Falk y Dunson, (1977), aumentando 0.02 unidades de pH por minuto.

Diseño estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa MINITAB 16, en principio se elaboró un diagrama QQ-plot para probar la normalidad de los datos y la prueba de Bartlett para la homocedasticidad. Si se comprueba que existe normalidad y homocedasticidad, se utilizará la estadística paramétrica con un diseño factorial de 7x4 y posteriormente se realizará una prueba de recorridos múltiples (prueba de Tukey) con un nivel de confianza del 95% para probar diferencias entre los tratamientos entre los grupos de especies zooplanctónicas. En caso de que no se comporten los datos de manera no normal, se utilizara la estadística no paramétrica y se hará una prueba de Kruskal-Wallis.

RESULTADOS

Análisis químico proximal

Proteínas

El alimento que presentó una mayor concentración de proteína fue *Paramecium caudatum*. Si bien *Paramecium caudatum* fue uno de los alimentos con mayor concentración de proteína (35%), cabe resaltar que, aunque se pretendió el aislamiento de este alimento al hacer los análisis bromatológicos, pero no se logró aislarlo del medio serófilo, por lo que los resultados se presentaron como *Paramecium caudatum* + Medio serófilo de avena. Estadísticamente presentaron diferencias significativas en la prueba de ANOVA ($F < 0.05$). Aunque en la gráfica de comparación de medias no indica que hay una diferencia entre AG, PB y W, respecto a LP, GPL1 y PC+MXA.

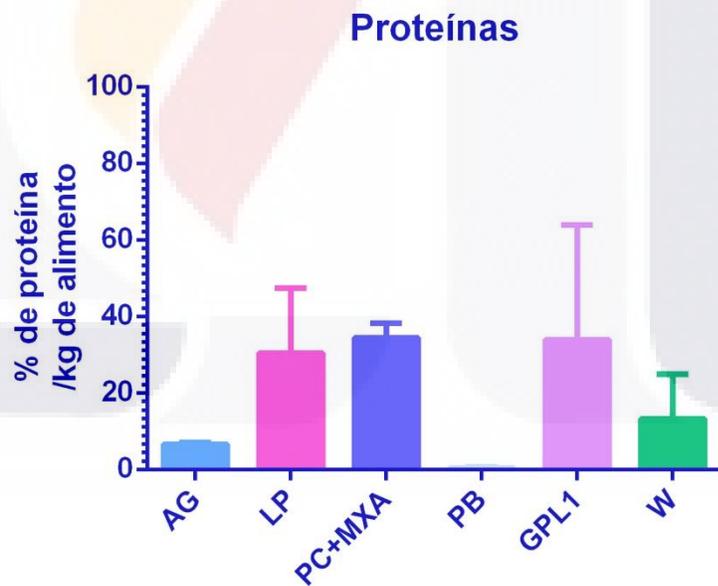


Figura 7 Porcentaje de proteína registrada en los diferentes tratamientos de alimentación de los organismos *P. infans* AG = *Alona guttata*. LP = *Lecane papuana*. PC + MXA: *Paramecium caudatum* + Medio serófilo de avena. PB = *Paramecium bursaria*. GPL1 = Alimento para camarón Gisis PL1. W =Alimento balanceado Wardley.

Carbohidratos

En el caso de los carbohidratos, estadísticamente hubo diferencia significativa ($F < 0.05$) respecto a los tratamientos individuales, *Lecane papuana* fue significativamente diferente, por la mayor cantidad de carbohidratos que presentó (65%). La grafica de comparación de medias nos indica que la concentración de carbohidratos se encuentra de la siguiente forma $LP > AG > W > GPL1 > PB > PC+MXA$.

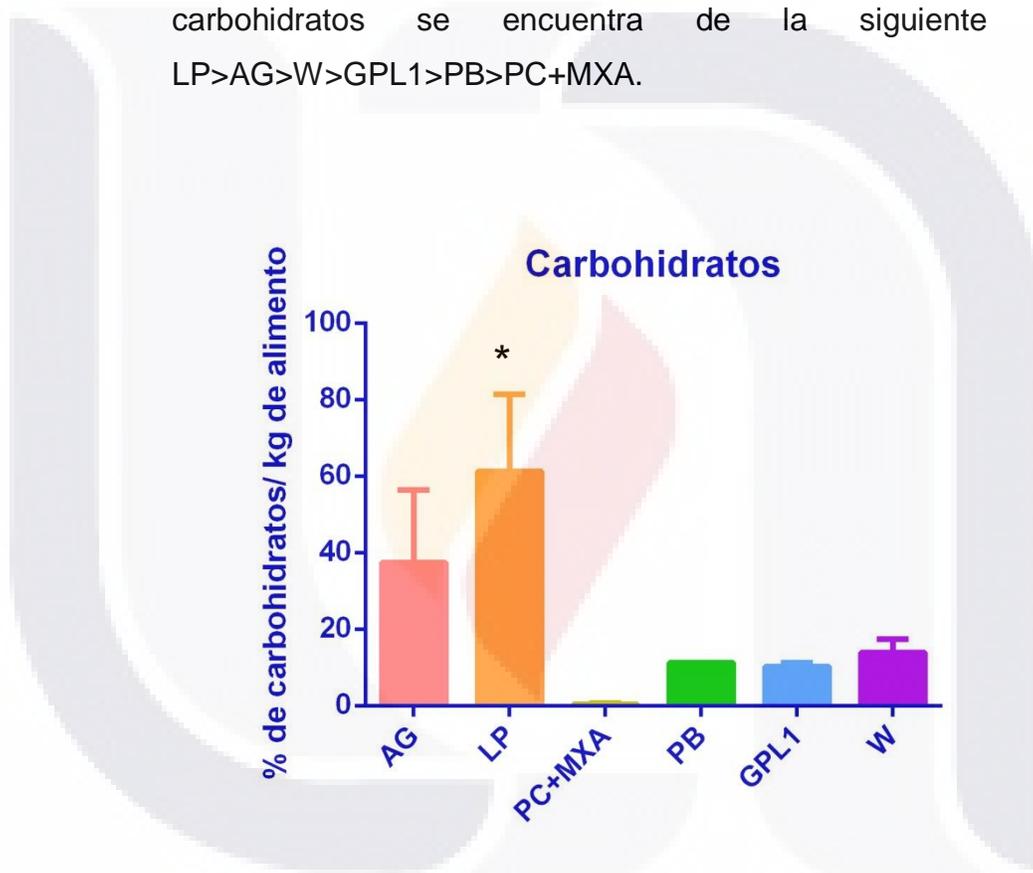


Figura 8. Porcentaje de carbohidratos registrada en los diferentes tratamientos de alimentación de los organismos *P. infans* AG = *Alona guttata*. LP = *Lecane papuana*. PC + MXA: *Paramecium caudatum* + Medio serófilo de avena. PB = *Paramecium bursaria*. GPL1 = Alimento para camarón Gisis PL1. W =Alimento balanceado Wardley.

Lípidos

En el caso de los lípidos se puede apreciar que la cantidad es muy poca en todos los alimentos, de nuevo se observan diferencias significativas ($F < 0.05$) en la que se forman cinco grupos, siendo nuevamente uno los alimentos balanceados.

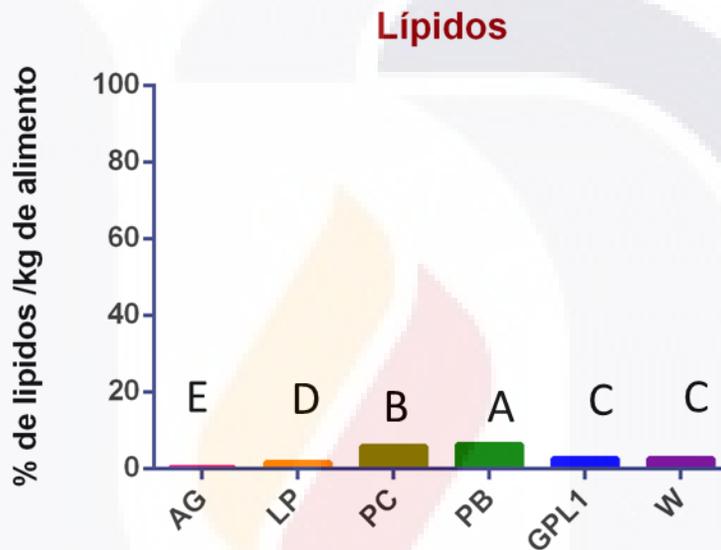


Figura 9 Porcentaje de lípidos registrada en los diferentes tratamientos de alimentación de los organismos *P. infans* AG = *Alona guttata*. LP = *Lecane papuana*. PC + MXA: *Paramecium caudatum* + Medio serófilo de avena. PB = *Paramecium bursaria*. GPL1 = Alimento para camarón Gisis PL1. W =Alimento balanceado Wardley

Apertura bucal

En la **figura 10** se observa el modelo que se utilizó para la división de segmentos de la apertura bucal, en el segmento AB el promedio 312.73 μm , para el segmento BC, el promedio 403.85 μm , en el caso del segmento AC hay que resaltar que no es la apertura bucal máxima, el promedio fue de 345.41 μm en los organismos de 8 días.

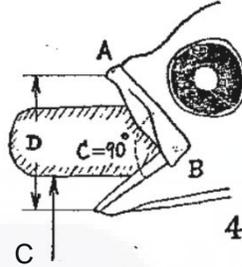


Figura 10
Mediciones de apertura bucal

Tabla 5 Mediciones de apertura bucal de organismos de *P. infans* de ocho días

N=5	AB (μm)	BC (μm)	AC (μm)	LT (cm)
Promedio	312.73	403.85	345.41	1.06 \pm
	\pm	\pm	\pm	0.14
	48.92	82.58	85.62	
Mínimo	268.23	306.44	223.59	0.84
Máximo	379.78	477.31	415.47	1.16

En el caso de los organismos de quince días, el promedio del segmento AB fue de 488.19 μm , el segmento de BC 432.27 μm y el AC 419.49 μm de los organismos de quince días.

Tabla 6 Mediciones de apertura bucal de organismos de *P. infans* de quince días.

	AB (μm)	BC (μm)	AC (μm)	LT (cm)
Promedio	488.19	432.27	419.49	1.14
\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	26.06	85.25	17.44	0.51
Mínimo	444.11	341.35	357.13	1.11
Máximo	528.64	538.02	463.01	1.17



Figura 11 *Poeciliopsis infans* de 8 días (izquierda) y de 15 días (derecha)

Indicadores de crecimiento

Se evaluaron a partir de la segunda etapa, ya que las biometrías se registraron a partir del día cinco. Solo algunos indicadores que no necesitan las biometrías del día uno se pudieron obtener.

Alimento balanceado Wardley

El alimento balanceado Wardley fue mejor en la tercera etapa además, de que el crecimiento principal que da este tipo de alimento es en peso y no en talla; como se puede observar, a partir de la etapa tres hasta finalizar el experimento. Se destaca que a pesar de que en la tercera etapa se obtuvo un mayor incremento en peso total, el FCA presentó un valor cercano a uno en la etapa dos (**Tabla 7**).

Tabla 7. Indicadores de crecimiento de *P. infans* con alimento balanceado Wardley N=20

Indicadores de crecimiento	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Total
CA (g)	NA	0.0089 ±0.005	0.0523±0.026	0.0024±0.026 0	0.0637±0.029
CA (cm)	NA	0.0571±0.07	0	0	0.0571±0.07
GT (%)	NA	5.48 ±0.07	0	0	5.48 ±0.07
GP (%)	NA	182.87 ±0.008	265.06±0.031	3.43 ±0.052	590.50 ±0.062
TCE (% g/día)	NA	12.07±0.005	25.9 ±0.026	0.675 ±0.26	9.66 ±0.029
TCE (% cm/día)	NA	9.32 ±0.07	9.05	9.05	9.32±0.07
TIA	0.37	0.84±0.14	0.55 ±0.19	0.70±0.06	0.56 ±0.23

TCA (g)	NA	0.0018 ±0.005	0.0105 ±0.026	0.0005 ±0.026	0.0032±0.0 29
TCA (cm)	NA	0.0114 ±0.07	0	0	0.0029 ± 0.07
FCA	NA	0.95 ±0.14	0.16 ±0.19	4.52 ±0.06	0.56± 0.23
ECA	NA	1.05 ±0.14	5.95 ± 0.19	2.20 ± 0.06	1.79 ± 0.23

* Crecimiento absoluto (CA), Porcentaje de ganancia en peso (GP%), Porcentaje de ganancia en talla (GT%), Tasa de crecimiento específico (TCE), Tasa de ingestión de alimento (TIA), Tasa de crecimiento absoluto (TCA), Factor de conversión alimenticia (FCA), Eficiencia de conversión alimenticia (ECA).

Alimento balanceado para postlarvas de camarón Gisis PL 1

El alimento balanceado Gisis PL1 fue mejor en la primera etapa, en cuestión de longitud, en cuanto a peso los mejores resultados se obtuvieron en la etapa número cuatro, al igual que el factor de conversión alimenticia, aunque el valor es mayor a uno, es en esta etapa donde es más aprovechado (Tabla 8).

Tabla 8. Indicadores de crecimiento de *P. infans* del alimentación con Gisis PL1 N=20

Indicadores de crecimiento	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Total
CA (g)	NA	0.0041 ± 0.01	0.0153 ± 0.05	0.0364 ± 0.07	0.0558 ± 0.13
CA (cm)	NA	0.1423 ± 0.15	0.0213 ± 0.13	0.1149 ± 0.16	0.2786 ± 0.45
GT (%)	NA	14.97 ± 0.15	1.95 ± 0.13	10.32 ± 0.16	29.32 ± 0.45

GP (%)	NA	34.81 ± 0.01	97.18 ± 0.05	117.50 ± 0.07	478.18 ± 0.13
TCE (% g/día)	NA	5.97 ± 0.01	13.57 ± 0.05	15.54 ± 0.07	8.77 ± 0.13
TCE (% cm/día)	NA	2.79 ± 0.15	0.3868 ± 0.13	1.96 ± 0.16	1.28 ± 0.45
TIA	0.58 ± 0.35	0.68 ± 0.043	0.68 ± 0.23	0.80 ± 0.12	0.67 ± 0.39
TCA (g)	NA	0.0008 ± 0.01	0.0031 ± 0.05	0.0073 ± 0.07	0.0028 ± 0.13
TCA (cm)	NA	0.0285 ± 0.15	0.0043 ± 0.13	0.0230 ± 0.16	0.0139 ±
FCA	NA	10.61 ± 0.043	3.53 ± 0.23	1.52 ± 0.12	3.06 ± 0.39
ECA	NA	0.0942 ± 0.43	0.2826 ± 0.23	0.6579 ± 0.12	0.3263 ± 0.39

* Crecimiento absoluto (CA), Porcentaje de ganancia en peso (GP%), Porcentaje de ganancia en talla (GT%), Tasa de crecimiento específico (TCE), Tasa de ingestión de alimento (TIA), Tasa de crecimiento absoluto (TCA), Factor de conversión alimenticia (FCA), Eficiencia de conversión alimenticia (ECA).

Paramecium caudatum

En la tabla 9 se observa que la alimentación con esta especie fue mejor en la tercera etapa, al incrementar tanto en peso como en talla, el FCA es alto en la segunda etapa y el restante es demasiado bajo.

Tabla 9. Indicadores de crecimiento de *P. infans* del alimentación con *Paramecium caudatum* + Medio serófilo de avena N=20

Indicadores de crecimiento	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Total
CA (g)	NA	0.0002 ± 0.0006	0.0017± 0.0006	0.0007 ± 0.002	0.0025 ±0.026
CA (cm)	NA	0.0138 ± 0.051	0.1400 ± 0.089	0	0.1538 ± 0.14
GT (%)	NA	1.64 ± 0.0006	16.28 ± 0.0006	0	18.18 ± 0.026
GP (%)	NA	2.78 ± 0.051	29.79 ± 0.089	8.72 ± 0.0	45.04 ± 0.014
TCE (% g/día)	NA	0.55 ± 0.051	5.21 ± 0.089	1.67 ± 0.0	1.86 ± 0.14
TCE (% cm/día)	NA	0.3246 ± 0.0006	3.0165 ± 0.0006	0	0.8353 ± 0.0012
TIA	0.86 ± 0.09	0.90 ± 0.085	0.87 ± 0.14	0.84 ± 0.12	0.87 ± 0.43
TCA (g)	NA	0.00003 ± 0.00006	0.0003 ± 0.00006	0.0001 ± 0.00002	0.0001 ± 0.00014
TCA (cm)	NA	0.0028 ± 0.00051	0.0280 ± 0.00089	0	0.0077 ±0.0014
FCA	NA	3.82 ± 0.085	0.04 ± 0.14	0.05 ± 0.12	0.28 ± 0.43
ECA	NA	0.26 ± 0.085	23.45 ± 0.14	21.49 ± 0.12	3.60 ± 0.43

* Crecimiento absoluto (CA), Porcentaje de ganancia en peso (GP%), Porcentaje de ganancia en talla (GT%), Tasa de crecimiento específico (TCE), Tasa de ingestión de alimento (TIA), Tasa de crecimiento absoluto (TCA), Factor de conversión alimenticia (FCA), Eficiencia de conversión alimenticia (ECA).

Paramecium bursaria

En la tabla 10 se puede observar que con este tipo de alimento se presentó una mortalidad total de los organismos en la segunda etapa, ya que de la tercera y cuarta etapa no se tienen resultados, en cuanto al crecimiento de talla y peso es pequeño, lo que se refleja en la TCA. Por último el FCA es bajo en todo el experimento.

Tabla 10. Indicadores de crecimiento en *P. infans* del alimento *Paramecium bursaria* N=20

Indicadores de crecimiento	Etapas 1	Etapas 2	Etapas 3	Etapas 4	Total
CA (g)	NA	0.0007 ± 0.001	NA	NA	0.0007 ± 0.0020.000
CA (cm)	NA	0.0100 ± 0.03	NA	NA	0.0100 ± 0.11
GT (%)	NA	0.99 ± 0.001	NA	NA	0.99 ± 0.11
GP (%)	NA	6.35 ± 0.001	NA	NA	3.97 ± 0.002
TCE (% g/día)	NA	1.23 ± 0.001	NA	NA	0.61 ± 0.002
TCE (% cm/día)	NA	0.2 ± 0.001	NA	NA	0.10 ± 0.011
TIA		0.99 ± 0.048	0.93 ± 0.071	NA	0.98 ± 0.11
TCA (g)	NA	0.0001 ± 0.0003	NA	NA	0.00007 ± 0.003
TCA (cm)	NA	0.0020 ± 0.0001	NA	NA	0.0010 ± 0.001

FCA	NA	0.08 ± 0.048	NA	NA	0.36 ± 0.048
ECA	NA	0.0007 ± 0.048	NA	NA	2.79 ± 0.0048

* Crecimiento absoluto (CA), Porcentaje de ganancia en peso (GP%), Porcentaje de ganancia en talla (GT%), Tasa de crecimiento específico (TCE), Tasa de ingestión de alimento (TIA), Tasa de crecimiento absoluto (TCA), Factor de conversión alimenticia (FCA), Eficiencia de conversión alimenticia (ECA).

Lecane papuana

En la tabla 11 se observa que con esta especie se obtuvo un mayor incremento tanto en peso como en talla, que fue más marcada en la etapa número cuatro, la TIA se mantuvo constante en todo el experimento y el FCA que más se acercó a uno fue en la etapa número tres.

Tabla 11. Indicadores de crecimiento de *P. infans* del alimento con *Lecane papuana* N=20

Indicadores de crecimiento	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Total
CA (g)	NA	0.0017 ± 0.001	0.0019 ± 0.004	0.0038 ± 0.003	0.0074 ± 0.008
CA (cm)	NA	0.0812 ± 0.05	0.0316 ± 0.07	0.1273 ± 0.06	0.2400 ± 0.18
GT (%)	NA	8.45 ± 0.05	3.0303 ± 0.07	11.8644 ± 0.06	25 ± 0.18
GP (%)	NA	17.51 ± 0.001	16.7659 ± 0.004	28.3959 ± 0.003	76.17 ± 0.008
TCE (% g/día)	NA	1.62 ± 0.001	0.5971 ± 0.004	2.2423 ± 0.003	2.83 ± 0.008
TCE (% cm/día)	NA	0.4059 ±	0.1493 ±	0.5606 ±	1.11 ± 0.18

		0.05	0.07	0.06	
TIA	0.85 ± 0.12	0.95 ± 0.06	0.95 ± 0.04	0.96 ± 0.06	0.92 ± 0.10
TCA (g)	NA	0.0003 ± 0.001	0.00038 ± 0.004	0.00076 ± 0.003	0.0003 ± 0.008
TCA (cm)	NA	0.0162 ± 0.05	0.0063 ± 0.07	0.0255 ± 0.06	0.0120 ± 0.10
FCA	NA	3.76 ± 0.06	1.27 ± 0.04	0.56 ± 0.06	1.55 ± 0.10
ECA	NA	0.26 ± 0.06	0.79 ± 0.04	1.77 ± 0.06	0.64 ± 0.10

* Crecimiento absoluto (CA), Porcentaje de ganancia en peso (GP%), Porcentaje de ganancia en talla (GT%), Tasa de crecimiento específico (TCE), Tasa de ingestión de alimento (TIA), Tasa de crecimiento absoluto (TCA), Factor de conversión alimenticia (FCA), Eficiencia de conversión alimenticia (ECA).

Alona guttata

En la tabla 12 se puede observar que la alimentación con esta especie, el mayor incremento en peso se obtuvo en la segunda etapa, en cambio el mayor incremento en talla se dió en la cuarta etapa; la TIA se mantuvo constante a lo largo del experimento. El FCA fue alto en las últimas dos etapas del experimento.

Tabla 12. Indicadores de crecimiento de *P. infans* alimentados con *Alona guttata* N=20

Indicadores de crecimiento	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Total
CA (g)	NA	0.0059 ± 0.003	0.0010 ± 0.009	0.0013 ± 0.001	0.0082 ± 0.013
CA (cm)	NA	0.0571 ± 0.06	0.0571 ± 0.05	0.1214 ± 0.06	0.2357 ± 0.17

GT (%)	NA	5.23 ± 0.06	4.97 ± 0.05	10.06 ± 0.06	21.57 ± 0.17
GP (%)	NA	0.54 ± 0.003	0.0874 ± 0.009	0.1083 ± 0.001	52.58 ± 0.013
TCE (% g/día)	NA	6.41 ± 0.003	0.9132 ± 0.009	1.13 ± 0.001	2.11 ± 0.013
TCE (% cm/día)	NA	1.02 ± 0.06	0.97 ± 0.05	1.92 ± 0.06	0.98 ± 0.17
TIA	0.86 ± 0.18	0.93 ± 0.07	0.93 ± 0.05	0.88 ± 0.10	0.90 ± 0.10
TCA (g)	NA	0.0011 ± 0.003	0.0002 ± 0.009	0.0002 ± 0.001	0.0004 ± 0.013
TCA (cm)	NA	0.0114 ± 0.06	0.0114 ± 0.05	0.0243 ± 0.06	0.0118 ± 0.17
FCA	NA	4.6 ± 0.07	25.23 ± 0.05	20.52 ± 0.10	9.66 ± 0.10
ECA	NA	0.2171 ± 0.07	0.0396 ± 0.05	0.0487 ± 0.10	0.1035 ± 0.10

* Crecimiento absoluto (CA), Porcentaje de ganancia en peso (GP%), Porcentaje de ganancia en talla (GT%), Tasa de crecimiento específico (TCE), Tasa de ingestión de alimento (TIA), Tasa de crecimiento absoluto (TCA), Factor de conversión alimenticia (FCA), Eficiencia de conversión alimenticia (ECA).

Comparación de los índices de crecimiento

En la figura 9 se cada indicador de crecimiento. Para el crecimiento absoluto en peso, se observó un mayor crecimiento en los alimentos balanceados, seguido de *Alona guttata* y *Lecane papuana*, siendo *Paramecium caudatum* el que presentó un menor crecimiento los organismos, no se observaron diferencias significativas entre los alimentos ($F>0.05$). El crecimiento absoluto en cuanto a talla, presento los valores más altos con el alimento balanceado Gisis PL1, seguido de *Lecane papuana* y *Alona guttata*. Los más bajos se obtuvieron con *Paramecium bursaria*. No se obtuvieron diferencias significativas entre los alimentos en este indicador de crecimiento ($F>0.05$). La ganancia en talla y peso siguen la misma tendencia del crecimiento absoluto, solo la ganancia en peso presento diferencias significativas en las que se pueden diferenciar tres grupos diferentes, uno conformado solo por el alimento balanceado Gisis PL1, el siguiente grupo por el alimento balanceado Wardley y el tercero por los demás alimentos ($F<0.05$). La tasa de crecimiento específico de peso por día presentó los valores más altos en los alimentos balanceados, no se registraron diferencias estadísticamente significativas para este indicador de crecimiento ($F>0.05$). La tasa de crecimiento específico por día en talla se registró en el alimento balanceado Wardley, aunque se observa en la gráfica un aumento significativo, estadísticamente no hubo diferencias ($F>0.05$). La tasa de ingestión de alimento se mantuvo constante con el alimento vivo, a diferencia de los alimentos balanceados que fue menor; sin embargo, no se obtuvo alguna diferencia significativa ($F>0.05$). El valor más alto de factor conversión alimenticia que se presentó en la especie *Lecane papuana* con un valor de 1.5, en los alimentos balanceados registraron por debajo de 0.6 y el valor más alto fue con la especie *Alona guttata*.

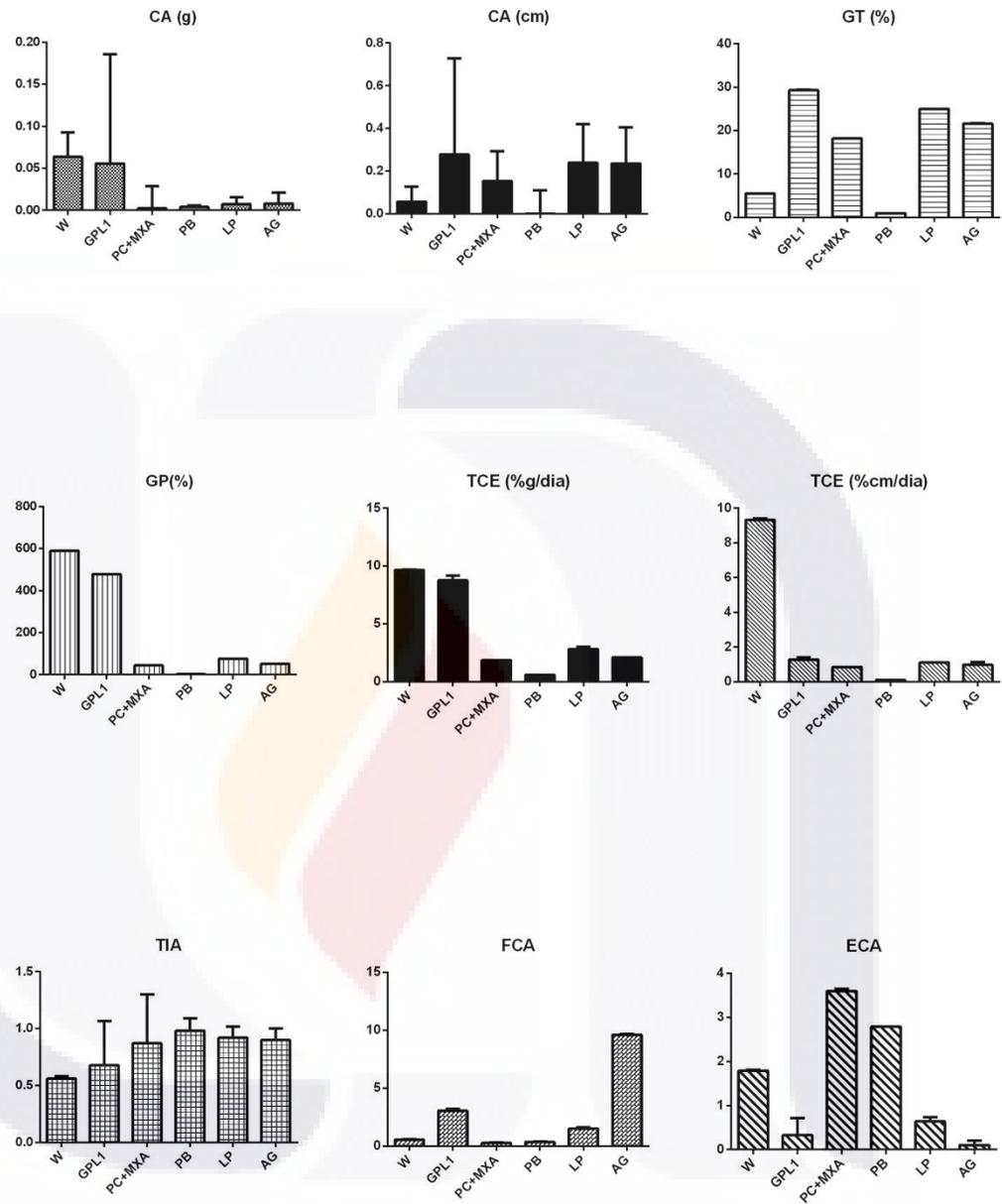


Figura 12. Comparación de los índices de crecimiento de alimentación de una hora AG = *Alona guttata*. LP = *Lecane papuana*. PC + MXA: *Paramecium caudatum* + Medio seréfalo de avena. PB = *Paramecium bursaria*. GPL1 = Alimento para camarón Gisis PL1. W=Alimento balanceado Wardley. N=20

Factor de condición

Los alimentos que registraron un mejor factor de condición fue con los organismos que fueron alimentados con *Paramecium sp*, sin embargo, no se reflejó en el porcentaje de supervivencia. En el caso de *Alona guttata* se mostró un factor de condición de 0.69, pero con un 100% de supervivencia. Los alimentos que proporcionaron un buen estado de bienestar en el pez y a su vez una supervivencia moderadamente alta fueron Wardley y *Lecane papuana* (Figura 13). Se realizó una prueba de ANOVA donde se encontró diferencias significativas ($F > 0.05$) (Figura 13).

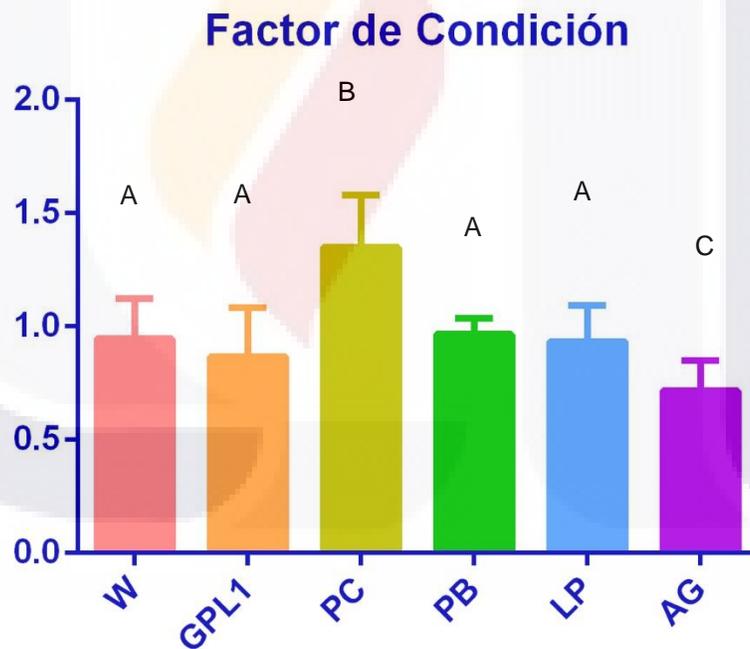


Figura 13. Factor de condición de los organismos de *Poeciliopsis infans* en los tratamientos individuales.

Supervivencia

El mayor porcentaje de supervivencia se presentó cuando la especie de *Alona gutatta* en las cuatro etapas. Para la etapa uno se registraron los mejores resultados con *Lecane papuana* con el 100% de supervivencia, para la segunda etapa el mejor alimento fue Gisis PL al pasar de la etapa uno a la dos con el 100% de supervivencia. De la tercera a la cuarta etapa se registraron pérdidas en todos los tratamientos, llegando al 20% de supervivencia con los alimentos balanceados y *Lecane papuana*. Se registraron pérdidas totales con las especies *Paramecium bursaria* al llegar al perder a todos los organismos en el día nueve y con el *Paramecium caudatum* se registró pérdidas hasta el día veinte (Figura 14).

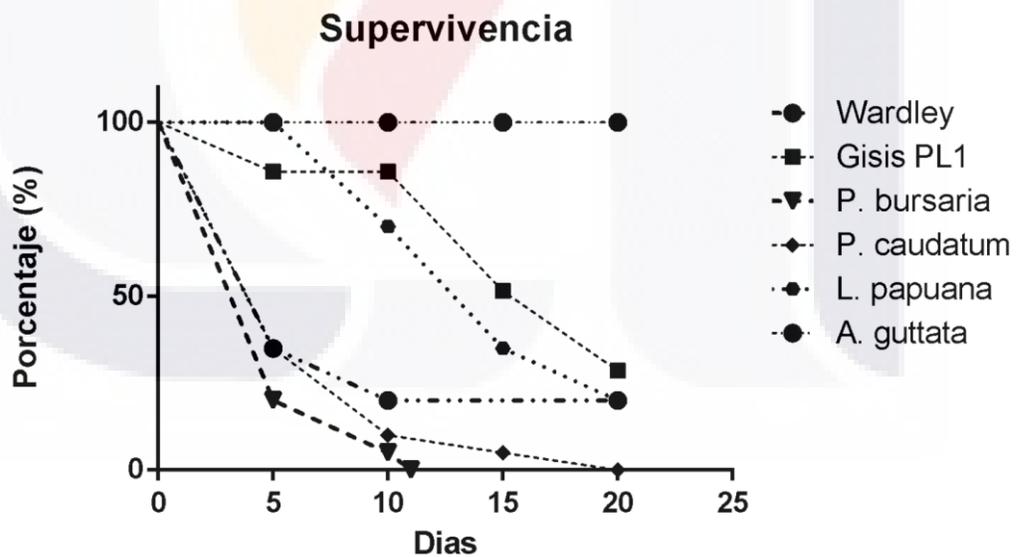


Figura 14. Supervivencia de los organismos de *P. infans* con alimentación individual de alimento balanceado y vivos

Relación Peso-Longitud

En la relación Peso-Longitud se utilizó un modelo semi-logaritmico lineal, que es el que mejor se ajustaba a los datos, a pesar de tener una R cuadrada de 0.3459, se realizó un análisis de varianza de la regresión lineal ($F < 0.05$). Tiene un crecimiento alométrico positivo, lo que indica que crecen más en peso que en talla (**Figura 15**).

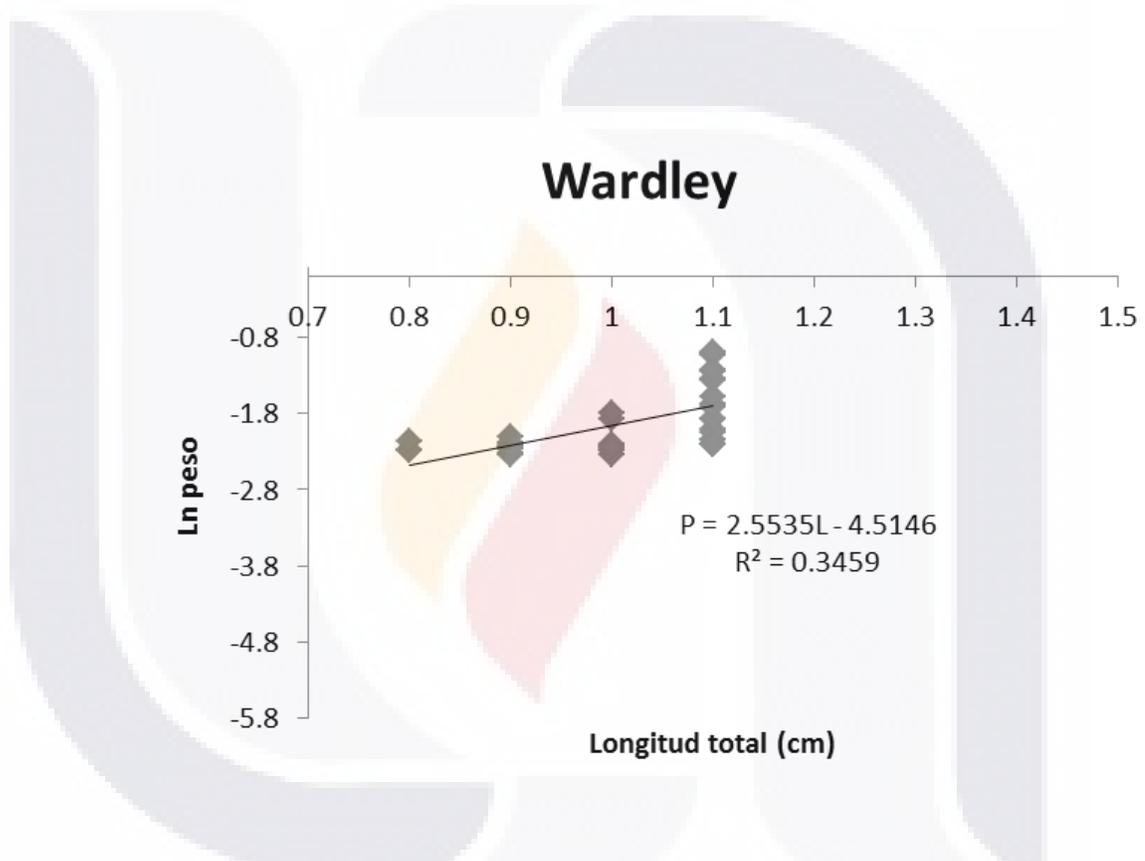


Figura 15. Relación Peso- Longitud de *P. infans* alimentadas con Wardley

Con el alimento balanceado Gisis PL 1, el crecimiento mostró una tendencia a la isometría ($b = 3$), lo que indicó que crecen lo mismo en talla que en peso. En este caso los datos se ajustaron a un crecimiento potencial $R^2 = 0.7292$; (**Figura 16**).

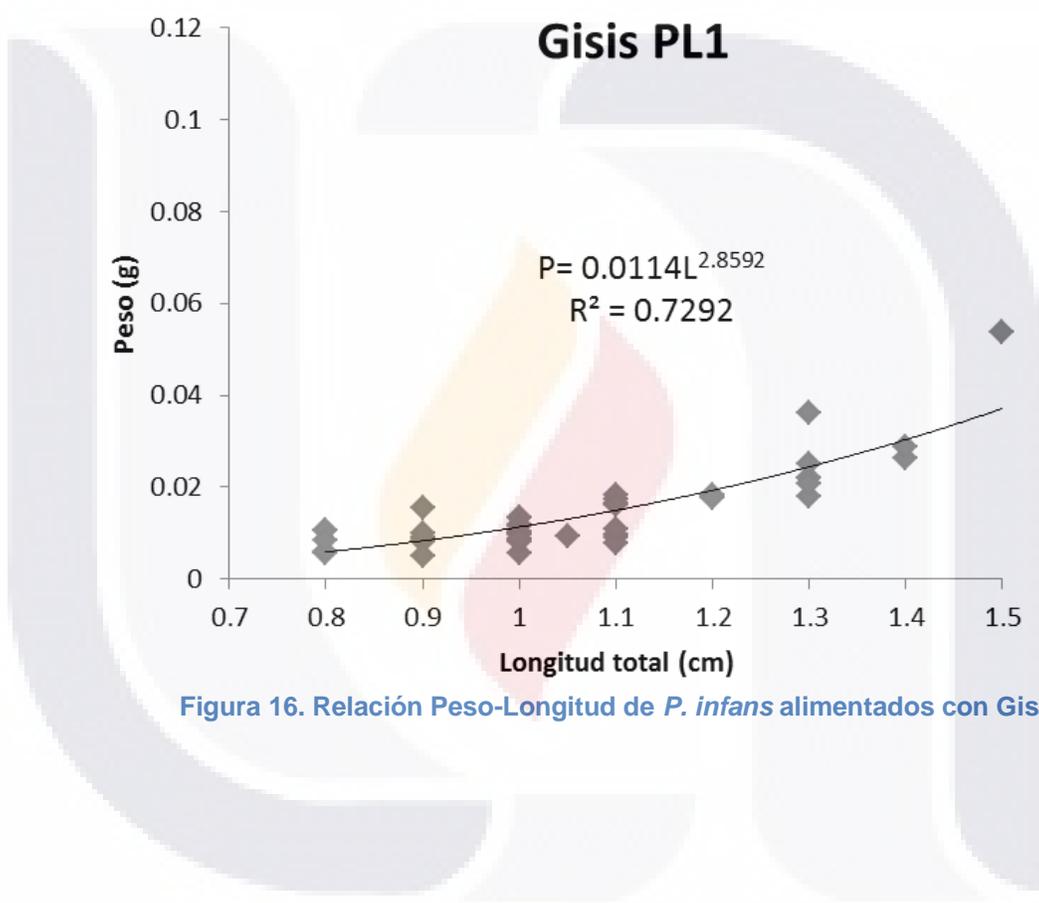


Figura 16. Relación Peso-Longitud de *P. infans* alimentados con Gisis PL1

En el caso de los *Paramecium sp.* se utilizaron un modelo semilogaritmico lineal que fue el que mejor se ajustó a los datos, a pesar de que el coeficiente de determinación es bajo, se realizó un análisis de varianza y se registró que es significativo ($F < 0.05$). Los alimentados con *P. bursaria* tuvieron un crecimiento con tendencia a la isometría y en cambio los alimentados con *P. caudatum* tienen un crecimiento alométrico negativo, lo que quiere decir que crecen más en talla que en peso (Figura 17).

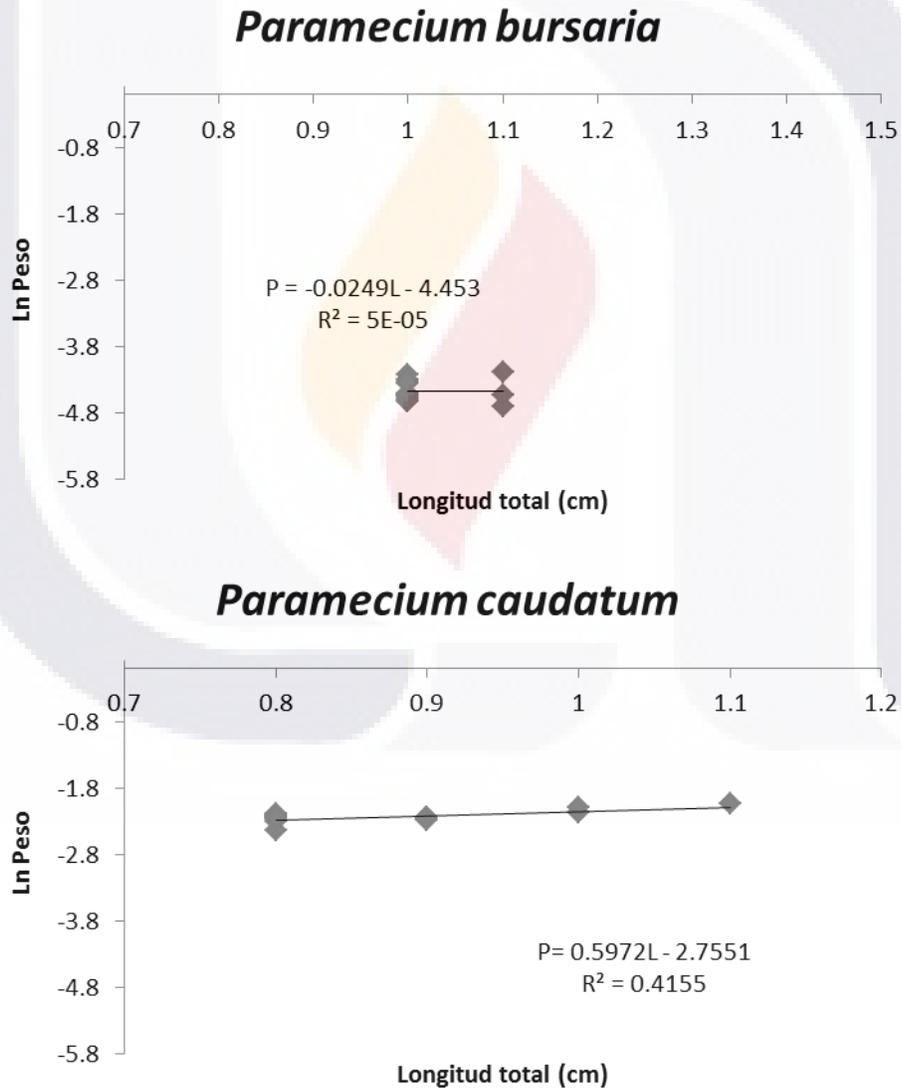


Figura 17. Relación Peso-Longitud de los organismos de *P. infans* alimentados con *Paramecium sp.*

Para el experimento con *Lecane papuana* no se hizo la transformación de los datos, ya que estos se ajustaron a un crecimiento exponencial, a pesar de tener un coeficiente de determinación bajo, se realizó un análisis de varianza que mostro que es significativo ($F < 0.05$). Se registró que con este alimento los organismos tienen una tendencia a la isometría, lo que indica que crecen en la misma proporción en talla que en peso (**Figura 18**).

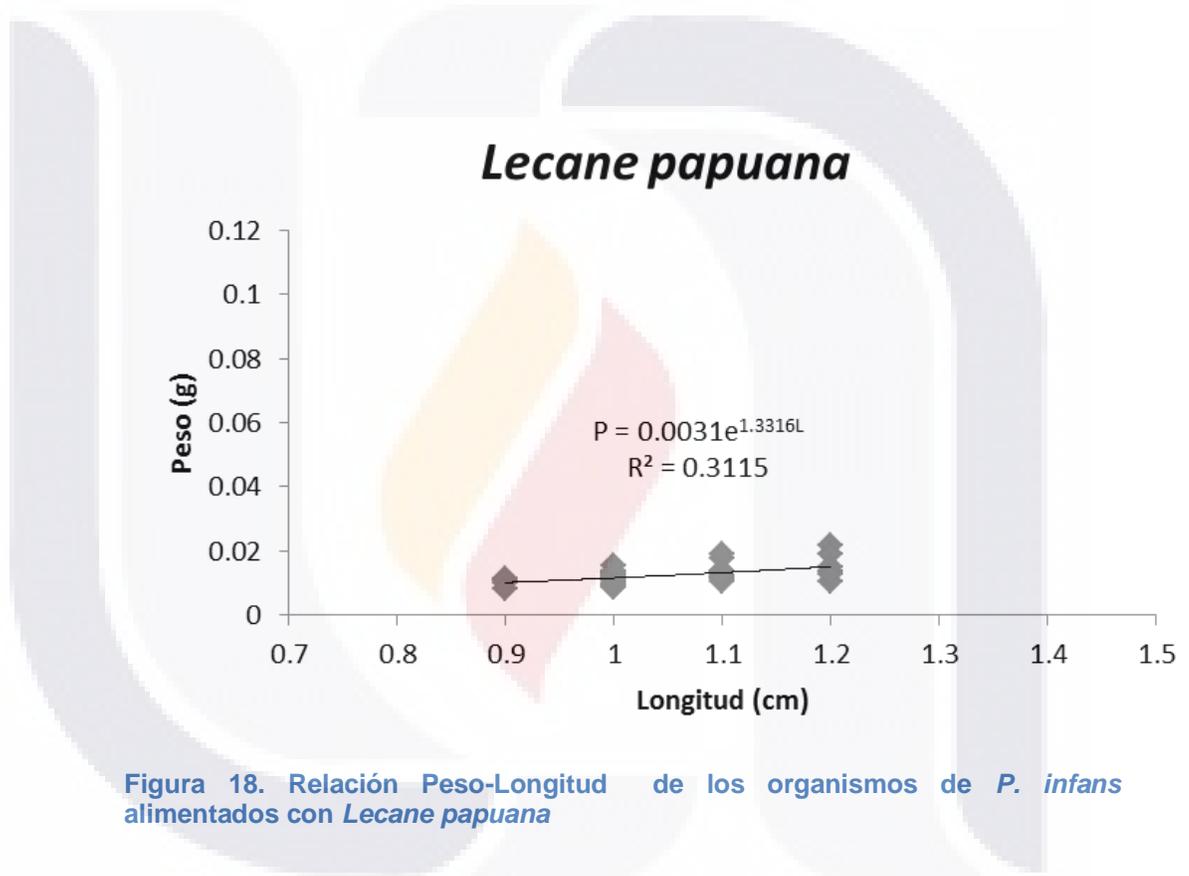


Figura 18. Relación Peso-Longitud de los organismos de *P. infans* alimentados con *Lecane papuana*

Con el cladócero *Alona guttata*, se registró que los datos mantuvieron una tendencia lineal; se realizó el análisis de varianza para saber si el coeficiente de determinación era significativo y se obtuvo un valor de $F < 0.05$. Los organismos alimentados con el cladócero tienen un crecimiento alométrico negativo (**Figura 19**), lo que indica que crecen más en talla que en peso.

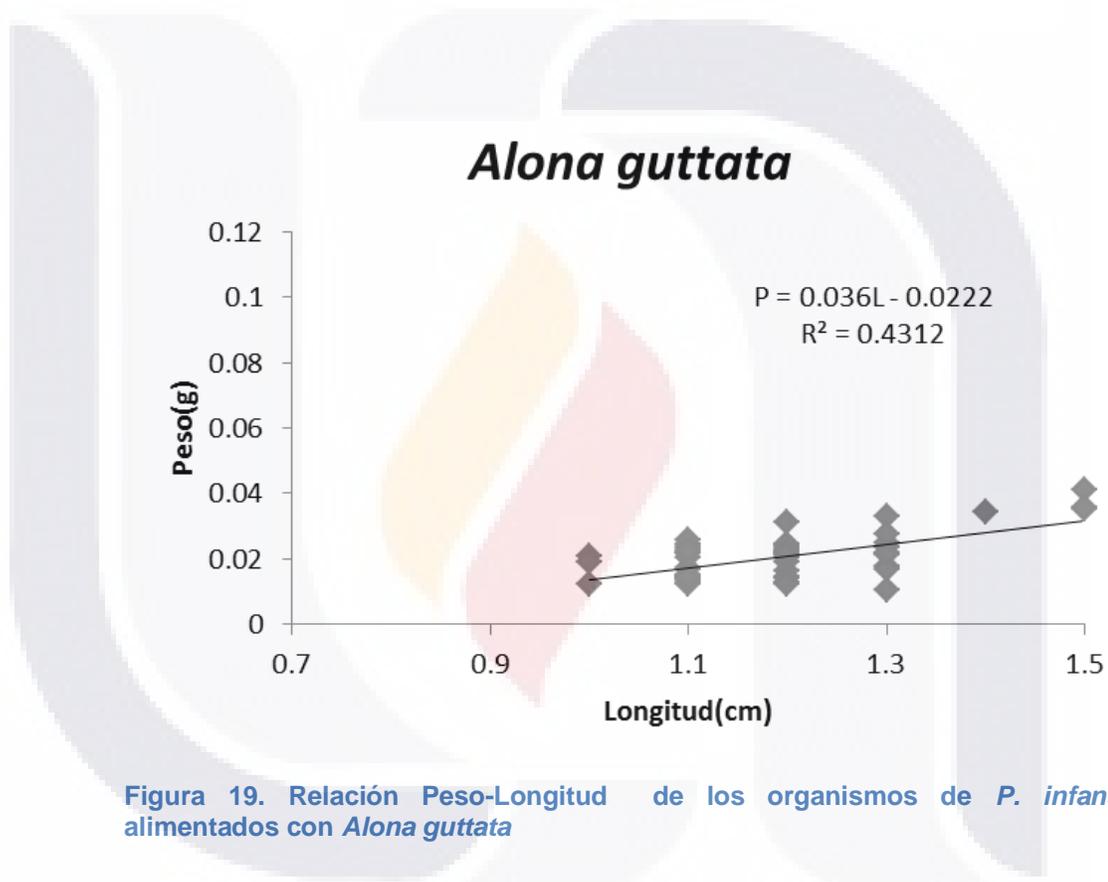


Figura 19. Relación Peso-Longitud de los organismos de *P. infans* alimentados con *Alona guttata*

Alimentación en un ciclo 24 h

Se realizó un experimento con la especie *Lecane papuana*, para comprobar si la alimentación proporcionada en una hora era. Sin embargo, al observar la supervivencia y el desarrollo de cada uno de los organismos (n=3) no fue diferente a la alimentación de una hora (Figura 20). Por lo tanto, se siguió el protocolo de una hora para cada especie planctónica.

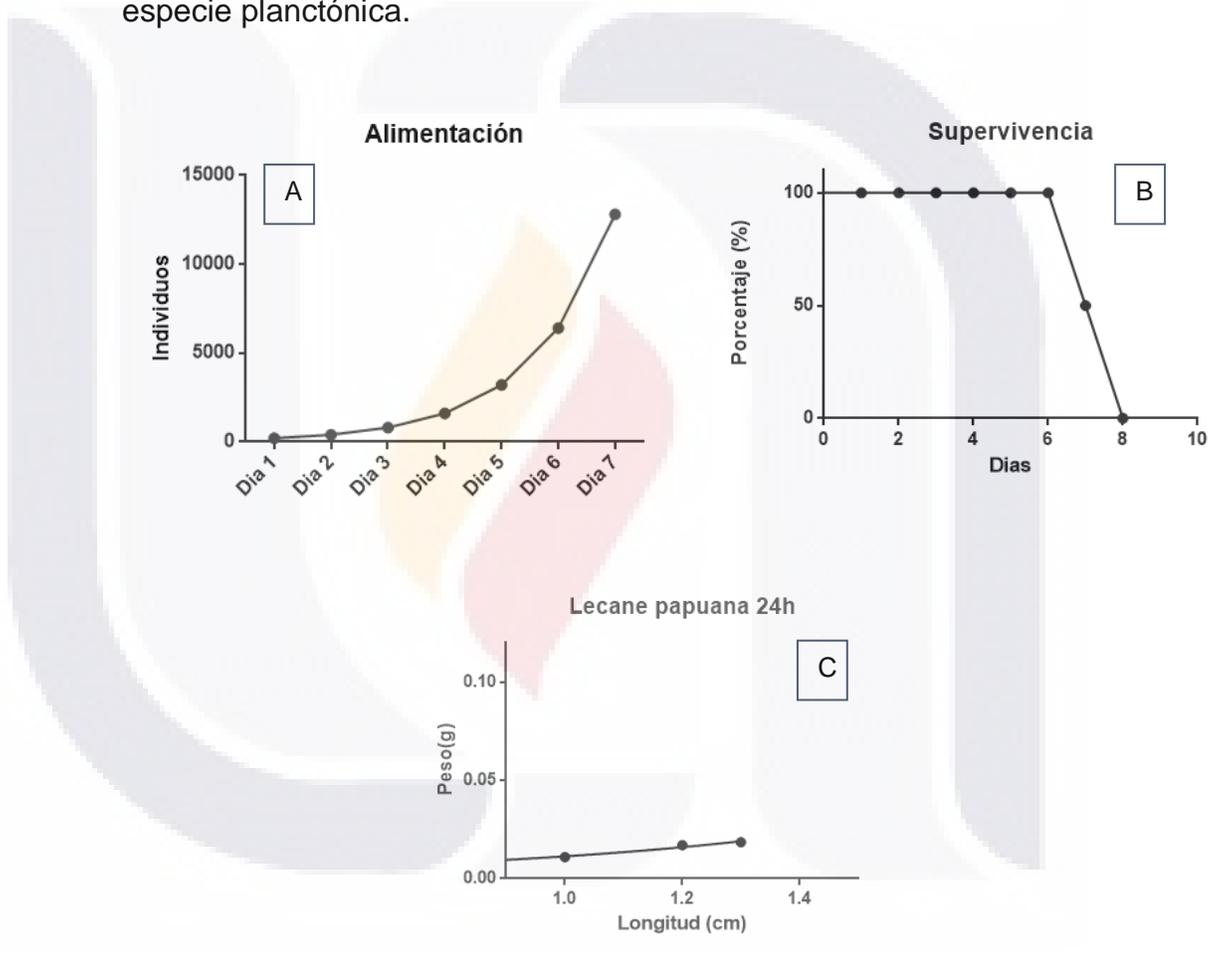


Figura 20. A) Individuos de *Lecane papuana* consumidos. B) supervivencia C) Relación peso-longitud de *P. infans* alimentados una hora con *Lecane papuana* N=5

Combinaciones

De acuerdo a los resultados de los tratamientos individuales, se llevaron a cabo las siguientes combinaciones. De izquierda a derecha 1, 2 y 3.

Día	Alimento	Día	Alimento	Día	Alimento
1	200 L. papuana	1	200 L. papuana	1	200 L. papuana
2	400 L. papuana	2	400 L. papuana	2	400 L. papuana
3	800 L. papuana	3	800 L. papuana	3	800 L. papuana
4	1600 L. papuana	4	1600 L. papuana	4	1600 L. papuana
5	3200 L. papuana	5	3200 L. papuana	5	3200 L. papuana
6-10	3264 mg Gisis PL ₁	6-10	3264 mg Gisis PL ₁	6-10	840mg Gisis PL 1
11-15	3300 Lecane papuana + 2244 mg Gisis PL 1	11-15	3300 Lecane papuana + 2244 mg Gisis PL 1	11-15	3300 Lecane papuana + 1260 mg Gisis PL 1
16-20	4200 Lecane papuana + 2856 mg Gisis PL 1	16-20	8400 Lecane papuana	16-20 e	1600 mg Gisis PL ₁

Figura 21. Combinaciones propuestas para la alimentación de *P. infans* N=5

Combinación uno

La combinación uno presento un mayor incremento de talla en la primera etapa (16.36%), el menor incremento lo obtuvo en la etapa número tres (1.56%). La ganancia en peso presento una tendencia similar al incremento en talla (Tabla 13). El incremento total mayor fue para peso (80%). Estadísticamente no se obtuvieron diferencias significativas entre las etapas ($F>0.05$).

Tabla 13. Indicadores de crecimiento de *P. infans* en la combinación uno N=5

Indicadores de crecimiento	Etapas	Etapas 2	Etapas 3	Etapas 4	Total
CA (g)	NA	0.0048 ± 0.003	0.0017 ± 0.002	0.0058 ± 0.004	0.0123 ± 0.001
CA (cm)	NA	0.1800 ± 0.044	0.0200 ± 0.070	0.0600 ± 0.089	0.2600 ± 0.2
GT (%)	NA	16.3636 ± 0.044	1.5625 ± 0.070	4.6154 ± 0.089	23.6364 ± 0.2
GP (%)	NA	31.1688 ± 0.003	8.5149 ± 0.002	26.4599 ± 0.004	80 ± 0.01
TCE (% g/día)	NA	5.4263 ± 0.003	1.6343 ± 0.002	4.6951 ± 0.004	2.9389 ± 0.001
TCE (% cm/día)	NA	3.0310 ± 0.044	0.3101 ± 0.070	0.9024 ± 0.089	1.0609 ± 0.2

* Crecimiento absoluto (CA), Porcentaje de ganancia en peso (GP%), Porcentaje de ganancia en talla (GT%), Tasa de crecimiento específico (TCE).

Combinación dos

En la combinación número dos se registró un aumento mayor en peso que en talla, el principal aumento en peso se registró en la etapa número tres (34.56%) al igual que el incremento en talla (11.86%). El incremento de peso total fue de 95.70% (**Tabla 14**). Estadísticamente no se registraron diferencias significativas entre las etapas de esta combinación ($F>0.05$).

Tabla 14. Indicadores de crecimiento de *P. infans* en la combinación dos N=5

Indicadores de crecimiento	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Total
CA (g)	NA	0.0019 ± 0.0013	0.0048 ± 0.0019	0.0047 ± 0.002	0.0114 ± 0.0052
CA (cm)	NA	0.08 ± 0.044	0.14 ± 0.044	0	0.22 ± 0.088
GT (%)	NA	7.27 ± 0.044	11.86 ± 0.044	0	20 ± 0.088
GP (%)	NA	15.82 ± 0.0013	34.59 ± 0.0019	25.54 ± 0.002	95.70 ± 0.0052
TCE (% g/día)	NA	2.94 ± 0.0013	5.94 ± 0.0019	4.55 ± 0.002	3.36 ± 0.0052
TCE (% cm/día)	NA	1.40 ± 0.044	2.24 ± 0.044	0	0.91 ± 0.088

* Crecimiento absoluto (CA), Porcentaje de ganancia en peso (GP%), Porcentaje de ganancia en talla (GT%), Tasa de crecimiento específico (TCE).

Combinación tres

En esta combinación (**Tabla 15**) se obtuvo una ganancia de talla mayor en la etapa número dos (9.09%), el valor máximo registrado para la ganancia en peso se observó en la etapa número cuatro (44.79%). Estadísticamente no hubo diferencias significativas entre las etapas de esta combinación ($F>0.05$).

Tabla 15. Indicadores de crecimiento de *Pociliopsis infans* en la combinación tres N=5

Indicadores de crecimiento	Etap a 1	Etap a 2	Etap a 3	Etap a 4	Total
CA (g)	NA	0.0017 ± 0.0019	0.0048 ± 0.0025	0.0095 ± 0.004	0.0160 ± 0.008
CA (cm)	NA	0.10	0.0750 ± 0.05	0.0750 ± 0.05	0.25 ± 0.1
GT (%)	NA	9.0909	6.2500 ± 0.05	5.8824 ± 0.05	22.7273 ± 0.1
GP (%)	NA	11.6985 ± 0.0019	29.1603 ± 0.0025	44.7991 ± 0.0025	108.901 8 ± 0.008
TCE (% g/día)	NA	2.2127 ± 0.0019	5.1177 ± 0.0025	7.4035 ± 0.0025	3.6835 ± 0.008
TCE (% cm/día)	NA	1.7402	1.2125 ± 0.05	1.1432 ± 0.05	1.0240 ± 0.1

* Crecimiento absoluto (CA), Porcentaje de ganancia en peso (GP%), Porcentaje de ganancia en talla (GT%), Tasa de crecimiento específico (TCE).

Comparación de los índices de crecimiento

Para el crecimiento absoluto en peso, la combinación número tres fue la más alta; sin embargo, estadísticamente no es significativa, la combinación que tuvo menor incremento en peso, fue la número uno (**Figura 22**). De forma general los indicadores de crecimiento en las combinaciones obtuvieron un mejor resultado en la combinación número tres. Al hacer en análisis de varianza solo el indicador ganancia en peso tuvo una diferencia significativa entre la combinación uno y tres. ($F < 0.05$)

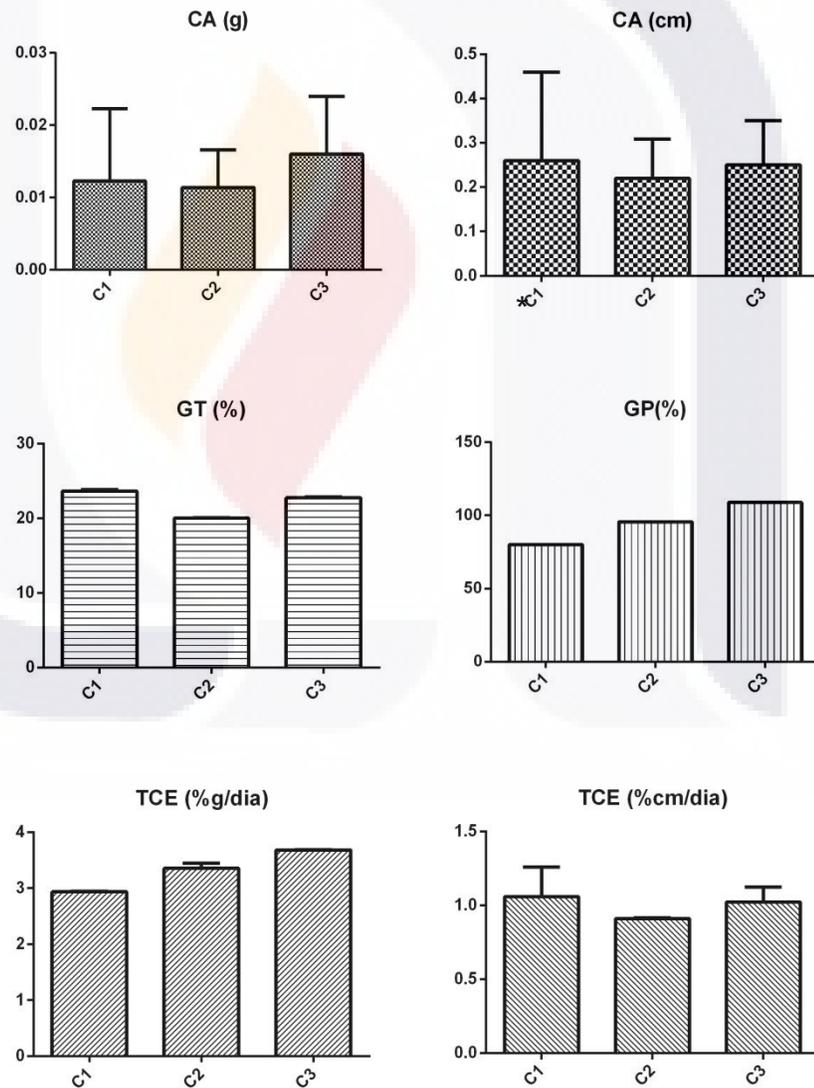


Figura 22. Comparación de los índices de crecimiento entre las combinaciones propuestas para la alimentación de *P. infans*

Supervivencia

A pesar de que en la evaluación de los indicadores de crecimiento se inclinan a usar la combinación número tres (**Figura 23**), en cuestión de la supervivencia fue en la única que se obtuvieron pérdidas del 20%, un valor mayor obtenido a la alimentación individual donde se registraron pérdidas.

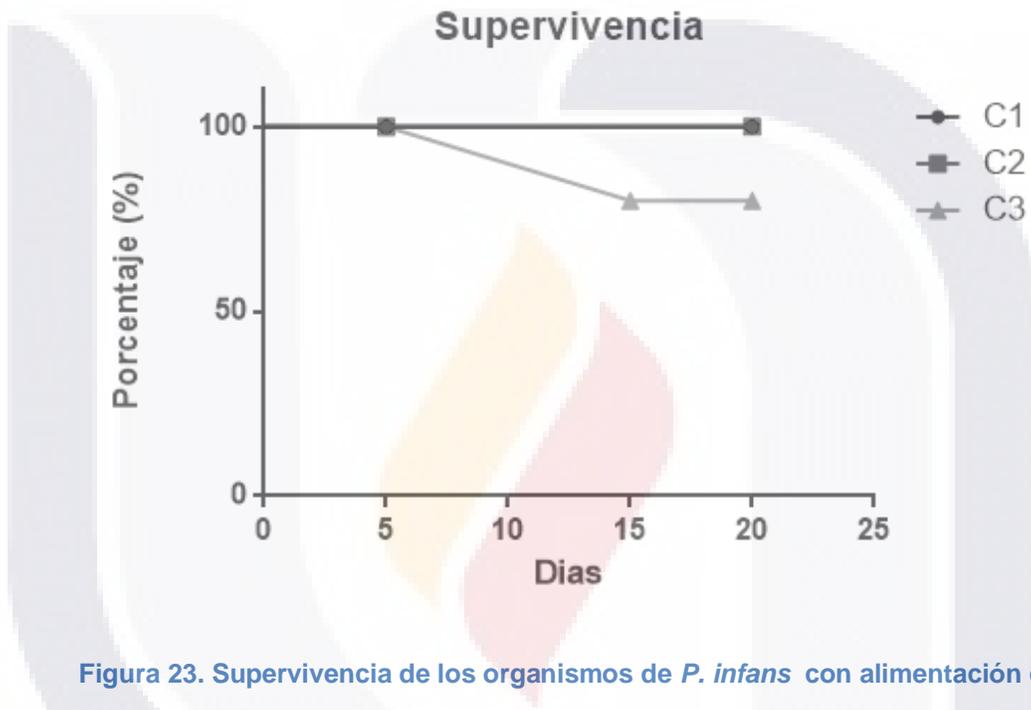


Figura 23. Supervivencia de los organismos de *P. infans* con alimentación combinada

Factor de condición

Al igual que en la alimentación individual, el tratamiento que tiene un factor de condición mayor es el que presenta una supervivencia menor. Si se analiza las dos combinaciones que obtuvieron un 100% de supervivencia la mejor fue la número dos que tiene un factor de condición por arriba de 0.6 (**Figura 24**). Se realizó una prueba de ANOVA en la que no existen diferencias significativas ($F>0.05$).

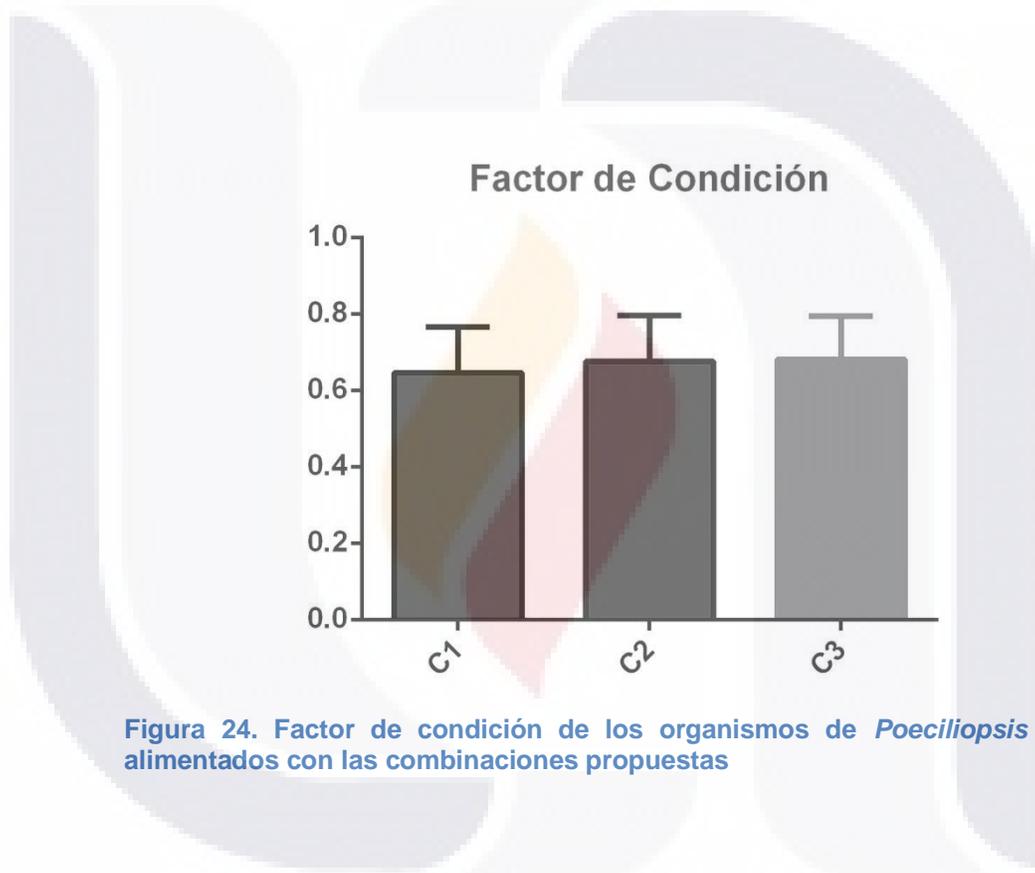


Figura 24. Factor de condición de los organismos de *Poeciliopsis infans* alimentados con las combinaciones propuestas

Relación Peso Longitud

Las dos primeras combinaciones se ajustaron al modelo potencial, al igual que en los datos de alimentación individual se realizó un ANOVA, se determinó que el coeficiente de determinación a pesar de ser bajo es significativo ($F < 0.05$). Y la combinación número tres los datos se ajustaron a una curva exponencial. Las tres combinaciones tienen un crecimiento alométrico negativo, lo que indica que crecen más en talla que en peso (**Figura 25**).

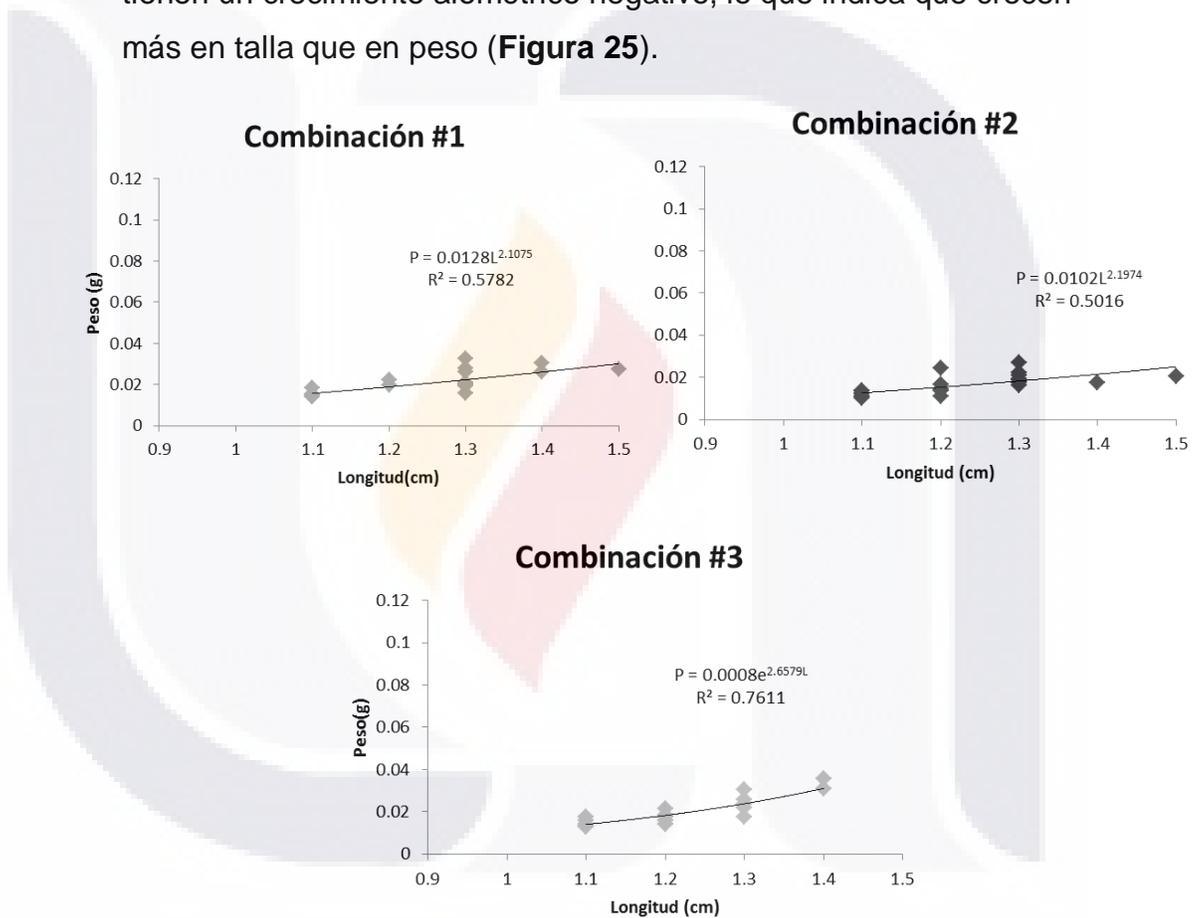


Figura 25. Relación Peso-Longitud de los organismos de *P. infans* alimentados con las combinaciones propuestas

Pruebas de resistencia

Máximo térmico crítico

Los resultados mostraron que en la combinación número uno fue que se presentó el menor registro en que comenzó el nado acelerado. Los organismos alimentados con la combinación número dos comenzaron con un nado en superficie y el nado acelerado hasta los 37°C. El máximo de temperatura para la pérdida de equilibrio fue de 41°C perteneciente a la combinación número uno, la mínima de 39°C registrada en la combinación número dos. La temperatura letal máxima registrada fue de 42°C (Figura 27).

Temperatura	Combinación# 1
27°C	Nado acelerado
32°C	Nado en la superficie
41°C	Perdida de equilibrio
42°C	Temperatura letal
Temperatura	Combinación #2
35°C	Nado en superficie
37°C	Aleteo constante
39°C	Perdida de equilibrio
42°C	Temperatura letal
Temperatura	Combinación #3
30°C	Nado acelerado
35°C	Nado en la superficie
37°C	Nado acelerado, aleteo constante
40°C	Perdida de equilibrio
41° C	Temperatura letal

Figura 26 Observaciones en las pruebas de resistencia de temperatura

En la **figura 27** se observa la perdida de los organismos de *P. infans* conforme progresaba la prueba en las combinaciones, uno y dos se observan las primeras pérdidas.

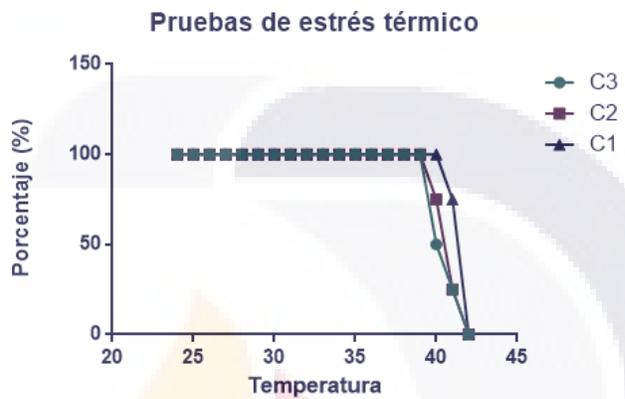


Figura 27 Supervivencia en la prueba de estrés térmico para los organismos de *Poeciliopsis infans* alimentados con las combinaciones.

pH letal

En la prueba de pH letal se observó solo un cambio, la pérdida de equilibrio, el valor mínimo fue de 12.05 en la combinación número uno y el valor mayor fue de 12.64, la combinación que más resistencia tuvo fue la combinación número uno con un valor de 12.85 (**Figura 28**).

pH	Combinación #1	pH	Combinación #2
12.05	Perdida de equilibrio	12.59	Perdida de equilibrio
12.85	pH letal	12.79	pH letal

pH	Combinación #3
12.64	Perdida de equilibrio
12.82	pH letal

Figura 28. Cambios presentados en la prueba de resistencia química de los organismos de *P. infans* alimentados con las combinaciones propuestas

En la **figura 29** se observa como en el transcurso del experimento se fueron perdiendo los organismos, las combinaciones más resistentes a cambios de pH fueron la tres y la uno, al tener una diferencia de solo 0.03 unidades.

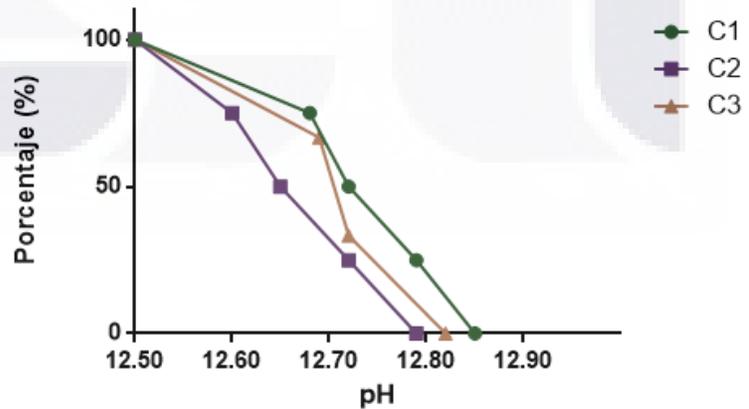


Figura 29. Supervivencia de los organismos de *Poeciliopsis infans* alimentados con las combinaciones propuestas

Discusión

Análisis Proximal

Proteína

Una dieta completa para los peces debe cubrir los requerimientos nutricionales y además, contar con un balance apropiado con respecto a las proteínas, carbohidratos, lípidos y a los factores de crecimiento que son las vitaminas y los minerales (Luna-Figueroa, 2002). **Se realizaron los análisis bromatológicos de las especies propuestas, para asociarlos posteriormente a la supervivencia de la especie, además, de ser especies nunca antes usadas en la alimentación para las primeras etapas en peces.**

La mayor proporción de N y P de las dietas provienen de los ingredientes proteicos. Cuando se incrementó la proporción de proteína dietética por encima de las necesidades del organismo, se produjo un aumento de las excreciones de nitrógeno al medio, incrementando igualmente los requerimientos de oxígeno disuelto, porque la eficiencia con la que la energía es usada disminuye (Bureau *et al.*, 2002). De igual forma, las excreciones de fósforo al medio, se ven afectadas por una pobre utilización de la proteína.

El nivel óptimo de proteína en las dietas para peces está influenciado por diferentes factores, tales como : a) la especie, b) la calidad de la proteína (digestibilidad, perfil de aminoácidos, procesado), c) la relación proteína/energía, d) el estado fisiológico del pez (tamaño, edad, reproducción), e) los parámetros ambientales (temperatura del agua, época del año, etc.), f) diferencias genéticas y g) nivel de ingesta de alimento (Jover, 2009). En particular la proteína de la dieta es utilizada por el organismo con tres fines fundamentales: a) el mantenimiento, b) la recuperación de los tejidos dañados y c) el

crecimiento (Mambrini y Guillaume, 2001). En el presente trabajo se midió la cantidad de proteína total y es importante resaltar que no se diferenciaron los tipos de proteína, porque a pesar de que la especie *Alona guttata* registró una cantidad de proteína menor, se infiere que la especie tuvo una mejor calidad de proteína, que fue suficiente para permitir el desarrollo y supervivencia de las primeras cuatro etapas.

Se ha reportado que el nivel de proteína óptima para *Barbodes altus* es de 41.7% con un efecto positivo en la ganancia de peso. Cuando la cantidad de proteína se encuentra alrededor de 40%, el crecimiento no es constante y se observó un decremento en peso cuando la proteína es del 50%, lo que hace que el animal tenga dificultad para asimilar la proteína y reduce la eficiencia de conversión de alimento (Elangovan y Shim, 1997). Para las especies de la familia Poeciliidae la nutrición es considerada un factor importante para la reproducción de las especies, por la importancia económica que representan. Se sabe que una buena nutrición incrementa la fecundidad relativa de *Xiphophorus helleri* sobre todo cuando se suministra un nivel por arriba el 30% de proteína. Muchos autores concluyen que este porcentaje puede ser usado para garantizar la producción de alevines (Chong *et al.*, 2004). Para *Poecilia reticulata* se ha registrado que el nivel óptimo de proteína se encuentra en el intervalo de 30 a 40% (Shim y Chua, 1986). En el caso de *Poeciliopsis infans* la cantidad de proteína con la que se obtuvo mejores resultados en el aumento de peso fue con el alimento balanceado Wardley del $18 \pm 2\%$, valores menores que lo reportado por (Chong *et al.*, 2004).

En el caso de aumento de talla el requerimiento de proteína fue de $44 \pm 3\%$ con el alimento balanceado Gisis PL 1, que son niveles mayores a lo reportando anteriormente. Sin embargo, cabe resaltar que en la supervivencia no se vio reflejado este aumento de peso ni

de talla. Los valores de proteína del cladóceros *Alona guttata*, se encuentran dentro del intervalo reportado por Prieto *et al.* (2006), que trabajaron con *Moina* sp. alimentados con diferentes algas y registraron niveles de proteína de 12 a 35%, pero por debajo de los reportados por Luna-Figueroa *et al.* (2010) con la especie *Moina wierzejki*.

Osorio Treviño (2016) trabajó pruebas de toxicidad con la especie *Alona guttata* y en el control registró valores similares de proteína para la especie. *Lecane papuana* es una especie que se ha cuantificado como parte de la población de los estanques (Nchoutndignigni *et al.*, 2014) (Akoma *et al.*, 2014) (Karuthapandi *et al.*, 2012) (Prudence *et al.*, 2015); sin embargo, solo se ha detectado su presencia en el cultivo, probablemente esta especie es consumida por otros organismos y no como una especie propia para la primera alimentación.

El contenido proteico de esta especie fue de 30 al 50%; Lubzens *et al.*, (1989) mencionan que la cantidad de proteína que se encuentra en los rotíferos tiene un intervalo de 28 al 67% de peso seco; no obstante, la gran variación en los valores reportados se debe a los métodos utilizados, lo que dificulta registrar la cantidad de proteína verdadera. Para el alimento balanceado Wardley en la información nutrimental que aparece en el envase menciona que contiene un 38% de proteína de manera mínima, en estos estudios se registró una cantidad mucho menor en un intervalo de 15 al 21%, probablemente algunos de los factores que modifican la cantidad de proteína en los alimentos balanceados sea el calor, el tiempo de almacenamiento y algunas de las consecuencias nutricionales son la disminución de la digestibilidad y la formación de derivados tóxicos o cancerígenos (Lupano, 2013).

Carbohidratos

Los carbohidratos son más económicos para crear un alimento y fuente de energía barata; sin embargo, no pueden aprovecharse del todo. Solo el 20% de los carbohidratos pueden ser aprovechado (Craig y Helfrich, 2002). Los carbohidratos digeribles se encuentran en ingredientes con contienen otros compuestos incluyendo polisacáridos diferentes al almidón, que son indigestibles y pueden inhibir la digestión (Krogdahl *et al.*, 2005) Los piensos preparados para peces carnívoros suelen contener menos del 20 por ciento de carbohidratos solubles, mientras que los piensos para las especies omnívoras suelen contener de 25 a 45 por ciento. Además de ser una fuente de energía, los carbohidratos solubles en la alimentación de los peces también dan a los piensos integridad y estabilidad (Delbert, 2010).

La mayoría de los alimentos balanceados presentaron valores por debajo del 20% a excepción de *Lecane papuana* que presento niveles altos y diferencias estadísticas significativas. Puede ser una de las posibles razones por las que el rotífero solo fue adecuado durante los primeros días de nacidos.

En comparación con los reportado por Luna-Figueroa *et al.*, 2010, los alimentos balanceados utilizados en este estudio se encuentran presentaron valores de carbohidratos que se encuentran debajo del alimento Aquarian Tropical Flakes (38.1%). *Lecane papuana* (39 a 63%) y *Alona gutttata* (16 a 53%), en contraste con lo reportado para la especie *Moina wierzejki*, *Artemia franciscana* y *Panagrellus redivivus* que los valores no llegan ni al 10%. En el caso del cladocero *A. guttata*, Osorio Treviño (2016) reporta valores de carbohidratos cercanos a 30%, la diferencia es que utilizo solo neonatos y en este estudio el utilizo una muestra al azar.

Aunque en los peces ornamentales la información sobre el metabolismo de los carbohidratos es limitada, se ha observado que en algunos peces carnívoros, los incrementos de almidón superiores al 10% de la materia seca alimentaria reducen la utilización de los alimentos y los peces son incapaces de controlar eficazmente la concentración de glucosa (Velasco-Santamaría y Corredor-Santamaría, 2011).

Por consiguiente, el nivel de inclusión dietética y la fuente apropiada de carbohidratos se decide basándose en la conservación de proteínas sin ningún efecto adverso sobre el crecimiento y la fisiología de los peces. Los niveles máximos recomendados de inclusión de carbohidratos en la dieta varía entre el 15 y el 25 por ciento para los salmónidos y los peces marinos, mientras que puede llegar hasta el 50 por ciento para las especies herbívoras y omnívoras (NCR, 2011). Según información bibliográfica el porcentaje de los carbohidratos no está aún definido para las especies ornamentales; sin embargo, García Gallego y Sanz Rus (2009) reportan que el uso de esta biomolécula dependerá del hábito alimentario de la especie, y se mejorara su uso siendo herbívoro y decrecerá si es carnívoro, la temperatura ambiente, mejorará en peces de aguas cálidas, la edad de los individuos, también influye ya que hay un mejor uso a mayor edad, naturaleza de la fuente hidrocarbonada y el tratamiento; la estrategia de dispensación de alimento con un fraccionamiento de la ingesta diaria podría mejorar el uso de los carbohidratos de la misma y por último los niveles dietarios de otros macro y micronutrientes.

Lípidos

Los lípidos son importantes porque los tejidos de los peces son ricos en ácidos grasos, la carencia de esta biomolécula afecta el crecimiento, el desarrollo embrionario y larvario, y tiene un papel crucial en el funcionamiento del cerebro y retina (Rodríguez *et al.*, 2009).

Chou y Shiau (1996) determinaron que para la tilapia un 12% de lípidos en la dieta eran necesarios para generar máximo crecimiento. Según estos autores, niveles mayores de 15% afectan negativamente el crecimiento y la eficiencia de utilización de la proteína y también aumentan la proporción de gordura en la carcasa. Para la cachama blanca fue observado que niveles de grasa mayores de 8% de la dieta, afectan negativamente el desempeño de los juveniles manejados bajo condiciones de laboratorio (Vásquez-Torres, 2001).

Para el rotífero *Lecane papuana* y el cladóceros *Alona guttata* se registraron valores del 1.5% y 0.2% de contenido lipídico en los análisis bromatológicos. Se ha demostrado, que tanto los rotíferos, como la *Artemia* presentan carencias de estos ácidos grasos, por lo que para mejorar su calidad deben ser enriquecidos con emulsiones lipídicas comerciales (Watanabe *et al.*, 1983). En este trabajo no se enriquecieron los organismos con ninguna emulsión y sin embargo, los resultados que se pudieron observar inciden en la mejora de la supervivencia sobre todo, en la especie que tiene la menor cantidad de lípidos. El contenido de lípidos y la composición de ácidos grasos de rotíferos, *Artemia*, *Daphnia pulex* y *Moina* sp. depende del tipo de alimento que se les haya proporcionado. Sin embargo, para los microorganismos recién nacidos como para los machos del rotífero (los que no comen), su cantidad y composición es baja (Mims *et al.*,

1991). En el caso de *Alona guttata* se registraron niveles menores a los reportados por Osorio-Treviño (2016) con la misma especie y valores por debajo a lo reportado para las especies *Moina wierzejski*, *Artemia franciscana* y *Panagrellus redivivus*. (Luna-Figueroa *et al.*, 2010).

Se ha determinado que para la mayoría de los peces Silúridos en su etapa larval, se requiere de 50% de proteína bruta y entre 10 y 15% de lípidos. Se recomienda alimentar larvas de *Clarias gariepinus* exclusivamente con nauplios de *Artemia*, debido a que sus aportes nutricionales se encuentran en las proporciones requeridas de proteína y lípidos (48 a 58% y 10 a 16%, respectivamente) (Hecht, 1996).

En cuanto a los ciliados *P. bursaria* y *P. caudatum* se registró 6.3% y 5.7% respectivamente, éstos valores son menores a los reportados para las especies de ciliados marinos *Parauronema acutum*, *Pleuronema sp.*, *Fabrea salina*, con 33, 17.7 y 16.8% respectivamente (Harver y Ederington, 1997). En el caso de los alimentos balanceados la cantidad para ambos fue de 2.5% menor a lo reportado por el empaque del alimento Wardley donde indica que lo mínimo que debe de tener este producto es del 5%. Guillaume *et al.*, (2004) mencionan que excepcionalmente en los lípidos de los piensos de los peces ricos en ácidos grasos poliinsaturados (n3 HUFA), presentan el inconveniente de ser sensibles a la peroxidación, lo que hace necesario tomar ciertas precauciones tanto en la fabricación de piensos como en el momento de la conservación o de la transformación del pescado.

Apertura bucal

Los valores obtenidos sobre el tamaño de la boca proporcionan información sobre los hábitos alimenticios de la especie. La posición, la forma y el tamaño de la boca están directamente relacionados con la dieta y con la posición de los peces a lo largo de la columna del agua (Helfman *et al.*, 1997). Sin embargo, otros factores aparte de la posición, el tamaño de la boca o la captura de las presas, limitan el consumo de las presas, así como la disponibilidad de recursos de la presa y la capacidad de las larvas que capturan grandes presas de invertebrados (Krebs y Turigan, 2003). Según lo anterior la boca, al no ser el tamaño adecuado, el gasto de energía al consumir los organismos planctónicos es mayor, por lo que también podía afectar en la supervivencia de la especie, tal como sucedió en *Daphnia magna*, ya que el organismo tenía un gasto de energía al consumir solo un neonato de esta especie, por lo que en una hora no pudo consumir más de dos y en consecuencia no recibió los aportes de energía necesarios para el crecimiento y la supervivencia dando como resultado la mortalidad del cultivo. El tamaño de la boca de las larvas en la primera alimentación, restringe mecánicamente el tamaño de las partículas de alimentos que pueden ser ingeridos. En general, el tamaño de la boca se correlaciona con el tamaño del cuerpo (Lavens y Sorgeloos, 1996). También es importante examinar el tamaño de la boca y el tamaño de las presas cuando se exploran las estrategias de alimentación de los alevines de los peces. El conocer estas estrategias permite reducir los costos en la captura de las presas en energía y tiempo seleccionando la presa más abundante (Ponton y Muller, 1990). La limitación del tamaño de la boca es más fuerte durante las etapas iniciales de vida de los peces planctofagos (Zaret, 1980).

Indicadores de crecimiento

De acuerdo con García-Ortega (2000), la baja digestibilidad y la calidad nutricional de los alimentos artificiales son factores que pueden explicar su fracaso como dietas iniciales de los peces. El crecimiento absoluto mayor en peso se obtuvo en ambos alimentos balanceados seguido del rotífero *Lecane papuana* y *Alona guttata*, contrario a lo reportado por Carneiro *et al.* (2003) y Luna-Figueroa *et al.* (2010), que obtuvieron sus mejores resultados para este indicador en los alimentos vivos.

Para larvas de *Pterophylum scalare* se registraron indicadores de crecimiento altos cuando se alimentaron con nauplios de *A. franciscana*, seguida de *M. wierzejski*, *P. redivivus* y del alimento comercial ($F < 0.05$). (Luna-Figueroa *et al.*, 2010). Los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con los obtenidos por Luna-Figueroa (2007), lo que fortalece la utilización de *Moina* sp. como alimento para los juveniles del pez ángel; eso nos indica que la incorporación de pequeños crustaceos en los primeros estadios aporta los nutrientes necesarios en los primeros estadios de vida de los peces.

En estudios sobre la nutrición de peces, la evaluación de la tasa de crecimiento específico (TCE), es importante ya que es afectada por el tipo de alimento proporcionado a los organismos (Jauncey, 1982), además, es un indicador sensible de la calidad proteínica de las dietas y en condiciones controladas la ganancia en peso de los organismos esta en proporción a los aminoácidos esenciales suministrados (Tacon, 1987). Sin embargo, lo observado en este estudio indica que la cantidad de proteína no siempre obtendrá mayores TCE, ya que la cantidad de proteína de Wardley fue menor a lo registrado para Gisis

PL1 y se obtuvo un valor de la TCE mayor. Los valores de este estudio se encuentran por debajo de los obtenidos por Valbuena *et al.* (2013), que reportan una TCE con cladóceros de 8.9, copépodos de 8.9 y el valor mayor con *Artemia*, tendencia que se observó en ganancia de peso, crecimiento absoluto y supervivencia.

Se tiene que considerar que el efecto del alimento en el crecimiento de los peces depende de la especie, la talla, la edad, la condición fisiológica y de las condiciones físicas y químicas del agua de mantenimiento (Arce-Urbe y Luna-Figueroa, 2003).

Factor de condición

González *et al.* (2006) mencionan que el factor de condición provee una evaluación útil acerca del estado de "bienestar" de los peces y representa una forma indirecta de evaluar las relaciones ecológicas y los efectos de diferentes estrategias de manejo y alimentación.

El factor de condición, comúnmente designado como K, es utilizado para comparar la "condición" o "bienestar" de un pez o población, basándose en que los peces de mayor peso, a una determinada longitud, presentan una mejor condición (Froese, 2006). No obstante, la interpretación de los índices de condición debe hacerse cuidadosamente, ya que sus valores dependen de varios factores: como disponibilidad de alimento (Rennie y Verdon, 2008) o la estacionalidad (Trudel *et al.*, 2005), incluyendo su interrelación entre estos factores (Rennie y Verdon, 2008).

El valor medio poblacional del factor de condición corresponde a la unidad, animales con valores arriba de 1 son animales gordos y por el contrario animales debajo de 1 son flacos y animales con valores

superiores a 1.4 ya tienen un alto grado de gordura (Guerra-Vargas, 1992). En este estudio se encontraron valores por encima o cercanos a uno, lo que indica un “buen estado” de los organismos. En el caso de las combinaciones realizadas en el estudio actual, se obtuvieron niveles por debajo de uno lo que indica que no son las condiciones adecuadas para la especie; sin embargo, la supervivencia de la especie se vió favorecida con este tipo de alimentación, similar a lo sucedido con la especie *Alona guttata* que tiene el menor factor de condición y la supervivencia también se vio favorecida.

Supervivencia

La supervivencia de las larvas presenta altas fluctuaciones debido a diversos factores como los parámetros físico-químicos como la temperatura, la iluminación, el flujo de agua, las corrientes, el nivel de oxígeno disuelto, la presencia de amonio, la salinidad, el pH, y otros, considerados los más importantes para la supervivencia y crecimiento (Merchie *et al.*, 1996) y a factores genéticos y etológicos que están relacionados directamente con el comportamiento alimenticio y los procesos de huida, los biológicos como la cantidad de ácidos grasos y vitaminas, los que le confieren a las larvas la energía necesaria para mantener su metabolismo, crecer y asegurar su supervivencia (Civera *et al.*, 2004)

El tratamiento con el rotífero *Lecane papuana*, presentó una mortalidad hasta la segunda etapa, quedando al final del experimento solo con el 20% de los organismos. Se ha mencionado, que los rotíferos no reúnen los requerimientos alimenticios esenciales de las larvas de peces marinos, especialmente en lo que respecta a la calidad de los ácidos graso polinsaturados (HUFA), presentándose una alta mortalidad. Estos factores son los principales responsables,

que en la larvicultura de los peces marinos, las supervivencias obtenidas sean bajas, superando escasamente el 15% en casos como la dorada (*Sparus aurata*), la lobina (*Dicentrarchus labrax*), especies que tiene una tecnología de cultivo ya desarrollada en Europa (Nash y Novotny, 1995).

En el caso de los ciliados, *Paramecium bursaria* y *Paramecium caudatum*, se obtuvo una mortalidad del 100% y *P. bursaria* no se logró terminar el experimento, ya que finalizó en el día 11. Los protozoarios no se han evaluado como primera alimentación en larvas de peces, según lo reportado por (Rhodes y Phelps, 2008), algunos ciliados marinos como *Fabrea* ha sido utilizado para la alimentación de larvas de pargo rojo *Litjanus campechanus*, acompañadas de nauplios de copépodo. Los resultados mostraron que en el tratamiento alimentando durante los primeros tres días con este ciliado tuvo una alta mortalidad al día tres. Resultados similares fueron obtenidos en este experimento. En la combinación de nauplios y *Fabrea* se logró una supervivencia de $2.39 \pm 2.75\%$. También menciona que usar un organismo demasiado pequeño o demasiado grande como primer alimento y no hacer el destete al alimento balanceado o uno más grande puede tener un impacto significativo en la supervivencia de las larvas de peces. A pesar de no tener evidencia, Gallager *et al.* (1996) mencionan que los protozoarios también pueden ser un alimentación útil para las larvas en su primera alimentación, ya que son ricos en ácidos grasos omega-3 y pueden ser más fáciles de capturar, aumentando potencialmente la supervivencia larvaria y, en última instancia, la producción de juveniles. Diferentes estudios han demostrado que las larvas de peces pueden depender en gran medida de los protistas heterotróficos, Govoni y Chester (1990), Fukami *et al.* (1999), Pepin y Dower, (2007). Al registrar de manera general la cantidad de lípidos de las especies no podemos asegurar si

el contenido de EPA o DHA (ácidos eicosapentaenoico y docosahexaenoico) tuvieron un efecto negativo sobre la supervivencia de las especies como lo mencionan diferentes autores (Watanabe, 1993); (Mourente y Odriozola, 1990); (Izquierdo *et al.*, 1989) (Rodríguez *et al.*, 1997) (Wu *et al.*, 2002); (Bransden *et al.*, 2003).

La supervivencia de las larvas alimentadas con *A. franciscana* y *M. wierzejski* fue 25.0 y 43.75%, mayor con respecto a las nutridas con *P. redivivus* y con alimento inerte. Sin embargo, es necesario dedicar mayor investigación a determinar los factores que intervienen en la supervivencia de las larvas, como son la calidad del agua y el tamaño de partícula del alimento (Luna-Figueroa *et al.*, 2010).

También apuntan a que la cantidad de nutrientes no es el factor estrictamente determinante para explicar la diferencia en el crecimiento de *P. scalare*, sino que la calidad de los nutrientes juega un papel definitivo, así como la digestibilidad y la presencia de algún micro-elemento ausente en el alimento artificial, el que promueve el crecimiento (García-Ortega, 2000). La razón por la que *Alona guttata* fue mejor en la supervivencia de la especie, puede ser explicado por sus respectivos contenidos nutritivos, así como por inducir estímulos visuales y químicos, por las enzimas presentes en los organismos vivos que contribuyen a la digestión del alimento y porqué existen diferencias en la digestibilidad entre los alimentos vivos y los artificiales, las cuales son atribuidas a las diferencias en la digestibilidad de proteína (García-Ortega, 2000). La supervivencia reportada para *A. guttata* es mayor a la que reporta Valbuena *et al.* (2013) que suministro una mezcla de *Ceriodaphnia* sp. y *Moina* sp. a larvas de capaz (*Pimelodus grosskopfii*) obteniendo una supervivencia de sólo del 6.7%.

Varios estudios realizados observaron que las mejores tasas de supervivencia fueron obtenidas con el uso del plancton como alimento en condiciones de laboratorio. Los resultados mostraron la eficiencia del plancton para la larvicultura de varias especies como: las postlarvas de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) y mantrixa (*Brycon cephalus*) (Luz *et al.*, 2000).

Relación Peso Longitud

Es importante analizar la relación entre el peso y la longitud en los peces, a través de su historia de vida o bien en un tiempo en particular. A lo largo de la vida del pez, el peso corporal varía como una potencia de la longitud, que es conocida como relación alométrica. Debido a que la talla es una magnitud lineal y el peso proporcional al cubo de la talla, si el pez al crecer retiene la forma, se dice que su crecimiento es isométrico, entonces el valor de b es igual a 3. Cuando esto no ocurre, es decir no se mantiene la proporcionalidad, se dice que el crecimiento es alométrico, ya sea un valor significativamente menor o mayor de 3. Un valor menor de 3 muestra que el pez es menos pesado para la longitud que alcanza; un exponente mayor de 3 indica que el pez llega a ser más pesado para su longitud conforme incrementa en talla (Granado, 2002; Gómez-Marquez *et al.*, 2016).

También, durante su ciclo de vida, los peces pasan por etapas bien definidas: como larva, alevino, juvenil y adulto, cada una de éstas etapas son caracterizada por una determinada relación longitud-peso (Tresierra y Culquichicón, 1995), razón por la que el coeficiente de correlación (r) tendrá valores diferentes y alternantes (Segura-

Guevara *et al.*, 2011). En esta investigación se obtuvieron valores bajos del coeficiente de correlación, no obstante es importante resaltar que el número de datos es bajo, ya que en algunos experimentos la mortalidad fue alta y no se ajusta al modelo, lo que concuerda a lo mencionado por Granado(2002) y Gómez-Marquez *et al.* (2016) quienes mencionan que la falta de clases de edad determina que la expansión no se ajuste a la población, sino solo a ciertas cohortes.

El crecimiento en longitud describe normalmente una curva de tipo exponencial; ya que el crecimiento suele ser rápido al principio, cuando el pez es joven, pero se va haciendo más lento a medida que aumenta la edad y a que éste alcanza el tamaño o la longitud máxima que cada individuo puede alcanzar. El crecimiento en peso sigue en cambio un patrón diferente, ya que describe una curva de tipo sigmoideo. En etapas tempranas de la vida del pez el incremento en peso es lento (Csirke, 1989). En este estudio se observan ambos fenómenos, ya que en algunos de los tratamientos se observó un crecimiento con una clara tendencia a la isometría, ya que el modelo fue una regresión lineal.

La relación peso-longitud obtenida en este estudio fue diversa, así por ejemplo con el alimento Wardley, se obtuvo un crecimiento alométrico positivo, similar a lo reportado por Gómez-Márquez *et al.* (1999) con las hembras de especie *Heterandria bimaculata*. Se encontró un crecimiento alométrico negativo con la alimentación con *Paramecium caudatum* y *Alona guttata* que fue similar a lo reportado por Gómez-Márquez *et al.* (1999) con los machos de la especie *Heterandria bimaculata* en la laguna “El Rodeo”, Morelos, México.

Lagler *et al.* (1990) sugieren que si los peces crecen isométricamente, conservan la forma del cuerpo y la gravedad específica también permanecerá sin cambios durante su tiempo de vida; Por lo tanto, en tales casos, el valor de b debe ser igual a 3,0. Por lo tanto, este patrón de crecimiento en los peces seguirá la ley del cubo, cuando las condiciones son controladas. Este tipo de crecimiento sólo se presentó en los organismos de *P. infans* alimentados que fueron alimentados *Paramecium bursaria*, *Lecane papuana* y con el alimento balanceado para camarón Gisis PL1, similar a lo reportado por Lóran-Núñez *et al.* (2013), en el Lago de Catemaco, Veracruz, México.

El crecimiento será alométrico negativo, debido a que las condiciones del hábitat no son adecuadas para el crecimiento (Abowei, 2010). El crecimiento obtenido con *Paramecium caudatum* y *Alona guttata*, a pesar de obtener una supervivencia alta, se cree que no se proporcionó el ambiente adecuado para el crecimiento de la especie.

Por otra parte, si el valor b es mayor que 3,0, el pez se vuelve más pesado y muestra un patrón de crecimiento alométrico positivo para sus longitudes específicas, lo que puede deberse a que se presentaron condiciones óptimas, similar a lo registrado en este estudio con el alimento balanceado Wardley, que contrariamente a *Alona guttata*, se obtuvo una supervivencia menor pero si se proporcionó el alimento necesario para el crecimiento de la especie. Es importante resaltar que la alometría puede variar entre las especies y relacionarse con el tamaño de muestra, la época del año, la alimentación, la madurez sexual con el rápido crecimiento de las primeras etapas de vida y con algunos factores importantes (Morales y González, 2010).

Combinaciones

Hofer (1985), asegura que a pesar de que los alimentos comerciales son aceptados por la mayoría de los peces, se producen tasas bajas de crecimiento y una alta mortalidad, cuando son suministrados como única fuente de alimento. Según lo observado en este estudio así fue, es por eso que se propusieron las combinaciones con los mejores alimentos. En el caso de *Alona guttata* no se propuso debido a que la estrategia reproductiva de la especie, no permite que el cultivo se recupere pronto; por lo tanto, no se utilizó. Similar a lo que sucede con los copépodos según Civera *et al.* (2004), que indicaron que las ventajas que presentan los copépodos comparados con los rotíferos y las artemias, son el poseer los nutrientes esenciales que las larvas requieren, por lo que no necesitan ser enriquecidos. Sin embargo, el inconveniente de éstos es que presentan ciclos de vida largos, comparados con las demás especies de alimento vivo.

La co-alimentación se define como alimentar con dietas inertes y vivas al mismo tiempo. La diferencia radica en que esta estrategia de alimentación engloba además la utilización de microalgas, los tradicionales rotíferos y artemia. Esto se plantea como una estrategia para reducir la utilización de alimento vivo durante la primera alimentación, siendo importante resaltar que permite que las larvas se acostumbren a la presencia de la microdieta y asimilen como una parte integrante de su entorno disminuyendo así el trauma que significa el destete (Cahu y Zambonino, 2001). Al alimentar larvas de *Clarias gariepinus* con raciones secas y con *Artemia*, se registró la mayor producción en términos de biomasa al combinar estas dos fuentes alimenticias (Appelbaum y McGerr, 1998).

Las larvas co-alimentadas parecían estar mejor nutridas y bien preparadas para superar lesiones, como una infección parasitaria (Carneiro *et al.*, 2003).

Petkam y Moodie (2001) observaron que las prácticas de co-alimentación dieron como resultado un mejor crecimiento del bagre.

Rosenlund *et al.* (1997) y Cañavate y Fernández-Díaz (1999) observaron que la estrategia de co-alimentación en algunas especies de marinas comercialmente importantes como el Sole (*Solea senegalensis*), la lobina (*Dicentrarchus labrax*), la dorada (*Sparus aureta*), entre otros mejoraron la tasa de crecimiento y la supervivencia. Engrola *et al.* (2009) concluyen en un estudio con larvas de *Senegalese sole*, que una buena estrategia de co-alimentación con la dieta inerte que comienza durante la primera fase de cría de larvas, puede mejorar la calidad larval, además de promover el crecimiento en juveniles de mejor calidad, similar a lo reportado por Aristizábal y Suárez (2006), con larvas de *Pagrus pagrus* L.. En este estudio se observó que se obtuvo una mayor ganancia en peso en la combinación número tres, a pesar de que la supervivencia se vio afectada. Las tres combinaciones propuestas tienen un crecimiento de tipo alométrico negativo, lo que indica que crecen más en talla que en peso y según Abowei (2010), a pesar de obtener una supervivencia adecuada tal parece que no se proporcionó un ambiente adecuado para tener un crecimiento de tipo isométrico o alométrico positivo. Los datos registrados del factor de condición se suman a este argumento ya que en las tres combinaciones se registró un intervalo de 0.6 a 0.8.

La estrategia de co-alimentación, tiene la ventaja de aumentar la oferta de nutrientes, cuando se suministra el número de presas necesarias, además que es caracteriza como una etapa de aprendizaje, cuando las larvas tiene su primer contacto con una dieta balanceada y gradualmente aumentan su aceptación hasta que los alimentos vivos puedan ser completamente eliminados (Theshima *et al.*, 2000).

Pruebas de resistencia

De acuerdo con Watanabe *et al.* (1983), los peces mal nutridos no sobreviven a condiciones extremas comparados, con aquellos bien alimentados. En las granjas intensivas, el estrés animal es constante (Luz, 2007); fue verificado por Ako *et al.* (1994), cuando incrementaron los ácidos grasos en *Artemia* para alimentar a las larvas de *Mugil cephalus*, ya que fueron más resistentes al estrés. En el caso de *Poecilia sphenops* Hernández-Rodríguez y Bückle-Ramirez, (2010) reportan que la temperatura crítica fue de 40°C, cuando los organismos están aclimatados de 20 a 29°C; otro estudio, reporta el valor de máximo crítico para la especie *Poecilia reticulata* con una temperatura de 41.18°C (Giusto *et al.*, 1998). En ambos estudios fueron se obtuvieron valores inferiores a los reportados en este experimento.

En cuanto al pH se obtuvieron niveles superiores a los reportados por Daye y Garside (1975) con trucha ya que reportan un pH letal de 9.8, al igual que lo reportado por Falter *et al.* (1991) que trabajaron con tres especies de peces de la cuenca de Klamath, en este caso, el valor máximo de pH fue de 11.23.

Oliveira-Garcia *et al.* (2014) concluye que el aumento de los niveles de proteína en la dieta (con una posible contribución de la energía dietética), aumentó el tiempo antes de perder el equilibrio a pH 3.5 o 10.0 en el pez *Piaractus brachypomus*.

Además, se ha demostrado que los organismos que han inducido termo tolerancia también muestran mayor resistencia a otras formas de estrés (Spees *et al.*, 2002).

En realidad, sobre el pH letal básico se han realizado pocos experimentos en especies comerciales; sin embargo, se pudo observar en este experimento que una dieta combinada proporciona mayor resistencia a los cambios de pH y además se observó que en el laboratorio, el manejo de los organismos alimentados con Wardley a un pH de 10 presentó una mortalidad alta.

12.0 CONCLUSIONES

Un alto contenido de proteína en el alimento vivo no garantiza la supervivencia y mejora en el desarrollo de los primeros estadios de *P. infans*, ya que depende de la cantidad de proteína digestible que contengan las especies planctónicas, en este estudio no se midió este tipo de proteína, sin embargo se infiere que la especie *Lecane papuana* y el alimento Gisis PL 1 contienen la proteína digestible para *P. infans*. Las especies que presentaron la mayor cantidad de carbohidratos son las que presentan una mejora en la supervivencia y desarrollo de *P. infans*. La cantidad de lípidos que se encuentre en el alimento se tiene una relación inversamente proporcional a la supervivencia de *P. infans*. De manera individual los alimentos balanceados no cumplen con los requerimientos para los primeros estadios de la especie. Los protozoarios propuestos en este trabajo no cumplen los requerimientos nutricionales de manera individual, sin embargo, se necesita otra investigación para realizar la combinación con el alimento balanceado Gisis PL1, tal vez de esa forma incrementar la supervivencia y mejorar el desarrollo. Para el rotífero *Lecane papuana* es importante su uso en los primeros días de manera individual para pasar la etapa crítica de la especie. En el caso de *Alona guttata*, desgraciadamente este alimento no es factible de producir a gran escala, por lo que se necesita otra investigación para escalar su cultivo, añadiendo que es probable que esta especie sea una especie estrategia-K que no logre una gran producción al escalar los cultivos. Algunas especies planctónicas en combinación con el alimento balanceado utilizadas como primer alimento en los primeros estadios de *P. infans* mejoran el desarrollo, la supervivencia y la resistencia. Ejemplo de esto, fue *Lecane papuana* y el alimento balanceado para camarón Gisis PL1, al registrar el 100% de supervivencia. Es importante resaltar que en una estrategia de co-

alimentación tiene que comenzar con alimento vivo, de esta manera, se asegura los primeros cinco días que se observó fueron los más críticos para la especie, por ello no se tomaron las medidas biométricas ya que este factor podrían interferir en la supervivencia. Posteriormente, se utiliza la combinación de ambos para que los organismos se acostumbren al alimento balanceado. La combinación que presenta mejores resultados en desarrollo, supervivencia y resistencia al estrés fue la combinación dos, por lo que se recomienda para la producción de *P. infans*.



Glosario

Aclimatación: Ajuste o acomodamiento de los organismos a condiciones de laboratorio

Acuicultura: Cultivo de organismos acuáticos en áreas continentales o costeras, que implica por un lado la intervención en el proceso de crianza para mejorar la producción y por el otro la propiedad individual o empresarial del stock cultivado.

Acuario: Un tanque u otro recipiente adecuado donde se pueden mantener peces u otros organismos acuáticos

Alga: Primitivos organismos acuáticos eucarióticos que contienen clorofila y no disponen de verdaderos tallos, raíces y hojas.

Alevín: Estado larval de peces desde la eclosión hasta el final de la dependencia del vitelo como fuente de nutrición. A menudo este término está restringido a salmónidos y peces afines, antes que dejen el sustrato de incubación (grava de desove) de las ovas, para iniciar libremente la natación.

Amino ácido: Compuesto orgánico que contiene tanto los grupos amino (NH₂) como carboxilo (COOH). Las moléculas de amino ácidos se combinan para formar proteínas por lo que son constituyentes fundamentales de la materia viva. Son sintetizados por organismos autótrofos, principalmente plantas verdes

Bentos: Organismos que viven en el sedimento de ambientes acuáticos

Bioenergética: Transformación energética en organismos vivos y ecosistemas acuáticos

Caloría: Es la unidad que se emplea para medir la energía química. Se define como la cantidad de calor que se necesita para aumentar la temperatura de un gramo de agua en un grado Celsius a presión estándar.

Clorofila: Sustancia nitrogenada verde que poseen los cloroplastos de las plantas. Existen dos formas, clorofila A verde-azulada, y clorofila B verde amarillenta.

Cladóceros: Crustáceos pequeños de zooplancton que viven casi exclusivamente en agua dulce, por ejemplo *Moina* sp. y *Daphnia* sp.; éste último frecuentemente se usa en larvicultura de agua dulce (por ej., para diferentes especies de carpa) y en la industria de peces ornamentales.

Copépodo: Grupo importante de diminutos crustáceos que se encuentran en aguas dulces y saladas. Poseen un solo ojo mediano y no tienen caparazón. Algunos nadan libremente y pertenecen al zooplancton mientras que otros son parásitos de la piel y agallas de peces. Algunos copépodos viven en los intersticios de los sedimentos.

Cultivo: El cultivo implica algún tipo de intervención humana en el proceso de cría, con el objetivo de mejorar la producción. Tal intervención debería incluir estrategias como la repoblación sostenida y la alimentación así como la propiedad de los animales, por parte de un individuo o una sociedad.

Dieta: Ingredientes o mezcla de ingredientes alimenticios, incluyendo agua, que son suministrados y consumidos por animales

Dieta artificial: El uso del término “dieta artificial” debería ser desalentado. Los alimentos no pueden ser producidos artificialmente (sintéticamente) sino que derivan de ingredientes naturales (sustancias orgánicas). El uso del término “dieta procesada” es más apropiado.

Eficiencia/Tasa de Conversión Alimenticia: razón de la cantidad de alimento seco necesario para producir una cantidad igual de carne de animal.

Endémico: Cualquier planta o animal confinado en un determinado país o región.

Fitoplancton:- el componente vegetal del plancton

Longitud estándar: Parámetro de longitud usado para medir y comparar longitudes de peces. La longitud estándar se mide desde la (punta del) hocico del pez hasta la base de la cola, y no se incluye la aleta caudal, la cual puede ser de longitudes variables en peces de cultivo

Longitud total: La distancia desde el punto más anterior de la cabeza hasta el punto más posterior de la cola del pez

Muestreo: Acción de escoger muestras representativas de la calidad o condiciones medias de un todo.

Plancton: Todos aquellos organismos acuáticos (animales y vegetales), en su mayoría microscópicos y suspendidos en la columna de agua, que pueden servir de alimento para animales acuáticos superiores y para los peces.

Zooplancton: el componente animal del plancton.

Bibliografía

1. Abowei, J. (2010). The condition factor, length-weight relationship and abundance of *Ilisha africana* (Block, 1795) from Nkoro River Niger Delta, Nigeria. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 2, 6-11.
2. Aguilar, P. B., y González, S. G. (1997). Distribución y riqueza de peces marinos en la costa Occidental de México. *Centro de Estudios de la Costa. Universidad Guadalajara*. Melaque, Jal. 37.
3. Ako, H., Clyde, S., Bass, P., & Lee, C. (1994). Enhancing the resistance to physical stress in larvae of *Mugil cephalus* by the feeding of enriched *Artemia nauplii*. *Aquaculture*, 122, 81-90.
4. Akoma, O., Goshu, G., & Imoobe, T. (2014). Variations in zooplankton diversity and abundance in five research fish ponds in northwest Amhara region, Ethiopia. *Ife Journal of Science*, 16(1), 81-89.
5. Appelbaum, S., & MCGerr, J. (1998). Effect of diet and light regime on growth and survival of African catfish (*Clarias gariepinus*) larvae and early juveniles. *Aquaculture Nutrition*, 4, 157-164.
6. Araujo-Lima, C., & Goulding, M. (1997). *So fruit a fish: Ecology, conservation, and aquacultures of the Amazon's tambaqui*. Columbia University Press. New York.
7. Aristizábal, E., & Suárez, J. (2006). Efficiency of co-feeding red porgy (*Pagrus pagrus* L.). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 41(2), 203 – 208.
8. Armendáriz, M. Y., Navarrete-Salgado, N., Fernández, G. E., Vázquez Gómez, G., & Urrieta Zapiain, E. (2008). Relaciones tróficas de los peces del embalse San Miguel Arco de Soyaniquilpan, Estado de México. *Revista Chapingo . Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 14(1), 33-38.
9. Arroyo-Zúñiga, K. (2015). Descripción taxonómica y genotipificación de la ictiofauna nativa del estado de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
10. Atencio- García, V. (2000). Influência da primeira alimentação na

- alevinagem do yamú *Brycon siebenthalae* (Eigenmann 1912) FLORIANÓPOLIS SC. 29, 130. Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina.
11. Barnabé, G., Baudin-Laurencin, F., Bellon- Humbert, C., Lubet, P., Van-Wolrmhoudt, A., & Vigneulle, M. (1996). *Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura*. Acribia S.A. Zaragoza, España.
 12. Bautista, P. (1994). *Crustáceos* (Segunda edición ed.). Mundiprensa. Madrid, España.
 13. Becket, C., & Genoway, R. (1979). Evaluation of the critical thermal maximum for determining thermal tolerance of freshwater fish. *Environmental Biology Fisheries*, 4(3), 245-256.
 14. Bezard, D., & Maigret, J. (1990). Culture of aquarium fish. *Aquaculture*, 2, 841-846.
 15. Bransden, M., Battagelene, S., Cobcroft, J., Morehead, D., Brown, M., Nichols, P., *et al.* (2003). Determining the essential fatty acid requirements of striped trumpeter larvae. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*.12. Suppl:S34
 16. Bureau, D., Kaushik, S., & Cho, C. (2002). Bioenergetics . En H. J. E., & H. R. W., *Fish Nutrition* (1-59). Academic Press.
 17. Busacker, P., Adelman, R., & Goollish, M. (1990). Growth. En B. Shreck, & B. Moyle, *Methods for fish biology* (págs. 383-387). American Fisheries Series 13. Great Britain
 18. Cahu, C., & Zambonino, J. (2001). Substitution of live food by formulated diets in marine fish larvae. *Aquaculture*, 200, 151-160.
 19. Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2005). *Biología*. Medica Paramericana.
 20. Cañavate, J., & Fernández-Díaz, C. (1999). Influence of co-feeding larvae with live and inert diet on weaning the sole *Solea senegalensis* onto commercial dry feeds. *Aquaculture*, 174, 255-263.
 21. Carneiro, P. C., Mikos, J. D., Schorer, M., & Oliveira Filho, P. R. (2003). Live and formulated diet evaluation through initial growth and survival of jundiá larvae, *Rhamdia quelen*. *Scientia Agricola*, 60(4), 615-619.
 22. Castro Barrera, T., De Lara Andrade, R., Castro, G., Mejía., Castro, J., & Malpica, A. (2003). Alimento vivo en la acuicultura. *ContactoS*(48), 22-33.

23. Castro Barrera, Thalia. (2003). *Alimento vivo para organismos acuaticos*. México: AGT Editor S.A.
24. Chong, A., Ishak, S., Osman, Z., & Hashim, R. (2004). Effect of dietary protein level on the reproductive performance of female swordtails *Xiphophorus helleri* (Poeciliidae). *Aquaculture*, 234(1-4), 381-392.
25. Chou, B., & Shiau, S. (1996). Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hibrid tilapia, *Oreochromis niloticus* X *O. aureus*. *Aquaculture*, 143, 185-195.
26. Civera, R., Alvarez, C., & Moyano, F. (2004). Nutrición y alimentación de larvas de peces marinos. *VII Memorias del VII Simposium Internacional De Nutrición Acuicola*. 16-19, Noviembre. Hermosillo, Sonora. México. 8-94
27. CONABIO, IMEA, & Universidad Autónoma de Aguascalientes. (2008). *La biodiversidad en Aguascalientes: estudio de estado*. (I. 9789709000450, Ed.) México.
28. Conde-Porcuna, J. M., Ramos-Rodríguez, E., & Morales-Baquero, R. (2004). El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas. *Ecosistemas*, 13(2), 23-29.
29. Córdova Martínez, L. R., Martínez Porchas, M., López Elías, J. A., Campaña Torres, A., Miranda Baeza, A., Ballester, E., & Porchas Cornejo, M. A. (2010). Alimento natural en acuicultura: una revisión actualizada. *X Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*, 668-699.
30. Craig, S., & Helfrich, L. (2002). Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding. *Virginia Cooperative Extension. Knowledge for the common wealth*, 1-8.
31. Csirke, J. (1989). *Introducción a la dinámica de poblaciones*. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Roma.
32. Daye, P., & Garside, E. (1975). Lethal levels of pH for brook trout *Salvelinus fontinalis* (Mitchill). *Canadian Journal of Zoology*, 53, 639-641.
33. De Silva, S., & Anderson, T. (1995). *Fish nutrition in aquaculture*. Chapman and Hall. Londres.
34. Delbert, M. (2010). Principles of fish nutrition. *Southern Regional Aquaculture Center* (5003), 1-8.
35. Devezé Murillo, P., Lorenzo Reta Mendiola, J., & Sánchez Luna, B. (2004).

- Cultivo de *Poecilia reticulata* (Pisces:Poeciliidae) en cuerpos agua tropicales, Veracruz, México. *Revista Biología Tropical*, 52(4), 951-958.
36. Dhert, P., & Sorgeloos, P. (1994). Live feeds in aquaculture. *Proceedings of the conference INFOFISH: Aquatech '94* held on 29-31 August in Sri Lanka.209-219
 37. Dominguez-Dominguez, O., Nandini, S., & Sarma, S. (2002). Larval feeding behaviour of the endangered fish golden bubblebee goodeid, *Allotoca dugesi*, implications for conservaton of an endangered species,. *Fisheries Management and Ecology*, 9, 285-291.
 38. Dubois, M., Gilles, K., Hamilton, J., Rebes, P., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28, 350-356.
 39. Dussault, V., & Kramer, D. L. (1981). Food and feeding behavior of the guppy, *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae). *Canadian Journal Zoology*, 59, 684-701.
 40. Elangovan, A., & Shim, K. (1997). Growth response of juvenile *Barbodes altus* fed isocaloric diets with variable protein levels. *Aquaculture*, 158(3-4), 321-329.
 41. Elías-Fernández, G., Navarrete-Salgado, N. A., Fernández-Guzmán, J. L., & Contreras-Rivero, G. (2006). Crecimiento, Abundancia y biomasa de *Poecilia reticulata* en el lago urbano del parque Tezozomoc de la ciudad de México. *Revista Chapingo*, 12(2), 155-159.
 42. Engrola, S., Figueira, L., Conceicao, E., Gavaia, P., Ribeiro, L., & Dinis, M. (2009). Co-feeding in Senegalese sole larvae with inert diet from mouth opening promotes. *Aquaculture*(288), 264–272.
 43. Ergün, S., Guroy, D., Tekesoglu, H., Guroy, B., Celic, I., Tekinay, A., y otros. (2010). Optimum dietary protein level for Blue Streak hap, *Labidochromis caeruleus*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10, 27-31.
 44. Espinosa-Pérez, H. (1993). Riqueza y diversidad de peces. *Ciencias*(7), 77-84.
 45. Espinosa-Pérez, H., Fuentes, P., Gaspar-Dillanes, M. T., & Arenas, V. (1993). Notes on diversity of Mexican Ichthyofanuna. En T. Rammamoorthy, R. Bye, A. Lot, & J. Fa. (Edits.), *Biological diversity of México* (págs. 229-

- 251). Oxford University Press. New York.
46. Falk, D., & Dunson, W. (1977). The effects of season and acute sub-lethal exposure on survival times of brook trout at low pH. *Water Research*, 11, 13-15.
47. Falter, M., Cech, J., & Cech, J. J. (1991). Maximum pH tolerance of three Klamath basin fishes. *Copeia*, 1991(4), 1109-1111.
48. Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22, 241-253.
49. Fukami, K., Watanabe, A., Fujita, S., Yamaoka, K., & Toshitaka, N. (1999). Predation on naked protozoan microzooplankton by fish larvae. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 285-291.
50. Gallager, S., Von Herbing, I., Davis, L., & Alatalo, P. (1996). *Yolk-sac cod larvae ingest microzooplankton exclusive from natural plankton assemblages on Georges Bank*. In: Proceedings of the Ocean Sciences Meeting. Feb 12-16, 1996, San Diego, CA. 1032
51. García Gallego, M., & Sanz Rus, A. (2009). Los hidratos de carbono en la alimentación de los peces. En F. Sanz, *La nutrición y alimentación en piscicultura* (págs. 277-328). Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Madrid, España.
52. García, I., & Koldenkova, L. (1990). Clave pictórica para las principales especies de larvívoros de Cuba. *Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí, La Habana*, 55 p.
53. García-Ortega, A. (2000). Valor nutricional de los quistes de Artemia y su uso como fuente de proteína en dietas artificiales para larvas de peces. En L. Cruz-Suarez, D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M. Olvera-Novoa, & R. Civera-Cerecedo, *Avances de nutrición acuícola V Memorias del V simposium Internacional de Nutrición Acuícola* (págs. 287-299). Yucatán, México.
54. Ghedotti, M. (2000). Phylogenetic analysis and taxonomy of the poecilioid fishes (Teleostei: Cyprinodontiformes). *Zool. J. Linn. Soc.*(130), 1-53.
55. Ghedotti, M., & Wiley, E. (2002). Anablepidae, Poeciliidae, Rivulidae. Three family accounts. En K. Carpenter, *United Nations FAO Species Identification*

- Guide for Fisheries Purposes, The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volumen 2. Bony fishes part 1(Acipenseridae to Grammatidae)* (págs. 1154-1157). The European Commission and the American Society of Ichthyologist and Herpetologist. FAO,
56. Giusto, A., Gómez, S., Cassar, C., & Ferriz, R. (1998). Resistencia a la temperatura y salinidad en *Poecilia reticulata* Peter 1859. *Rev. Bioikos, PUC-Campinas*, 12(2), 45-52.
57. Glynn Henry, J., & W. Heinke, G. (1999). *Ingeniería ambiental*. Pearson Educación.
58. Gómez-Márquez, J. L., Guzmán-Santiago, J. L., & Olvera-Soto, A. (1999). Reproducción y crecimiento de *Heterandria bimaculata* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) en la Laguna "El Rodeo", Morelos, México. *Revista de Biología Tropical*, 47(3), 581-592.
59. Gómez-Marquez, J., Cervantes-Sandoval, A., Salgado-Ugarte, I., Peña-Mendoza, B., Alejo-Plata, M. d., Guzmán-Santiago, J., y otros. (2016). *Temas Selectos de Biología Pesquera*. D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, FES Zaragoza.
60. González, C., Román, E., & Paz, X. (2006). Condition and feeding of american plaice (*Hippoglossoides platessoides*) in the north atlantic with emphasis on the flemish cap. *Journal of Nortwest Atlantic Fishery Science*, 37, 87-102.
61. Govoni, J., & Chester, A. (1990). Diet composition of larval *Leiostomus xanthurus* in and about the Mississippi River plume. *J. Plankton Res*, 12, 819-830.
62. Granado, L. (2002). *Ecología de peces*. Universidad de España. Secretariado de Publicaciones. España.
63. Guerra-Vargas, A. (1992). *Determinacion del crecimiento y factor de condición de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss* en diferentes unidades de producción acuicola de la seccion especializada en recursos pesqueros San Pedro Atlapulco, Edo. Mex.* Mexico, DF: Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias UNAM. 84 p.
64. Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P., & Métailler, R. (2004). *Nutrición y alimentacion de peces y crustáceos*. Ediciones Mundi-Prensa.

65. Guzmán A., M., & Lyons, J. (2003). Los peces de las aguas continentales del estado de Jalisco, México. Análisis preliminar. *e-Gnosis*(1).Art.12.37
66. Harver, H. R., & Ederington, M. C. (1997). Lipid composition of the marine ciliates *Pleuronema* sp. and *Fabrea salina*: shifts in response to changes in diet. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, *44*(3), 189-193.
67. Hecht, T. (1996). An alternative life history approach to the nutrition and feeding of Siluroidei larvae and early juveniles. *Aquatic Living Resour.*, *9*, 121-133.
68. Helfman, G., Colette, B., & Facey, D. (1997). *The diversity of fishes*. Malden, Blackwell Science.
69. Hernández, N., Díaz, M., Mendiola, J., Báez, J., & García, I. (2004). Ingestión de larvas de *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) por *Girardinus metallicus* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Revista Cubana de Medicina Tropical*, *56*(2), 152-155.
70. Hernández-Rodríguez, M., & Bückle-Ramírez, F. (2010). Preference, tolerance and resistance responses of *Poecilia sphenops* Valenciennes, 1846 (Pisces: Poeciliidae) to thermal fluctuations. *Latin American Journal of Aquatic Research*, *38*(3), 427-437.
71. Hirata, H. (1980). Culture methods of the marine rotifer, *Brachionus plicatilis*. *Mem. Rev. Data File Fish. Res.*, *1*: 27-46.
72. Hofer, R. (1985). Effects of artificial diets on the digestive processes of fish larvae. En C. Cowey, A. Mackie, & J. Bell, *Nutrition and feeding in fish* (págs. 213-216). Academic Press.
73. Instituto de Biología, U. (06 de febrero de 2016). *Peces oseos/ Anatomía*. Recuperado el 05 de febrero de 2016, de <http://www.ib.unam.mx/cnpe/informacion/oseos/anatomia/>
74. Ivlev, V. (1939). Balance of energy in carps. *Zoology* *8*, 303-318.
75. Izquierdo, M., Watanabe, T., Takeuchi, T., Arakawa, T., & Kitajima, C. (1989). Requirement of larval red seabream *Pagrus major* for essential fatty acids. *Nippon Suisan Gakkaishi*, *55*, 859-867.
76. Jauncey, K. (1982). The effects of varying dietary protein level on the growth, food conversion, protein utilization and body composition of juvenile tilapias (*Sarotherodon mossambicus*). *Aquaculture*, *27*, 43-54.

77. Jover Cerda, M. (2009). La energía en la nutrición de los peces. En F. Sanz, *La nutrición y alimentación en piscicultura* (pág. 804). Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Consejo Superior de Investigaciones Científicas Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino.
78. Karuthapandi, M., Innocent, X., Siddiqi, B., & Siddiqi, S. (2012). Zooplankton in a temporary freshwater pond habitat, in Attapur, Hyderabad Andhra Pradesh, India. *International Journal of Advanced Life Sciences*, 1, 22-31.
79. Kilambi, R. V., & Robison, W. (1979). Effects of temperature and stocking density on food consumption and growth of grass carp *Ctenopharyngodon idella*, Val. *Journal Fish Biology*, 15, 337-342.
80. Krebs, J., & Turigan, R. (2003). Intraspecific variation in gape-prey size relationships and feeding success during early ontogeny in red drum, *Siaenops ocellatus*. *Environmental Biology of Fishes*, 66, 75-84.
81. Kroghdahl, A., Hemre, G. I., & Mommensen, T. P. (2005). Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages. *Aquaculture nutrition*, 11(2), 103-122.
82. Lagler, K. F., Bardach, J. E., Miller, R. R., & May Passino, D. R. (1990). *Ictiología*. A.G.T. EDITOR, S.A. México.
83. Lavens, P., & Sorgeloos, P. (1996). *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia.
84. Le Cren, E. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal Animal Ecology*, 20, 201-219.
85. Lóran-Núñez, R., Martínez, F., Valdez-Guzmán, A., & Martínez-Lorán, E. (2013). Notas sobre la biología y la pesquería del guatopote azul *Poecilia catemacensis* del Lago de Catemaco, Veracruz. *Ciencia Pesquera*, 21(2), 43-46.
86. Lubzens, E., Tandler, A., & Mintoff, G. (1989). Rotifers as food in aquaculture. *Hidrobiología*, 186/187, 387-400.
87. Luna-Figueroa, J. (2002). Alimento vivo: importancia y valor nutritivo. *Ciencia y Desarrollo*, 166, 70-77.
88. Luna-Figueroa, J. (2007). Incorporación de larvas de mosquito *Culex*

- stigmatosoma (Diptera: Culicidae) en la dieta del pez cebrá *Brachidanio reiro* (Pisces: Cyprinidae) y su efecto en la reproducción. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 11(1), 49-59.
89. Luna-Figueroa, J., Vargas, Z. J., & Figueroa, T. (2010). Alimento vivo como alternativa en la dieta de larvas y juveniles de *Pterophyllum scalare* (Lichtensen, 1823). *Avances en Investigación Agropecuaria*, 14(3), 63-72.
90. Lupano, C. (2013). *Modificaciones de componentes de los alimentos: cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Edulp.
91. Luz, R. (2007). Resistência ao estresse e crescimento de larvas de peixes neotropicais alimentadas com diferentes dietas. *Pesq. Agropec. Bras.*, 42(1), 65-72.
92. Luz, R., Ferreira, A., Reynalte, D., Maffezzoli, G., & Zaniboni Filho, E. (2000). Larvicultura de dourado (*Salminus maxillosus*, Valenciennes, 1984) nos primeiros dias de vida. In: Simposio brasileiro de aquicultura: 1. Florianópolis. 28
93. Mambrini, M., & Guillaume, J.. (2001). Protein nutrition. En J. Guillaume, S. B. Kaushik, & R. Metailler, *Nutrition and feeding on fish and crustaceans* (pág. 81-109). Chichester,: Springer and Praxis Publishing. UK
94. Martínez Cordova, L. R., Martínez Porchas, M., López Elías, J. A., Campaña Torres, A., Mirada Baeza, A., Ballester, E., A., M. (2010). Alimento natural en acuicultura: una revisión actualizada. En L. e.-S. Martínez Córdoba, D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M. Nieto-López, D. A. Villarreal-Cavazos, & J. Gamboa-Delgado, *Avances en nutrición acuicola X. Memorias del X simposio Internacional de Nutrición acuicola 8-10 Noviembre* (págs. 668-699). San Nicolas de los Garza, N.L. México, Nuevo León, México: Universidad Autonoma de Nuevo León.
95. Martínez, J., & Rojas, A. (1996). La ictiofauna de Aguascalientes. *Investigación y Ciencia*(19), 243-249.
96. Maya Peña, E., & Marañón Herrera, S. (1998). Efecto del pH sobre las proporciones de sexos, el crecimiento y la sobrevivencia de *Poecilia reticulata* (Peter, 1859). *Hidrobiológica*, 8(2), 125-132.

97. Mendoza-Alfaro, R., Ramírez-Martínez, C., Contreras-Balderas, S., Koleff, P., & Álvarez Torres, P. (2009). Aquarium trade as a pathway for the introduction of invasive species into México. *Freshwater ecosystems and aquaculture research. Nova Publishers, Hauppauge, NY.*209-224
98. Merchie, G., Lavens, P., Storch, P., Übel, U., & Nelis, H. (1996). Influence of dietary vitamin C dosage on rodaballo (*Scophthalmus maximus*) and European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) nursery stages. *Comp Biochem Physiol*, 114, 123-133.
99. Miller, R. R., Minckley, W. L., Norris, S. M (2009). *Peces dulceacuícolas de México*. CONABIO; SIMAC; ECOSUR; Deser Fishes Council. (Traducción or Schmitter, S.J.J.)
100. Mims, S., Webser, C., Tidwell, J., & Yancey, D. (1991). Fatty acid composition of *Daphnia pulex* cultured by two different methods. *J. World. Aquac. Soc.*, 22, 153-156.
101. Morales, M., & González, L. (2010). Edad y crecimiento del pez *Haemulon steindachneri* (Perciformis: Haemulidae) en el suroeste de la isla Margarita, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 58(1), 299-310.
102. Mourente, G., & Odriozola, J. (1990). Effect of broodstock diets on lipid classes and their fatty acid composition in eggs of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Fish Physiology Biochemical*, 8, 93-101.
103. Moyle, P., & Cech, J. (2000). *Fishes. An introduction to ichthyology* (4ta edición ed.). Prentice Hall. New Jersey, Estados Unidos.
104. Nash, C. & Novotny, A. (1995). *Production of aquatic animals: fishes*. Elsevier Science BV. Amsterdam.
105. Navarrete-Salgado, N., Mauleón-Flores, O., & Contreras Rivero, G. (2008). Interacciones tróficas de los peces presentes en el embalse San Miguel Arco Soyaniquilpan, Estado de México. *Revista de Zoología*(19), 7-14.
106. Nchoutndignigni, N. M., Kekeunou, S., Ajeegah, G., Bapfubusa, B., & Fomena, A. (2014). Growth performance of *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 (Perciformes: Cichlidae) based on *Pennisetum purpureum* (Poaceae) and *Musa sapientum* (Musaceae) in ponds in Yaounde (Cameroon). *International Journal of Biosciences*, 4(1), 443-451.
107. NCR (2011) Nutriente requirements of fish and shrimp, Animal Nutrition

Series National Research Council of the National Academies. The National Academies Press, Washington, D.C. USA.376

108. Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the World*. John Wiley y Sons, Inc.
109. Nichols, N. W., 1973. Growth media-freshwater In: Stein, J. R. (Ed.), *Handbook of Phycological Methods* Cambridge University Press, pp. 7-24.
110. Oliveira-Garcia, L., Gutiérrez-Espinosa, M., Wásquez-Torres, W., & Baldisserotto, B. (2014). Dietary protein levels in *Piaractus brachipomus* submitted to extremely acidic or alkaline pH. *Ciência Rural, Santa Maria*, 44(2), 301-306.
111. Osorio Treviño, O. C. (2016). *Implementacion de Alona cf guttata Sars 1862 (Chydoridae:Aloninae) como organismo modelo para pruebas de toxicidad*. Tesis de Maestria, Universidad Autonoma de Aguascalientes, Aguascalientes.
112. Pauly, D. (1984). Fish poplation dynamics in tropical water: A manual for use with programable calcuator. *International Centernfor Living Aquiatric Resources Management, ICLARM, Estudios and Reviews* 8. 179 p.
113. Pepin, P., & Dower, J. F. (2007). Variability in the trophic position of larval fish in a coastal pelagic ecosystem based on stable isotope analysis. *Journal Plankton Res*, 29, 727-737.
114. Peña, J.A., Neyra, G.L., Loa, L.E., Durand, S.L. (1998). La diversidad biológica en México. Estudio de país, 1998. 1ª ed. CONABIO. 289pp
115. Pérez Osorio, I. N., Navarrete Salgado, N. A., & Solis Juárez, K. (2014). Contenido el tracto digestivo en hembras y machos de *Poeciliopsis infans* en el estanque JF ubicado en Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México. *Revista de Zoología*(25), 1-9.
116. Petkam, R., & Moodie, G. (2001). Food particle size, feeding frequency, and the use of prepared food to culture larval walkin catfish (*Clarias macrocephalus*). *Aquaculture*, 349-362.
117. Ponton, D., & Muller, R. (1990). Size of prey ingested by whitefish, *Coregonus* sp., larvae are coregonus larvae gape-limited predators? *Journal of Fish Biology*, 36, 67-72.
118. Prieto G. M. (2001). Aspectos reproductivos del cladócero *Moinodaphnia*

- sp. en condiciones de laboratorio. *MVZ-Córdoba*, 6(2), 102-110.
119. Prieto G., M., & Atencio, V.G. (2008). Zooplankton en la larvicultura de peces neotropicales. *Revista MVZ Córdoba*, 13(2), 1415-1425.
120. Prieto, M., De la Cruz, L., & Morales, M. (2006). Cultivo experimental del cladocero *Moina* sp con *Ankistrodesmus* sp y *Saccharomyce cereviseae*. *Revista MVZ Córdoba*, 11(1), 705-714.
121. Prudence, J., Hubert, Z. S., Polycarpe, T., Charly, D., Guy, N., Samuel, F., et al. (2015). Physico-chemistry characterization and zooplankton specific diversity of two fishpans in Yaounde (Cameroon, Central Africa). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 6(2), 16-30.
122. Ramachandrann, A. (2002). Manual on breeding, farming & management of ornamental fishes. *School of Industrial Fisheries, Cochin*.
123. Ramírez Martínez, C., Mendoza Alfaro, R., & Aguilera González, C. (2010). *Estado actual y perspectivas de la producción y comercialización de peces de ornato en México*. Monterrey: Pececillos Formados.. Publisher: UANL y CONAPESCA
124. Ramírez-Herrejón, J. P., Castañeda-Sam, L. S., Moncayo-Estrada, R., Caraveo-Patiño, J., & Balart, E. F. (2013). Trophic ecology of the exotic Lermalivebearer *Poeciliopsis infas* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) in the Lago de Pátzcuaro. *Revista de Biología Tropical*, 61(3), 289-300.
125. Rennie, M., & Verdon, R. (2008). Evaluation of condition indices for the lake white fish, *Coregonus clupeaformis*. *North Amercian Journal Fisheries Management*, 28, 1270-1293.
126. Rhodes, M., & Phelps, R. (2008). Evaluation of the ciliated protozoa, *Fabrea salina* as a first food for larval red snapper, *Lutjanus campechanus* in a large scale rearing experiment. *Journal of Applied Aquaculture*, 20(2), 120-133.
127. Ricker, W. (1979). Growth rates and models. En W. Hoar, R. D., & J. Brett (Edits.), *Fish Physiology* (Vol. III. Bioenergetics and growth, págs. 677-743). New York, USA: Academic Press.
128. Rivero, L. (1951). Peces larvívoros. *Boletín de Historia Natural de la Sociedad Zoológica Felipe Poey*, 2(6), 90-97.

129. Rodriguez, C., Henderson, R., Porter, A., & Dick, J. (1997). Modification of odd chain length unsaturated fatty acids by hepatocytes of rainbow trout (*Onrhynchus mykiss*) fed diets containing fish oil or olive oil. *Lipids*, 32(9), 611-619.
130. Rodriguez, C., Lorenzo, A., & Martin, V. (2009). Nutrición lipídica. En F. Sanz, *La nutrición y alimentación en la piscicultura* (págs. 153-274). Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Madrid. España.
131. Rojas, J. E., Soca, L. A., & García, G. I. (2005). Contenido del tracto digestivo de cuatro especies de peces autóctonos y sus implicaciones como biorreguladores de larvas de mosquitos en Venezuela. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 57(3)1-4.
132. Rosenlund, G., Stoss, J., & Talbot, C. (1997). Co-feeding marine fish larvae with inert and live diets. *Aquaculture*, 155, 183-191.
133. Salgado-Ugarte, I. H., Gómez-Márquez, J., & Peña-Mendoza, B. (2005). Métodos actualizados para el análisis de datos Biológicos-Pesqueros. *FES Zaragoza. UNAM*, 240 p.
134. Sánchez-Estudillo, L. (2011). Alimento nutritivo, colorido y en movimiento: Los cultivos de apoyo en Acuicultura. *Ciencia y Mar*, XV(43), 55-60.
135. Segura-Guevara, F., Contreras Ortega, M., & Olaya-Nieto, C. (2011). Relación longitud-peso de la cachana (*Cynopotamus Atratoensis*) en la ciénaga Grande de Lorica, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 16(1), 77-86.
136. SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente. (6 de Marzo de 2002). NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección Ambiental-Especies Nativas de México de flora y fauna silvestres. *Diario Oficial de la Federación*.
137. SEPESCA/CIQRO. (1994). Cultivo de peces de ornato. *Secretaría de Pesca. Subsecretaría de Fomento y Desarrollo Pesqueros. Dirección General de Acuicultura. Chetumal, Quintana Roo*, pág. 29.
138. Shim, K., & Chua, Y. (1986). Some studies on the protein requirement of the guppy *Poecilia reticulata* (Peters). *J. Aquar. Aquat. Sci*, 4(4), 79-84.
139. Shirota, A. (1977). Studies on the mouth size of fish larvae. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish*, 3, 353-36.
140. Snell, T. W., & Janssen, C. (1995). Rotifers in ecotoxicology: a review.

- Hydrobiologia*, 313/314: 231-247.
141. Spees, J., Chang, S., Snyder, M., & Chang, E. (2002). Osmotic induction of stress-responsive gene expression in the lobster *Homarus americanus*. *Biological Bulletin* (3), 331-337.
 142. Sroda, S., & Cossu-Leguille, C. (2011). Seasonal variability of antioxidant biomarkers and energy reserves in the freshwater gammarid *Gammarus roeseli*. *Chemosphere*, 83(4), 538-544.
 143. Sumithra, V., Janakiraman, A., & Altaff, K. (2014). Influence of different type of feeds on growth performance in black molly (*Poecilia sphenops*). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 1(6), 24-26.
 144. Tacon, A. (1987). *The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp a training manual. I. The essential nutrients*. FAO. Trust Fund GPC/RCL/075/ITA. Brasilia, Brasil.
 145. Theshima, S., Ishikawa, I., & Koshio, S. (2000). Nutritional assessment and feed intake of microparticulate diets in crustaceans and fish. *Aquaculture Research* (31), 691-702.
 146. Tresierra, A., & Culquichicón, Z. (1995). *Manual de biología pesquera*. Editorial Libertad E.I.R.L. Trujillo, Perú. 432
 147. Trudel, M., Tucker, S. M., Higgs, D., & Welch, D. (2005). Indicators of energetic status in juvenile coho and chinook salmon. *North American Journal of Fisheries Management*, 25, 374-390.
 148. U.S. EPA. 1985. Lemna acute toxicity test. Fed. Reg. 50, 39331-39333.
 149. Valbuena, V., Zapata-Berruecos, B., & Otero-Paternina, A. (2013). Evaluación de la primera alimentación en larvas de capaz *Pimelodus grosskopfii* bajo condiciones de laboratorio. *Revista MVZ Córdoba*, 18(2), 3518-3524.
 150. Vásquez, W. (2004). *Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces*. Juan XXXIII Ltda.
 151. Vásquez-Torres, W. (2001). *Determinação das exigências de proteína, gordura e carboidratos em dietas para crescimento de juvenis de pirapitinga, Piaractus brachypomus (CUVIER 1818)*. Tesis de Doctorado, Universidad de Amazonas . Colombia

152. Velasco-Santamaría, Y., & Corredor-Santamaría, W. (2011). Nutritional requirements of freshwater ornamental fish: a review. *Revista MVZ Córdoba*, 16(2), 2458-2469.
153. Watanabe, T. (1993). Importance of docosahexaenoic acid in marine larval fish. *Journal World Aquaculture Soc.*, 24, 152-161.
154. Watanabe, T., Kitajima, C., & Fujita, S. (1983). Nutritional values of live organism used in Japan for mass propagation of fish: a review. *Aquaculture*, 34(1-2), 115-143.
155. Woynarovich, E. (1988). *Tambaqui e Pirapitinga. Propagação artificial e criação de alevinos*. Ministerio da Irrigação e CODEVASF. Brasilia, Brasil
156. Wu, F., Ting, Y., & Chen, H. (2002). Docosahexaenoic acid is superior to eicosapentaenoic acid as the essential fatty acid for growth of grouper, *Epinephelus malabaricus*. *Journal Nutrition*, 132(1), 72-79.
157. You, K., Ma, C., Gao, H., Li, F., Zhang, M., Qiu, Y., y otros. (2008). Food intake rate and delivery strategy in aquaculture. *Chineses Journal of Oceanology and Limnology*, 26(3), 263-267.
158. Zaret, T. (1980). Predation and Freshwater communities. *New Haven, CT: Yale University Press*, 187.
159. Zöller, N., & Kirch, K. (1962). Über die quantitative bestimmung von lipoiden(Mikrometrhode). *Z. Ges. Exp. Med.*, 135, 535.