



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA
CARRERA DE BIÓLOGO

EFFECTO DE TRES DIFERENTES DIETAS, SOBRE BIOINDICADORES DE PRODUCCIÓN (CRECIMIENTO), EN LA ALIMENTACIÓN EN CAUTIVERIO DEL CHARAL *Chirostoma jordani* (Woolman 1894).

TESIS DE LICENCIATURA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIÓLOGO PRESENTAN:

JIMÉNEZ GARCÍA CRUZ PALMIRA
Y
NAVA VILLALBA JOSÉ LUIS

DIRECTOR:

Dr. Guillermo Artemio Blancas Arroyo.

Noviembre/2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicatorias

Primero a la memoria de mi madre, por enseñarme a luchar aguerridamente para lograr el bienestar de las personas que amo, a mis hermanos por su apoyo incondicional, muy en especial a mi hermano Sergio y a mi hermano Rafa, por su cariño y comprensión durante todo este tiempo. A mi hijo Emiliano, por ser el tesoro invaluable que la vida me otorgó, así como por ser el motor fundamental para lograr mis éxitos, gracias amor por permitirme ser tu madre. A José Luis, mi compañero por su apoyo y comprensión en el transcurso de estos años.

Palmira

A mi Esposa, Palmira, y mi hijo, Emiliano, que son mi razón para luchar, progresar y salir adelante. A mis hermanos Mario, a quien tanto quiero y deseo lo mejor, y Sergio, ejemplo de fuerza, quien luchó hasta el final como un guerrero contra una enfermedad mortal. A mis padres, Maria Ines y Mario, quienes me dieron vida y a quienes debo mi existencia, a mis tíos y tías, Mari Cruz, Cati y Jorge Nava.

José Luis.

Agradecimientos

Ante todo y especialmente, al Doctor Guillermo A. Blancas Arroyo, quien nos guió a través de todos estos años en diversos proyectos, haciendo madurar nuestra vocación científica y compartiendo sus conocimientos con nosotros, siendo además un gran amigo.

Al Doctor José Luis Arredondo, quien nos apoyó con sus amplios conocimientos y precisos comentarios.

Al Maestro Armando Cervantes, por su apoyo en la parte estadística y sus invaluable conocimientos.

A Don Pedro Sánchez López, quien sin su ayuda no habría sido posible este estudio.

Y a la Universidad Nacional Autónoma de México, quien nos arropó académicamente, brindándonos una educación de la mejor calidad, y que promueve la consolidación de un México mejor.

ÍNDICE

ÍNDICE	1
ÍNDICE DE CUADROS	3
ÍNDICE DE FIGURAS	5
RESÚMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
MARCO TEORICO	11
a) Generalidades de la especie	11
b) Diagnósis de la especie	13
c) Hábitos alimentarios y nutrición	15
ANTECEDENTES	20
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
HIPÓTESIS	25
OBJETIVOS	26
MATERIAL Y MÉTODOS	27
Experimento a, talla trófica 1	28
Experimento b, talla trófica 2	29
Análisis estadístico	32
RESULTADOS	33
1. Calidad del agua	33
2. Aceptación y habituación a alimento peletizado.	35
3. Aceptación de la <i>Artemia sp.</i>	43
4. Efecto de cada tipo de dieta sobre el crecimiento de <i>C. jordani</i> mediante bioindicadores de producción:	45
a) Tasa de crecimiento absoluto (TCA)	45
b) Tasa de crecimiento específico (TCE)	49
c) Factor de conversión del alimento (FCA)	52
d) Coeficiente de eficiencia de proteína (CEP)	53
e) Supervivencia	56
f) Pesos y longitudes finales	58
5. Efecto de dos frecuencias alimentarias	59
6. Rentabilidad económica de cada tipo de dieta.	61
7. Análisis estadístico	63
DISCUSIÓN	66
1. Parámetros Físicoquímicos, T ⁰ , OD y pH	66
2. Aceptación y habituación a alimento peletizado.	67
3. Aceptación de la <i>Artemia sp.</i>	69
4. Efecto de cada tipo de dieta sobre el crecimiento de <i>C. jordani</i> mediante bioindicadores de producción:	71
a) Tasa de crecimiento absoluto (TCA)	71
b) Tasa de crecimiento específico (TCE)	73
c) Factor de conversión del alimento (FCA)	74
d) Coeficiente de eficiencia de proteína (CEP)	75
e) Supervivencia	76
f) Pesos y longitudes finales	77
5. Efecto de dos frecuencias alimentarias	78

6. Rentabilidad económica de cada tipo de dieta.	80
7. Análisis estadístico	81
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES	83
BIBLIOGRAFÍA	84

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Horario y frecuencia de alimentación durante el experimento 1. Por dieta alimentaria. Dos meses de edad al inicio del experimento.	29
Cuadro 2. Horario y frecuencia de alimentación durante el experimento 2. Por dieta alimentaria. Cuatro meses de edad al inicio del experimento.	30
Cuadro 3. Intervalos de valores de temperatura del agua, oxígeno disuelto y pH registrados durante el estudio.	33
Cuadro 4. Cantidad de alimento suministrado a cada unidad experimental semanalmente en g. Talla trófica 1. (R = ración)	36
Cuadro 5.- Cantidad de alimento suministrado a cada unidad experimental semanalmente en g. Talla trófica 2. (R = ración)	37
Cuadro 6. Porcentaje de consumo de las tres dietas con una frecuencia de 2 raciones, 1ª talla trófica.	38
Cuadro 7. Porcentaje de consumo de las tres dietas con una frecuencia de 2 raciones, 2ª talla trófica.	39
Cuadro 8- Cantidad de alimento suministrado en g. a cada unidad experimental en ambas tallas tróficas con 1 y 2 raciones diarias.	40
Cuadro 9. Cálculo de la cantidad de alimento consumido por los organismos de los diferentes sistemas experimentales sometidos a dos raciones alimenticias diarias, 1ª talla trófica.	42
Cuadro 10. Cálculo de la cantidad de alimento consumido por los organismos de los diferentes sistemas experimentales sometidos a dos raciones alimenticias diarias, 2ª talla trófica.	42
Cuadro 11. Escala de aceptación de Artemia sp. por el charal C. jordani durante las 1ª y 2ª talla tróficas para la dieta a base de alimento vivo.	43
Cuadro 12. Escala de aceptación de Artemia sp. por el charal C. jordani durante las 1ª y 2ª talla tróficas para la dieta a base de alimento mixto.	43
Cuadro 13. Registro de TCA de los sistemas de la 1ª talla trófica, con los organismos alimentados con 1 ración diaria.	45
Cuadro 14. Registro de TCA de los sistemas de la 1ª talla trófica, con los organismos alimentados con 2 raciones diarias.	46
Cuadro 15. Registro de TCA de los sistemas de la 2ª talla trófica, con los organismos alimentados con 1 ración diaria.	47
Cuadro 16. Registro de TCA de los sistemas de la 2ª talla trófica, con los organismos alimentados con 2 raciones diarias.	47
Cuadro 17. Registro de TCE de los sistemas de la 1ª talla trófica, con los organismos alimentados con 1 ración diaria.	49

Cuadro 18. Registro de TCE de los sistemas de la 1ª talla trófica, con los organismos alimentados con 2 raciones diarias.	50
Cuadro 19. Registro de TCE de los sistemas de la 2ª talla trófica, con los organismos alimentados con 1 ración diaria.	51
Cuadro 20. Registro de TCE de los sistemas de la 1ª talla trófica, con los organismos alimentados con 2 raciones diarias.	51
Cuadro 21. Registro de FCA de los sistemas de la 1ª talla trófica, con los organismos alimentados con 2 raciones diarias.	52
Cuadro 22. Registro de FCA de los sistemas de la 2ª talla trófica, con los organismos alimentados con 2 raciones diarias.	53
Cuadro 23. Promedio de alimento consumido por sistema y su correspondiente contenido de proteína. 1ª talla trófica, 2 raciones diarias.	54
Cuadro 24. Registro de CEP de los sistemas de la 1ª talla trófica, con los organismos alimentados con 2 raciones diarias.	54
Cuadro 25. Promedio de alimento consumido por sistema y su correspondiente contenido de proteína. 2ª talla trófica, 2 raciones diarias.	55
Cuadro 26. Registro de CEP de los sistemas de la 2ª talla trófica, con los organismos alimentados con 2 raciones diarias.	55
Cuadro 27. Valores promedio de TCA, TCE, FCA y CEP de los sistemas de la 1ª talla trófica, tratados con 1 y 2 raciones diarias.	56
Cuadro 28. Valores promedio de TCA, TCE, FCA y CEP de los sistemas de la 1ª talla trófica, tratados con 1 y 2 raciones diarias.	56
Cuadro 29. Ecuaciones de Le Cren ($P=aL^b$) para el crecimiento de cada uno de los sistemas ensayados.	61
Cuadro 30. Tipo de crecimiento de cada uno de los sistemas ensayados.	61
Cuadro 31. Precio comercial de 1 Kg. de los diferentes tipos de alimento usados durante el presente estudio, actualizado al día 2/Septiembre/2008.	62
Cuadro 32. Precio de producción de 1 kg de las diferentes dietas usadas en el presente estudio, actualizado al día 02/Septiembre/2008.	62
Cuadro 33. Análisis costo beneficio de la producción de 1 kg de charal seco y fresco con las dietas más eficiente: Mixta con 2 raciones diarias, y la más económica: Peletizado con 2 raciones, datos actualizados al día 02/Septiembre/2008.	62
Cuadro 34. Análisis de Varianza para Peso – Sumas de cuadrados tipo III	63
Cuadro 35. Análisis de Varianza para Longitud – Sumas de cuadrados tipo III	64

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplar adulto de Charal <i>Chirostoma jordani</i> (Woolman, 1894)	14
Figura 2. Valores alcanzados por los parámetros fisicoquímicos del agua durante el estudio.	34
Figura 3. Temperatura ambiental mínima, máxima y promedio registradas durante el estudio.	34
Figura 4. Horas de luz al día registradas durante los meses de estudio.	35
Figura 5. Alimento suministrado a las unidades experimentales de la 1ª talla trófica.	36
Figura 6. Alimento suministrado a las unidades experimentales de la 2ª talla trófica.	37
Figura 7. Porcentaje de alimento consumido por los sistemas tratados con 2 raciones diarias, 1ª talla trófica.	38
Figura 8. Porcentaje de alimento consumido por los sistemas tratados con 2 raciones diarias, 1ª talla trófica.	39
Figura 9. Peso final promedio de los organismos de los diferentes sistemas, de la 1ª y 2ª tallas tróficas.	41
Figura 10. Longitud final promedio de los organismos de los diferentes sistemas, de la 1ª y 2ª tallas tróficas.	41
Figura 11. a) Larva de <i>C. jordani</i> consumiendo nauplios de artemia b) Juvenil de <i>C. jordani</i> consumiendo artemia adulta.	44
Figura 12. Comparación gráfica del comportamiento de la TCA entre los sistemas de la 1ª talla trófica, sometidos a 1 y 2 raciones diarias.	46
Figura 13. Comparación gráfica del comportamiento de la TCA entre los sistemas de la 2ª talla trófica, sometidos a 1 y 2 raciones diarias	48
Figura 14. Comparación gráfica de la TCE de los sistemas de la 1ª talla trófica, con los organismos alimentados con 1 y 2 raciones diarias.	50
Figura 15. Comparación gráfica de la TCE de los sistemas de la 2ª talla trófica, con los organismos alimentados con 1 y 2 raciones diarias.	51
Figura 16. Comparación gráfica del comportamiento del FCA de los sistemas de la 1ª talla trófica tratados con 2 raciones diarias	52
Figura 17. Comparación gráfica del comportamiento del FCA de los sistemas de la 2ª talla trófica tratados con 2 raciones diarias.	53
Figura 18. Comparación gráfica del comportamiento del CEP de los sistemas de la 1ª talla trófica, con los organismos alimentados con 2 raciones diarias.	54
Figura 19. Comparación gráfica del comportamiento del CEP de los sistemas de la 2ª talla trófica, con los organismos alimentados con 2 raciones diarias.	55

Figura 20. Comparación gráfica de las curvas de sobrevivencia de los sistemas de la 1ª talla trófica, tratados con 1 y 2 raciones diarias.	57
Figura 21. Comparación gráfica de las curvas de sobrevivencia de los sistemas de la 2ª talla trófica, tratados con 1 y 2 raciones diarias.	57
Figura 22. Peso promedio alcanzado por los organismos al final de ambos experimentos.	58
Figura 23. Longitud promedio alcanzada por los organismos al final de ambos experimentos.	58
Figura 24. Comparación gráfica de los pesos y longitudes promedio alcanzados por los organismos de los sistemas tratados con alimento vivo.	59
Figura 25. Comparación gráfica de los pesos y longitudes promedio alcanzados por los organismos de los sistemas tratados con alimento peletizado.	60
Figura 26. Comparación gráfica de los pesos y longitudes promedio alcanzados por los organismos de los sistemas tratados con alimento mixto.	60
Figura 27. Gráfico de interacciones entre pesos finales de las unidades experimentales sometidas a 1 y 2 raciones diarias.	64
Figura 28. Gráfico de interacciones entre longitudes finales de las unidades experimentales sometidas a 1 y 2 raciones diarias.	65

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones de la FES Zaragoza, Campus II, México D. F., con la finalidad de evaluar el efecto de tres diferentes dietas sobre el crecimiento de juveniles de la especie *Chirostoma jordani* y su aceptación a dos nuevos grupos tróficos: la *Artemia sp.* y alimento pre-iniciador peletizado, como una posible forma de reducir los costos de alimentación de esta especie en cautiverio. Se acondicionaron seis peceras de 50 lts. cada una, las cuales contuvieron lotes de 25 organismos en un primer experimento *a*, el cual consistió en suministrarles la misma cantidad de alimento, en 1 y 2 raciones diarias en tres diferentes dietas: 1) nauplios de artemia y pulga de agua de pequeño tamaño, 2) alimento peletizado en partículas de 0.35 mm de diámetro y 3) una mezcla de los dos grupos anteriores, en el experimento *b* se colocaron 20 organismos por pecera, y la dieta fue similar, pero suministrando pulga de agua y artemias adultas. Para ambos experimentos se evaluó el efecto de estas dietas sobre los siguientes bioindicadores de producción: Tasa de crecimiento absoluto (TCA), tasa de crecimiento específico (TCE), Factor de conversión aparente del alimento (FCA) y Cociente de eficiencia de proteína (CEP). Los resultados indican que el alimento peletizado provoca mayores tasas de asimilación, por su alto contenido graso y protéico, sin embargo, su aceptación fue menor, por lo cual los organismos de ambos experimentos presentaron un crecimiento menor en comparación a aquellos que incluyeron en su dieta alimento vivo. Los mayores pesos y longitudes fueron alcanzados por los organismos alimentados con una mezcla de alimento vivo y peletizado, ya que el primero es más atractivo por sus propiedades organolépticas, mientras que al peletizado se le puede atribuir un efecto de complemento alimenticio. Estas dietas tuvieron un efecto similar sobre la sobrevivencia de los organismos, presentando una mayor sobrevivencia los que fueron alimentados con la mezcla alimento vivo-peletizado, seguido de los organismos tratados con alimento vivo y en ultimo lugar con alimento peletizado solamente. El tratamiento con dos raciones diarias dio como efecto un mayor crecimiento

INTRODUCCIÓN

El cultivo de los organismos acuáticos, contempla dentro de sus principales objetivos, la producción intensiva de especies de elevado valor económico y biológico, además de representar una de las estrategias para contribuir a lograr el rescate ecológico de algunas especies ícticas (Arredondo y Lozano, 2003). Esta es una herramienta útil en la obtención de los organismos necesarios para posibles re-introducciones en su hábitat y en otros ecosistemas acuáticos adecuados para estas especies, lo que contribuiría, a su vez, a conservar parte de la biodiversidad acuática.

La acuicultura a nivel intensivo y semiintensivo ha resultado ser por más de una década la actividad de producción alimentaria con mayor tasa de crecimiento en el mundo, con 39.4 millones de toneladas en 1998 (Tacon y Forster, 2000); y por tanto, debe ser considerada como una actividad exitosa, es decir, que genera riqueza y bienestar social (Arredondo y Lozano, 2003). Esta disciplina, se fundamenta en proyectos rentables que fomenten la inversión y promuevan la generación de empleos. Existen tres aspectos claves en la acuicultura: la alimentación, la calidad del agua y la reproducción. En este contexto, la alimentación es generalmente uno de los principales aspectos que elevan los costos de operación de una granja acuícola, alcanzando en muchos casos, niveles superiores al 50% del total (Chamberlain, 1996; Shiau, 1998; Cruz *et al.*, 2002).

Entre las especies de las cuales se carece de los conocimientos aplicados para su cultivo y reproducción, se encuentran los peces del género *Chirostoma*, conocidos comúnmente como charales y peces blancos “*silverside fish*” (Blancas *et al.*, 2004). Este género es endémico de nuestro país y alberga especies de importancia ictiológica, económica y sociocultural. Actualmente esta formado por 18 especies, las cuales se distribuyen en el altiplano, nparticularmente en la meseta central de la Republica Mexicana (Barbour, 1973 a y b).

La importancia económica del charal se resalta por la producción pesquera de varios cuerpos de agua de importancia: Chapala, Pátzcuaro, Zirahuen, Presa del Bosque, Tepuxtepec y Cuitzeo, con un total de 4240 toneladas anuales totales, de las cuales, 606 (14.2 %) corresponden a atherinópsidos (charal y pescado blanco), (I.N.P., 2004a) existen además en el país, gran cantidad de cuerpos de agua de menores dimensiones, los cuales aportan sustento e ingresos económicos a sus habitantes. aunque la producción se ha visto reducida en forma importante: de 1981 a la fecha la producción acusa decrementos registrándose en 2001 aproximadamente 3,200 toneladas, como consecuencia de cambios ambientales, cambios en el nivel del agua y por la intensidad de pesca, (I.N.P., 2004b).

Durante muchos años estos peces han estado sometidos a presión ecológica y ambiental, específicamente se ha visto en peligro la permanencia de algunos charales y peces blancos en su hábitat original, debido entre otras razones a su sobreexplotación, un manejo inadecuado, el deterioro de la calidad del agua y la competencia con especies introducidas (Lyons *et al.*, 1998; Espinoza *et al.*, 1993; Soto *et al.*, 1991, 1998 y 1999, Paulo-Maya *et al.*, 2000; Barriga-Sosa, 2003). Lo anterior demanda la necesidad de realizar estudios enfocados a conocer, entre otros aspectos, los requerimientos para su cultivo y particularmente, proponer y diseñar protocolos de alimentación para estos peces.

En la presente investigación, se proponen diversas estrategias alimentarias para el cultivo de charal de la especie *Chirostoma jordani*, con organismos nacidos en cautiverio y cuyos progenitores proceden de los canales de Xochimilco. La investigación inicia con charales de dos meses y finaliza hasta que alcanzan los siete meses de edad. En ésta investigación, se analiza por primera vez, la aceptación de alimento artificial y el efecto de diversas dietas a base de alimento vivo, así como, de la frecuencia alimentaria, procesos basados en el principio de selectividad por tallas tróficas propuesta

por Suárez (1997) para peces del mismo género, para lo cual se emplean bioindicadores de producción (crecimiento) como variable de respuesta.

MARCO TEÓRICO.

Las especies del género *Chirostoma* se dividen en dos grupos: los charales, que son los peces de talla pequeña (3-20 cm) y un peso aproximado de 6 a 15 g, y el grupo de los peces blancos con una talla mayor a los 20 centímetros y que alcanzan hasta 200 o 300 g de peso (Sánchez, 1992). Estos peces, han representado desde tiempos prehispánicos, una importante tradición como pesca artesanal para las culturas indígenas, y por años, han significado una fuente importante de alimento para las comunidades ribereñas de los lagos y lagunas donde habitan, además de representar ingresos económicos importantes (Rojas, 2003).

a) Generalidades de la especie.

El charal *C. jordani*, se distribuye principalmente de forma natural en algunas zonas de la cuenca Lerma-Santiago-Chapala y en la Cuenca del Valle de México. De Buen (1945), propuso que *C. jordani* invadió las cuencas de los ríos Lerma y Santiago, así como el lago de Chapala y en Ocotlán (Jalisco), cerca del nacimiento del río Grande de Santiago y sobre el río Verde; en Aguascalientes, Acámbaro y en Salamanca, en el río Lerma; en el lago de Cuitzeo y en el río Grande de Morelia (Michoacán) de igual forma se estableció en el río Mezquital en Durango; también arribó a la laguna de Zumpango; se asentó así mismo en la Cuenca del río Pánuco e inclusive en algunos sistemas de la cuenca del río Balsas. En la Cuenca de México, particularmente se encontró en Chalco, Texcoco, canal de la Viga y en los lagos y canales de Xochimilco.

Espinosa *et al.* (1993), detallan la distribución de esta especie e informan que se encontraba naturalmente distribuido en las cuencas del Lerma-Santiago, Ameca-Magdalena, Valle de México y parte Oriental de Puebla y que ahora se ha introducido a grandes presas en los estados de Chihuahua,

Coahuila y Tamaulipas; lo anterior amplía, por tanto, la distribución de esta especie.

Las investigaciones en estos peces las han dirigido a obtener información sobre aspectos de sistemática, biología, distribución y ecología (Álvarez del Villar y Navarro 1957, Álvarez del Villar 1970). Barbour (1973a) divide al género en dos grupos: Arge y Jordani, esto con base en características fisiológicas. Barriga-Sosa (2002), mediante los resultados de estudios genéticos, confirman la existencia de estos dos grupos y deducen que *C. jordani* es considerado el miembro más primitivo del grupo de Jordani. Actualmente en la Cuenca de México (Anáhuac), solo se encuentra en los remanentes lacustres de Zumpango, Xochimilco y Cuemanco.

Los estudios de la biología del género, se han enfocado principalmente a las especies que alcanzan tallas grandes (peces blancos), debido a su gran demanda en el mercado nacional. Específicamente para *C. jordani*, los estudios son diversos y aislados. Al respecto, Paulo-Maya, en el 2000, hace una recopilación de las diversas investigaciones hasta ese momento que se tenían del género. Entre estos trabajos se encuentra el realizado por Gómez y Ramírez de Arellano (1982), en la presa Taxhimay, quienes evaluaron el crecimiento en la población con métodos indirectos en la estimación de la edad en esta especie y reportaron entre otros aspectos: un crecimiento isométrico y un periodo de reproducción que abarcó de mayo a agosto, Navarrete (1981) lo reporta también en la presa Taxhimay en el Estado de México, en el estudio aborda aspectos de pesquerías, estima la longitud infinita del pez, tasa metabólica, reporta la época reproductiva en primavera, señala fecundidades máximas de 1,870 huevos en hembras de 6,05 cm de longitud total y aspectos de mortalidad y sobrevivencia.

Por su parte, Cházaro (1989), reporta para el embalse Trinidad Favela, ubicado en el Estado de México, que la temporada de reproducción es en primavera, además de mencionar aspectos de alimentación, hábitos alimentarios y crecimiento. Hernández (1993), quien estudió la especie en el

embalse Mácula en el Estado de México, amplió la información sobre la reproducción e informa que la época de reproducción abarca de enero a agosto, en este cuerpo de agua, también menciona como talla mínima de reproducción los 28.45 mm de longitud, una proporción sexual con dominancia de los machos, y fecundidad promedio de 850 ovocitos, entre otros aspectos.

Uno de los primeros estudios sobre esta especie en condiciones de cautiverio, lo informaron Islas *et al.* (1995); Nava *et al.* (2003), presentan las bases biológicas para lograr el cultivo en cautiverio en un sistema de recirculación para esta especie. Particularmente, Olvera-Blanco (2004), realiza un estudio de aspectos poblacionales de *C. jordani*, en el sistema lacustre de Xochimilco, Distrito Federal, donde analiza entre otros aspectos, la calidad del agua, y menciona una ligera dominancia de hembras en la proporción sexual en muestras de la población, además de reportar crecimiento y fecundidad (324 ovocitos maduros) en la especie. Actualmente, con los esfuerzos del Instituto Nacional de la Pesca, al recopilar, coordinar estudios e investigaciones en éstas especies, ha sido posible obtener bases sólidas para lograr el cultivo y la reproducción en cautiverio de algunos charales y peces blancos (Rojas, 2003). El trabajo más reciente es el informe de Sánchez (2008), donde aborda aspectos reproductivos del macho en charales provenientes de los Canales de Xochimilco.

b) Diagnóstico de la especie.

La Serie Atherinomorpha está constituida por los tres órdenes siguientes: Atheriniformes, Beloniformes y Cyprinodontiformes. El Orden Atheriniformes contiene seis familias, aunque en México se encuentran representadas solo por dos: 1) Atherinidae, con dos géneros cuyas especies habitan zonas neríticas y estuarinas-lagunares del Golfo de México y 2) Atherinopsidae, que está compuesta de 10 géneros: ocho en ambientes mixohalinos, oligohalinos e hiperhalinos de ambas costas del país, y dos más cuyos representantes endémicos están restringidos a varias cuencas lacustres de agua dulce del

Altiplano Mexicano: *Chirostoma* Swainson 1839 y *Poblana* De Buen 1945 (Castro-Aguirre y Espinosa-Perez, 2006).

Chirostoma jordani (Figura 1), es un pez fluvial de cuerpo alto y comprimido de 60 a 65 mm de longitud total promedio, boca oblicua, ojos grandes, espacio inter-orbital translucido, mejillas reducidas y rectangulares. Escamas pseudocicloideas, de borde entero, con 35 a 42 en la línea longitudinal. Dientes pequeños en ambas mandíbulas. Dorsales próximas, primera dorsal con 4 o 5 radios. La segunda dorsal 8-11 radios. Aleta anal de base muy extensa con 16-20 radios. Color olivo claro con destacada mancha cerebral. La banda longitudinal de los flancos es estrecha (De Buen, 1945).

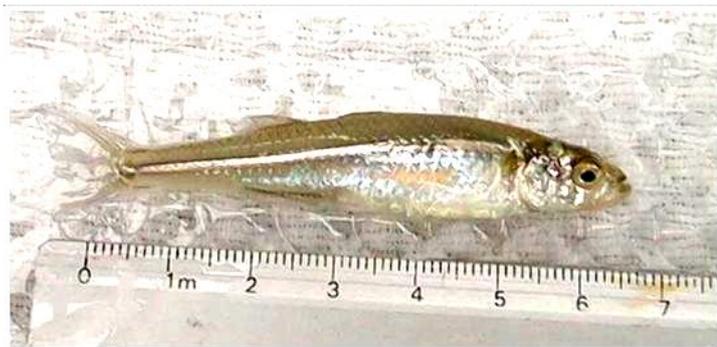


Figura 1. Ejemplar adulto de Charal *Chirostoma jordani* (Woolman, 1894).

Sistemática.

Dominio:	Eukarya (Woese, 1990)
Reino:	Animalia
Subreino:	Metazoa
Phylum:	Chordata
Subphylum:	Vertebrata
Grupo II:	Gnathostomata
Superclase:	Pisces
Clase:	Osteichthyes
Subclase:	Actinopterygii
Superorden:	Teleostei
Orden:	Atheriniformes (Rosen)
Familia:	Atherinopsidae (Fowler), antes Atherinidae (Berg, 1965)
Subfamilia:	Menidiinae (Schultz)
Tribu:	Menidiini (Schultz)
Género:	<i>Chirostoma</i> (Swainson)
Especie:	<i>C. jordani</i> (Woolman, 1894)

Chirostoma jordani, estaba taxonómicamente ubicada en el Orden de los Mugiliformes, Suborden Atherinoidei y Familia Atherinidae. Sin embargo, a partir de estudios recientes en relaciones filogenéticas de Atheriniformes, Dyer y Chernoff (1996), propusieron ubicarla en el Orden Atheriniformes; Familia Atherinopsidae, Subfamilia Menidinae y la Tribu Menidini; el Género es *Chirostoma* y la especie *Chirostoma jordani*.

c) Hábitos alimentarios y nutrición.

El género *Chirostoma* se conforma de peces esencialmente carnívoros, que permanecen durante el día en las capas superficiales y en zonas de agua tranquila y sin movimiento, cerca de las orillas en sus ecosistemas acuáticos, lugares donde estos peces según sus tallas se alimentan de presas y partículas de diferentes tamaños (Paulo-Maya, 2000).

Las propiedades digestivas y absorptivas del canal alimentario de los peces son muy importantes para determinar el grado de digestión de raciones diarias, esta concierne al rompimiento de proteínas, carbohidratos y lípidos por la acción de enzimas en moléculas más pequeñas, las cuales pueden ser absorbidas y asimiladas, (Weatherley y Gill, 1987).

El tubo digestivo de *C. jordani* se inicia en una faringe cuya primera porción tiene una función gustativa y enseguida una sección digestiva, con pequeños dientes viliformes; no existe una porción histológicamente diferenciada como estómago, y enseguida se continua en un intestino corto, donde tampoco puede distinguirse la presencia de una válvula intestinal que diferencie a la zona rectal (Portilla, 1984). La falta de estómago se considera un carácter primitivo: se piensa que la adquisición de este órgano está relacionada con la alimentación macrófaga (ingestión de grandes piezas) y la necesidad de espacio para guardarlas. Así resulta que la falta de estómago en algunos teleóstomos solo puede interpretarse como una pérdida del órgano por

evolución regresiva, la digestión se realiza por la presencia de enzimas pépticas, que efectúan su trabajo en medio ácido, el cual es inducido por la secreción de ácido clorhídrico, que es además un importante bacteriostático.(Cockrum y McCauley, 1967)

Los requerimientos nutricionales de los peces en general son similares a los de los animales terrestres, mucha de la información existente sobre requerimientos nutricionales se han derivado de experimentos en piscicultura, lo mejor es una combinación de varios tipos de alimento. Las proteínas y aminoácidos son una muy importante parte de la dieta y son necesarios para el adecuado desarrollo del organismo. Cuando son pequeños, los peces requieren un gran aporte proteínico para crecer adecuadamente y alcanzar una talla que les permita ser menos capturables por otros peces; al crecer, esta demanda disminuye, (Weatherley y Gill, 1987).

Existe un rico acervo bibliográfico acerca de los hábitos alimentarios de diversas formas de charal en su vida silvestre. Estos organismos ocupan el nicho trófico de los zooplanctófagos facultativos. *C. jordani* es pues un pez zooplantófago que se alimenta de cladóceros, especialmente *Daphnia pulex*, *Daphnia magna*, *Daphnia ambigua*, *Bosmina sp.* y *Ceriodaphnia quadrangula*, también consume copépodos como *Diaptomus albuquerquensis* y *Limnocalanus sp.*, ocasionalmente come rotíferos, briozoarios, ácaros, ostracodos, larvas de otros peces e insectos (Paulo-Maya, 2000), también se han registrado los géneros *Cyclops* (Copepoda) y *Asplanchna* (Rotifera) (Navarrete *et al.*, 1996), en general, Escalera y Moncayo (2003) reportan que el porcentaje de presas consumido por el charal *C. jordani* en el lago de Chapala es de 61% de copépodos y 39% de cladóceros. Cuando son alevines, reabsorben su saco vitelino, inician con su alimentación libre y consumen ávidamente protozoarios y rotíferos. Los análisis de contenido estomacal indican que el charal no es selectivo por algún alimento, sino que depende de la disponibilidad de este y de la época del año (Muñoz *et al.*, 1981; Navarrete, 1981, 1988; Hernández, 1991) sin embargo, estos peces modifican sus

hábitos alimentarios al cambiar su talla (Escalera y Moncayo, 1982; Hernández 1991; Sánchez, 1995; Arroyo *et al.*, 1998; Paulo-Maya, 2000).

Navarrete *et al.* (1996) disienten en cuanto a que el charal no selecciona su alimento, en un estudio realizado en el embalse Trinidad Fabela en el Estado de México, en el cual hallaron que pese a la poca abundancia estacional del género *Daphnia*, esta fue la presa más consumida por los peces de 50-109 mm de talla. Por su parte Soto (1993), también asegura que la especie *Chirostoma jordani* selecciona su alimento.

Con lo anterior se destaca, que estos peces poseen el potencial de adecuarse al alimento disponible, seleccionando temporalmente algún grupo trófico.

Estudios realizados por Blancas (2002), indican experimentalmente que *C. humboldtianum* consume solo del 8-10% de su peso. Estudios realizados en otros vertebrados indican que un organismo consume solo la cantidad de alimento que puede caber en su estómago o intestino, para los organismos con mayores dimensiones en su estómago, este representa alrededor del 13% (Montanucci, 1989).

El desarrollo mandibular en *Chirostoma* muestra una relación directa con la abertura de la boca y la longitud patrón, la cual es importante durante las primeras etapas de vida, ya que en las primeras semanas se presenta la mayor mortalidad, debido a limitaciones morfológicas y fisiológicas, principalmente el tamaño de la boca, que limita el tipo y tamaño de las presas que pueden ser capturadas, las larvas, y probablemente los adultos, presentan una faringe suctoria que les ayuda a consumir presas enteras, las observaciones directas sobre las larvas al momento de la ingestión sugieren que la alimentación por succión es el principal mecanismo de ingestión del alimento, lo cual se corroboró al momento de analizar el contenido estomacal de las larvas, donde se encontraron presas enteras, consistentes en rotíferos de las especies

Brachionus rubens, *Brachionus calyciflorus* así como el rotífero marino *Brachionus plicatilis*. (Meza y Figueroa, 2002).

Por su parte, Meza *et al.* (2002) mencionan que en las primeras semanas del desarrollo los peces presentan una alta mortalidad debida en gran parte a limitaciones morfológicas (tamaño de boca), y limitaciones fisiológicas como el incipiente desarrollo de los órganos digestivos que dificulta la digestión y asimilación de alimentos artificiales. Esta relación entre el tamaño de la boca y el tamaño del alimento puede ser observado en otras especies distintas, en un estudio realizado con el bocachico (*Prochilodus magdalenae*) Kerguelén *et al.* (2003), determinaron que los resultados del estudio sugieren que los nauplios de *Artemia* o el zooplancton silvestre entre 250 y 400 μm , libre de copépodos predadores, son presas adecuadas para el manejo de la primera alimentación del bocachico. En tanto que las presas inferiores a 160 μm resultaron demasiado pequeñas para causar interés.

Meza y Figueroa (2002) señalan que en condiciones de laboratorio, los alevines de *Chirostoma humboldtianum* presentan un mayor incremento de peso y una mayor sobrevivencia cuando se les alimenta con nauplius de *Artemia franciscana* combinado con rotíferos. Vega *et al.* (2004), en estudios sobre juveniles de una especie relacionada: *C. estor estor* refieren que las larvas de estos peces canalizan el 80% de la energía incorporada con el alimento al proceso de crecimiento. Salgado *et al.* (2006) determinaron que el mayor crecimiento en alevines de la especie *C. promelas* se obtuvo con una salinidad 5 a 15%.

En otro aspecto, se ha destacado que la vista en estos peces, constituye un factor muy importante para la localización y captura de presas, por lo que su actividad predadora la efectúan durante el día (Moncayo, 1996), el color de las presas es otro factor importante relacionado con la vista, en un estudio sobre preferencias alimentarias en juveniles y adultos de *C.*

humboldtianum, Rivera *et al.* (2003) determinaron que sin importar la talla del pez, estos prefieren las presas coloridas.

Martinez *et al.* (2006) encuentran en *C. estor estor* que al carecer de estómago y tener un intestino con pH alcalino, la actividad más importante es la de la quimiotripsina, también determinaron el requerimiento de los niveles de proteína (42%) y de vitamina C (93.2 mg/kg) un máximo de supervivencia y crecimiento, también hallaron que estos peces tienen una gran capacidad para transformar ácidos grasos esenciales en ácido eicosapentanóico (EPA) y ácido docosahexanóico (DHA), lo que hace de este género un alimento muy importante para la población humana. Los estudios morfofuncionales muestran que los peces del género *Chirostoma*, tienen diferencias en su aparato mandibular, lo que probablemente les permita explotar de manera diferencial los distintos componentes alimenticios (Paulo-Maya, 2004).

ANTECEDENTES

La aparente selectividad alimentaria por parte de *C. jordani*, ocurriría para evitar la competencia a nivel intra-específico y esta selección se basa en características de los propios cladóceros, los cuales se hacen más visibles ante sus depredadores, como sucede con el ojo compuesto de éstos invertebrados (Soto, 1993; Sánchez, 1995; Suárez, 1997). Navarrete (1988) ya mencionaba la selectividad alimentaria por tamaños de la presa en los charales, concluyendo que experimenta una especialización trófica en condiciones naturales.

Esto indica que el charal no necesariamente es selectivo por algún grupo trófico, sino que depende de la disponibilidad de este y de la época del año, muestra preferencia por algunas presas con base en su talla y coloración y que el pez cambia sus hábitos alimentarios al cambiar su talla (Paulo-Maya, 2000; Soto (1993).

En México, un alimento vivo frecuentemente utilizado en la acuafilia y potencialmente adecuado en el cultivo de especies zooplanctófagas por su disponibilidad es la *Artemia sp.*, la cual no habita naturalmente en los mismos ambientes que *Chirostoma*, debido a que se desarrolla en sitios con una salinidad mayor (Vázquez y Villalobos, 1987). Al respecto Saiz y Blanco (1999), Watson (2001) y Castro *et al.*, (2002a), mencionan que este crustáceo es un excelente alimento vivo para muchos organismos acuáticos debido a su elevado valor nutricional, ya que tiene un contenido protéico de 65%, y ácidos grasos (Castro *et al.*, 2002b). Su movimiento es errático y nada temeroso, por lo anterior, resulta una presa fácil para peces depredadores. Existen evidencias del uso de este grupo trófico en peces adultos del género *Chirostoma* y particularmente en esta especie (Blancas, 2002; Nava *et al.*, 2003).

En organismos de otras especies, como *Pterophyllum scalare*, Luna (2003) encontró que las larvas nutridas con alimento vivo (una mezcla de

cladóceros de los géneros *Daphnia* y *Culex*) experimentaron mayor influencia sobre la reproducción y el crecimiento que con los alimentos comerciales de tres tipos diferentes, debido principalmente a su mayor valor nutritivo y digestibilidad, tamaño adecuado y movimiento que estimulan el interés de los peces por este tipo de alimento. Resultados similares fueron hallados por Luna-Figueroa (2003), al evaluar el desarrollo de juveniles de la especie *Cichlasoma istlanum* alimentados con *Daphnia sp.* y *Culex quinquefasciatus* respecto al alimento comercial especial para tilapia. Lo anterior sugiere que el efecto del alimento vivo durante las primeras semanas de desarrollo de *C. istlanum* facilita el manejo, acelera significativamente el crecimiento e incrementa la tasa de sobrevivencia.

Sin embargo, Vega *et al.* (2004), determinaron que al alimentar a *C. estor estor* al 4% del peso corporal con una dieta basada en alimento artificial conteniendo un 28% de proteína, asimilaron un 80% de la energía incorporada como alimento y aumentó en organismos de mayor talla.

Los estudios donde se menciona la posibilidad del uso de alimento artificial en el cultivo de atherinópsidos son aislados (Hernández, 1991 y Sánchez, 2008), y hasta el momento no son contundentes; sobre todo se ha trabajado con algunas especies de peces blancos por su importancia económica, delegando a los charales. Dada la similitud morfológica en sus estructuras bucales y digestivas, y con base a su conducta depredadora común entre el pez blanco juvenil con especies de charal, se cuentan algunos antecedentes cercanos.

Morales *et al.* (2003), ensayaron dietas basadas en alimento vivo para larvas de pez blanco, sin embargo, no mencionan el uso de alimento artificial. Mares *et al.*, (1998 y 2001), proponen suministro de alimentos complementarios a la dieta con alimento vivo en *Chirostoma estor*, destacando hasta el momento la baja sobrevivencia de los alevines; para evitarlo se propuso el uso de alimentos comerciales, alimento micro-encapsulado para camarón, pero se

obtuvo una mortalidad total al noveno día de vida. Figueroa *et al.* (2003) también reportan una alta mortalidad en las larvas de *Chirostoma riojai* después del periodo de inanición al alimentarlas con alimento artificial, debido probablemente a una falta de enzimas en el tracto digestivo. Blancas (2002) y Blancas *et al.*, (2003), reportan la alimentación del pez blanco de la especie *C. humboldtianum* con alimento vivo la cual consistió en los siguientes cinco grupos tróficos: cladóceros de los géneros *Daphnia* y *Moina*, y anostráceos del género *Artemia* sp.; peces juveniles de la familia Poeciliidae; gusano de fango (*Limnodrilus* sp.) y larvas de mosco: los autores reportan una buena aceptación y alta sobrevivencia de estos peces con dicha alimentación.

El antecedente directo, es el trabajo de Mares *et al.* (1998), donde se informa el efecto de tres fuentes proteicas en la sobrevivencia de larvas de pez blanco *C. estor Jordan*, allí se reporta entre otros aspectos, la prueba de una alimentación mixta de zooplancton y alimento preparado con alimento de pescado, huevo cocido, caseína y harina de *Daphnia*. Se concluyó que los alimentos mixtos aportan la mayor sobrevivencia y crecimiento, administrando durante los primeros 30 días alimento vivo, seguido de alimento elaborado con harina de pescado.

Graeff y Mondardo (2002) informan que una dieta experimental basada en dos raciones al día y una variación porcentual del 1% dio mejores resultados que una sola ración, en un estudio sobre los efectos de la frecuencia alimentaria y la variación porcentual en carpa común.

Suárez (1997), al trabajar con organismos juveniles (menos de 7 cm de longitud), con peces del género *Chirostoma*; informa de la riqueza nutricional que representa una dieta a base de zooplancton, sus resultados indicaron la siguiente composición: de 25 a 35% de proteína, de 9 a 30 % de lípidos, 10 a 15 % en minerales, de 2 a 13 % de fibra y de 17 a 36% de carbohidratos. Este balanceo, corresponde a unos hábitos alimentarios preferentemente a base de

Cladóceros, copépodos como alimento secundario y como alimento ocasional larvas de dípteros.

Con respecto a las estrategias de alimentación y al diseño de protocolos en la alimentación de organismos acuáticos, destaca lo propuesto por Cortés *et al.*, (2003), quienes demostraron el efecto positivo en el crecimiento y sobrevivencia que tiene una adecuada frecuencia alimentaria, esto probado con la Langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus*. Particularmente en peces donde se inicia con el proceso de cultivo, protocolos de alimentación basados en variar la frecuencia alimentaria, brindarían información valiosa para lograr un mayor rendimiento de cultivo en especies como el charal.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Chirostoma jordani es una de las especies ícticas con mayor tradición de consumo en el altiplano mexicano, siendo por lo mismo una importante fuente de proteínas para un sector de la población, sin embargo, la problemática ambiental que enfrenta la especie, si se considera el constante deterioro del hábitat natural de los “peces blancos y charales” al cual han estado sometidos, las inadecuadas estrategias de introducción y siembra de otras especies ajenas a estos sitios y a la sobrepesca a la que han sido objeto, ha ocasionado su desplazamiento ecológico en su ambiente poniendo en peligro la presencia de estos peces endémicos en los ecosistemas acuáticos nacionales.

En este contexto, existe la imperiosa necesidad de diseñar un adecuado protocolo de alimentación en el cultivo de una especie endémica como lo es el charal *Chirostoma jordani*, pensamos que este trabajo contribuirá a brindar los conocimientos para diseñar una adecuada estrategia de alimentación que permita abatir los costos de producción, considerando que el charal es un pez depredador zooplanctófago, y una alimentación de este tipo es relativamente cara, la introducción de alimento peletizado facilitaría los costos de alimentación y permitiría establecer por primera vez el cultivo intensivo de esta especie; lo cual contribuiría a la conservación de la misma en cautiverio.

Una de las estrategias en la conservación de especies ícticas de importancia, es sin duda, el diseño y dominio de los procesos biotecnológicos de su cultivo. El éxito de la industria acuícola se basa en la optimización de sus gastos de operación; donde los acuicultores buscan obtener un balance entre un rápido crecimiento y el uso óptimo del alimento. El desarrollo de un régimen alimenticio para una especie cultivada, requiere además del entendimiento básico de la nutrición, también demanda que las características físicas del alimento (color, talla, forma, textura, densidad y estabilidad en el agua) sean las adecuadas (Tacón, 1996).

HIPÓTESIS.

Debido a la conducta depredadora y oportunista de la especie *Chirostoma jordani*, así como a su proceso de selección trófica, el cual es dependiente del tamaño de la estructura mandibular del charal. [Si](#) se les somete a las siguientes composiciones dietéticas: una primer dieta a base de alimento vivo (*Daphnia pulex* y *Artemia sp*), una segunda dieta a base de alimento peletizado (Chao purina, 45% proteína) y una tercera a base de de la combinación de alimento vivo y peletizado, [entonces](#) estos peces exhibirán su conducta oportunista con base en la selectividad de tamaño de la presa y aceptarán el alimento artificial y a la *Artemia* como nuevos componentes de su dieta; lo anterior se reflejará en un mayor ritmo de crecimiento y conversión alimenticia con la primer dieta, un crecimiento lento con la segunda y un aceptable ritmo de crecimiento, pero menor gasto económico en el caso de la tercer dieta

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de tres diferentes dietas alimentarias sobre bioindicadores de producción acuícola,: Tasa de crecimiento absoluto (TCA), Tasa de Crecimiento específico (TCE), Factor de Conversión aparente del alimento (FCA) y Cociente de eficiencia de proteína (CEP) en la alimentación en cautiverio de *Chirostoma jordani*, durante los primeros ocho meses de edad.

OBJETIVOS PARTICULARES

- 1.- Habituarse al charal *C. jordani* a una dieta basada en alimento peletizado para peces comerciales, y evaluar su aceptación, como parte de su proceso de domesticación.
- 2.- Determinar si existe o no aceptación por parte de *C. jordani* a un nuevo grupo trófico la *Artemia sp.* a través de la frecuencia de encuentros.
- 3.- Evaluar el efecto de cada tipo de dieta en el crecimiento del charal *C. jordani* mediante bioindicadores de producción: Tasa de crecimiento absoluto (TCA), Tasa de Crecimiento específico (TCE), Factor de Conversión Aparente del alimento (FCA) y Cociente de eficiencia de proteína (CEP).
- 4.- Conocer el efecto de dos frecuencias alimentarias a través de sus tasas de crecimiento.
- 5.- Evaluar la rentabilidad económica de tres dietas (alimento vivo, alimento peletizado y alimento vivo mas peletizado), para dos tallas tróficas.

MATERIAL Y MÉTODOS.

El diseño de la investigación, se fundamentó, en probar el efecto de diferentes dietas durante seis meses en una población juvenil de Charales nacidos en cautiverio y donados por la Planta Experimental de Producción Acuícola de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa (Pexpa-UAMI), Cuyos progenitores fueron organismos silvestres capturados en los canales de Xochimilco México Distrito Federal.

La población en estudio la formaron 150 peces de la especie *C. jordani*, de ambos sexos de dos meses de edad. La investigación se dividió en dos fases experimentales: *Experimento a*, fase denominada como talla trófica 1, Inició cuando los peces contaban con dos meses de edad y superaron la fase crítica de sobrevivencia observada en estos peces (Figueroa *et al.*, 2004). El *Experimento b*, comenzó cuando estos mismos peces alcanzaron los cuatro meses de edad (talla trófica 2) y finalizó el experimento cuando alcanzaron los ocho meses de edad. Cada fase contó con dos unidades experimentales, con base en las frecuencias alimentarias sometidas, la primera con una ración diaria y la segunda unidad con dos raciones por día.

El protocolo de alimentación se diseñó con fundamento en el conocimiento de los hábitos alimentarios de la especie en condiciones naturales y lo observado por Nava *et al.* (2003). Estos autores proponen suministrar alimento artificial a base de alimento comercial para Tilapias (Iniciador Chao Purina Nutripec 4510A con 45% de proteína y 10% de grasa, en partículas menores a 0,35 mm) junto con alimento vivo como la mejor forma de lograr la sobrevivencia de esta especie en condiciones de cautiverio.

Experimento a. talla trófica 1.

El estudio se desarrolló en las instalaciones de la FES Zaragoza, Campus II, de la UNAM, en Iztapalapa, México D. F. Se acondicionaron seis peceras de 50 litros que contenían 25 peces cada una, con una capacidad de carga de un charal por cada dos litros de agua. Todas las unidades experimentales (peceras) contaron con las mismas condiciones ambientales. A cada unidad experimental, se les instaló un filtro sumergible (Aquatic) con capacidad de 6.5 veces de recirculación total al día y un aireador con piedras. Lo anterior mantuvo los niveles de oxígeno cercanos a los 5 mg/L, De igual manera, se efectuaron recambios con agua aireada y reposada durante tres días, para mantener los niveles de CO₂ por debajo de los 10 mg/L, que de acuerdo a lo reportado por Blancas (2007), son los niveles óptimos para mantener en cautiverio a organismos del mismo género. Dichos recambios fueron del 50 % cada dos semanas. Los sistemas no contaron con sedimento, en virtud de que se proporcionó mantenimiento de limpieza, (extrayendo y separando cada tres días los desechos y alimento no consumido). Se efectuaron cada tercer día evaluaciones de la temperatura y el Oxígeno Disuelto con un oxímetro digital marca YSI equipado con termómetro (modelo 55); de igual forma se llevó el registro del pH del agua con un potenciometro digital marca Cornig. Las condiciones de temperatura ambiental y fotoperiodo correspondieron a las de la Ciudad de México, conforme a la temporada del año, las cuales fueron consultados diariamente de los reportes emitidos por la Comisión Nacional del Agua y el Servicio Meteorológico Nacional (página web CAN Servicio Meteorológico Nacional smn.cna.gob.mx).

Cada sistema experimental tuvo 25 charales de dos meses de edad, cuya procedencia fue de un lote de 150 peces (de ambos sexos), tomados al azar y a los cuales se les suministró diariamente el siguiente alimento: La Unidad Experimental 1, se alimentó con una dieta a base de alimento vivo: larvas nauplios de *Artemia sp.* obtenidas en laboratorio a partir de quistes y pulga de agua pequeña obtenida mediante tamizado con malla de 100 micras,

a partir de lotes de organismos adquiridos comercialmente, este formulado estuvo en relación de 1:1 de peso en base húmeda. La Unidad Experimental 2, contó con una dieta a base de alimento artificial (pelet) exclusivamente y la Unidad Experimental 3, contó con una dieta mixta: alimento peletizado, nauplio de *Artemia* y pulga de agua pequeña obtenida del tamizado con malla de 100 micras, estos cladóceros se adquirieron comercialmente, en partes iguales (véase tabla 1).

La alimentación inicial se definió en función a la biomasa de cada unidad experimental, para lo cual fue necesario pesar cada organismo, basados en los estudios de Blancas (2002) y Montanucci (1989) se realizó un ensayo previo en *C. jordani* determinándose que consume solo el 7% de su peso, considerando que *C. jordani* no posee un estómago definido, una cantidad mayor de alimento suministrado habría dificultado la separación final del alimento digerido del no digerido, La cantidad total diaria fue dividida basándose en el número de raciones que se proporcionaron a cada unidad experimental (cuadro 1).

Cuadro 1. Horario y frecuencia de alimentación durante el experimento a. Por dieta alimentaria. Dos meses de edad al inicio del experimento.

Unidad Experimental	Dieta formulación (proporciones iguales en peso húmedo).	Horario de alimentación.		Raciones por día
		09:00	14:00	
Vivo 1r	Nauplios + Pulga pequeña	*		1
Vivo 2r	Nauplios + Pulga pequeña	*	*	2
Pelet 1r	Alimento Peletizado	*		1
Pelet 2r	Alimento Peletizado	*	*	2
Mixto 1r	Nauplios + Pulga pequeña + Alimento Peletizado	*		1
Mixto 2r	Nauplios + Pulga pequeña + Alimento Peletizado	*	*	2

Experimento b. talla trófica 2.

Bajo condiciones ambientales parecidas al primer experimento, los organismos del experimento a pasaron a formar parte del experimento b se instalaron seis sistemas experimentales; las diferencias fueron dos: ahora se contó con 20 organismos en cada sistema y compensar de esta forma, el

mayor peso y talla de los peces a ésta edad, se tuvo por lo tanto una capacidad de carga de un charal por cada 2.5 L. Además la dieta para La Unidad Experimental 1, fue con alimento vivo, a base de Artemias adultas (y no nauplios) y Cladóceros de dimensiones mayores a las 100 micras, obtenidas por distribuidores para acuarios. Este formulado estuvo también en relación 1:1 (el mismo peso húmedo de cada grupo trófico). La Unidad Experimental 2, contó con una dieta a base de alimento artificial (pélet) exclusivamente y la Unidad Experimental 3, contó con una dieta mixta, formulada a base de los tres grupos tróficos: pulga de agua *Daphnia pulex*, *Artemia sp.* e iniciador Chao Purina Nutripec 4510A (véase cuadro 2).

Cuadro 2. Horario y frecuencia de alimentación durante el experimento b. Por dieta alimentaria. Cuatro meses de edad al inicio del experimento.

Unidad Experimental	Dieta formulación (proporciones iguales en peso húmedo).	Horario de alimentación.		Raciones por día
		09:00	14:00	
Vivo 1r	Artemias + pulga grande	*		1
Vivo 2r	Artemias + pulga grande	*	*	2
Pelet 1r	Alimento Peletizado	*		1
Pelet 2r	Alimento Peletizado	*	*	2
Mixto 1r	Artemias + pulga grande + Alimento Peletizado	*		1
Mixto 2r	Artemias + pulga grande + Alimento Peletizado	*	*	2

El esquema de alimentación fue el mismo que en el *experimento a*. La talla trófica dos, se caracterizó por presas y alimento de mayor talla, acorde al principio de selectividad trófica por tamaño de presa (Suárez, 1997). Ambos experimentos, iniciaron con el monitoreo de los bioindicadores y posteriormente durante la investigación se evaluaron semanalmente. Fue necesario espaciar a cada 15 días los monitoreos para reducir el estrés y la mortalidad por manejo. La determinación del peso total (pt) y las longitudes total (lt) y patrón (lp), se realizaron anestesiando a los peces con Benzocaína en base alcohol al 1.6 %, tratamiento publicado por Blancas *et al.* (2004) y empleando una balanza digital OHAUS con una precisión de 0.01g y un Vernier de 1mm de precisión, respectivamente. Además el alimento no consumido y las heces, fueron extraídos y separados cada tercer día mediante un sifón adaptado con un filtro

o cedazo, en el cual, una vez separado del sifón, se diferencian claramente los dos tipos de restos y se obtuvo su peso en seco y así cuantificar el alimento consumido por unidad experimental.

El rendimiento de los organismos se evaluó en función del incremento en peso y mediante el cálculo de los siguientes bioindicadores de producción (Cortés *et al.*, 2003):

- Tasa de crecimiento absoluto (**TCA**):

$$TCA = (Pf - Pi) / t$$

Donde: *Pf* peso final, *Pi* peso inicial y *t* es el periodo de tiempo del cultivo experimental, que en este caso específico cubrió todo el periodo de duración de cada fase, y que se reportó como gramos por periodo de monitoreo (g/tiempo).

(Cortés *et al.*, 2003)

- Tasa de Crecimiento específico (**TCE**), que denota el crecimiento porcentual por unidad de tiempo de monitoreo.

$$TCE = \frac{(\ln Pt - \ln Pi)}{t} \times 100$$

(Cortés *et al.*, 2003, Salgado *et al.*, 2005)

Donde: *ln Pt* es el logaritmo natural del peso al tiempo *t* y *ln Pi* es el logaritmo natural del peso al tiempo inicial, y que se reportó como porcentaje semanal (%/t)

- Factor de Conversión aparente del alimento (**FCA**).

$$FCA = \frac{\text{Incremento en peso (g)}}{\text{Alimento suministrado (g)}}$$

(Cortés *et al.*, 2003)

- Cociente de Eficiencia de Proteína (**CEP**).

$$CEP = \frac{\text{Incremento en peso (g)}}{\text{Ingestión de proteína (g)}}$$

(Weatherley y Gill, 1987)

- Relación Peso-Longitud: La cual esta definida por la ecuación de

Le Cren: Al elaborar un gráfico de peso contra longitud, se puede obtener una ecuación que representa la ganancia en peso dependiente de la longitud, llamada ecuación de Le Cren. Debido a que matemáticamente, el volumen es el producto de tres medidas lineales (longitud, grosor y altura), es aproximadamente el cubo (constante b) de la longitud por una constante de transformación (constante a). Cuando la constante b tiene un valor de 3 o muy próximo a 3 se dice que presenta un crecimiento isométrico, (el peso es proporcional a su longitud), en cambio, cuando la constante b tiene un valor diferente de 3 se dice que presenta un crecimiento alométrico, si es menor de 3 presenta un crecimiento alométrico negativo (El organismo es menos pesado para la longitud que alcanza), si la constante b es mayor de 3 presenta crecimiento alométrico positivo (es más pesado para la longitud que alcanza).

$$P = aL^b$$

Donde: P es el peso del organismo, L es la longitud del organismo, a es la ordenada al origen y b es una constante de crecimiento potencial que también indica el tipo de crecimiento (alométrico o isométrico).

(Weatherley y Gill,1987)

El protocolo de investigación consistió en la obtención de los pesos y longitudes totales de los organismos, el suministro diario de la formula de acuerdo a cada experimento, a la extracción de desechos y organismos que llegaron a morir (obteniendo las curvas de sobrevivencia respectivas) y al mantenimiento de condiciones óptimas en el sistema (recambio semanal de agua).

Análisis estadístico.

Las diferencias entre los tratamientos se evaluaron con un 95 % de confiabilidad, aplicando un análisis de varianza multifactorial (ANDEVA) (Salgado, 1992) mediante el paquete estadístico Statgraphics Plus V. 5.0 y una comparación de estas mediante gráficos de interacciones.

RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados, dividiéndose en los siguientes apartados: 1) Calidad del agua de cultivo, 2) Evaluación de la aceptación y habituación del charal *C. jordani* a una dieta basada en alimento peletizado. 3) Determinación de la aceptación del charal *C. jordani* a un nuevo grupo trófico: la *Artemia sp.* 4) Evaluación del efecto de cada tipo de dieta sobre el crecimiento del pez mediante los bioindicadores de producción: (Tasa de crecimiento absoluto (TCA), Tasa de crecimiento específico (TCE), factor de conversión aparente del alimento (FCA) y Cociente de Eficiencia de Proteína (CEP)) 5) Evaluación del efecto de dos frecuencias alimentarias a través de sus tasas de crecimiento. 6) Evaluación de la rentabilidad económica de cada tipo de dieta para el cultivo de éste charal.

1. Calidad del agua y condiciones de cultivo.

El estudio duró del 09 de enero al 23 de mayo del 2008, durante este periodo se registraron los valores en los parámetros fisico-químicos del agua enlistados en el cuadro 3.

Los valores del monitoreo de calidad del agua durante el estudio no variaron significativamente ($p = 95\%$), manteniéndose dentro de los intervalos presentados en el cuadro 3, Se encontró una relación entre el aumento de la temperatura del agua a medida que el pH fluctuó entre la neutralidad y ligeramente alcalino, así como niveles cercanos a la saturación local de oxígeno disuelto en los sistemas (95%, de acuerdo al nomograma de saturación de oxígeno, Wetzel, 1981) (Figura 2)

Cuadro 3. Intervalos de los valores de temperatura del agua, oxígeno disuelto y pH registrados durante el estudio

T° (°C)	O ₂ . D. (p.p.m.)	pH
17.5 – 21.9	5.77 – 7.06	7.9 – 8.5

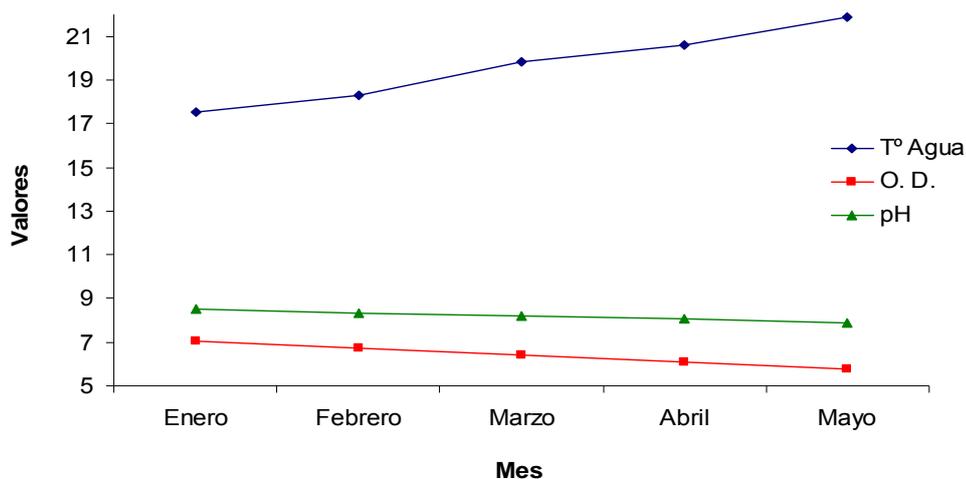


Figura 2. Valores alcanzados por los parámetros fisicoquímicos del agua durante el estudio.

La temperatura ambiental mostró una completa correspondencia con el fotoperiodo, a medida que aumentaba la cantidad de horas luz/día, los datos reportados por el SMN muestran que las mayores temperaturas se presentaron en los meses de abril y mayo (Figura 3).

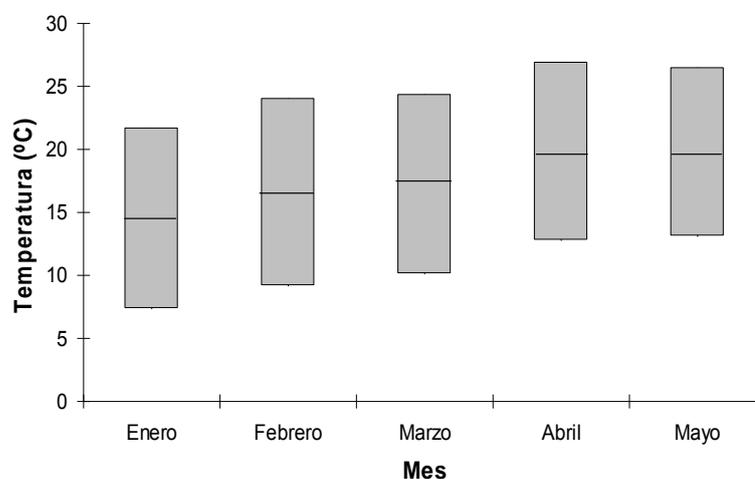


Figura 3. Temperatura mínima, máxima y promedio registradas durante el estudio ([Datos tomados página web CAN Servicio Meteorológico Nacional smn.cna.gob.mx](http://datos.tomados.página.web.CAN.Servicio.Meteorológico.Nacional.smn.cna.gob.mx)).

El estudio se realizó durante los meses en los cuales la cantidad de horas luz va aumentando a lo largo del año, a medida que se acerca el verano, debido a esto, el fotoperiodo registrado fue cada vez mayor

éste aumento en el fotoperiodo tiene una correspondencia directa con el aumento de la temperatura ambiental y la del agua (figura 4).

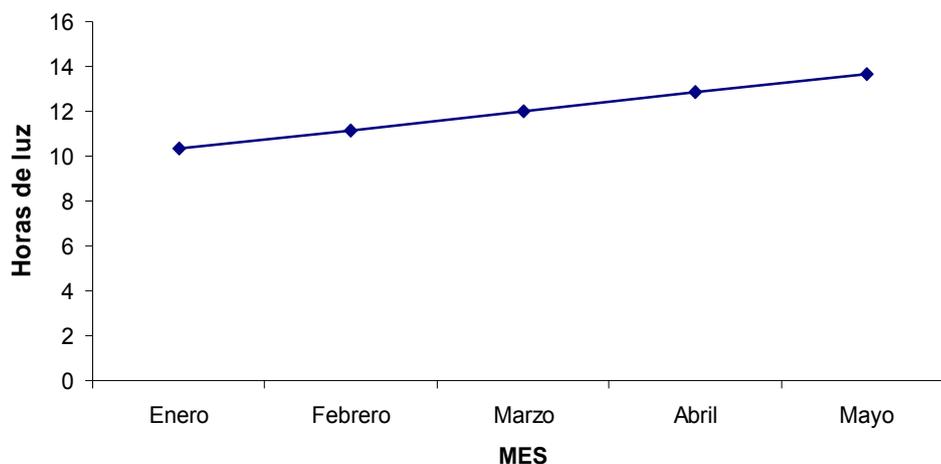


Figura 4. Horas de luz al día registradas durante los meses de estudio. (página web CAN Servicio Meteorológico Nacional smn.cna.gob.mx).

2. Evaluación de la aceptación y habituación del charal *C. jordani* a una dieta basada en alimento peletizado.

El alimento suministrado a través de las 3 diferentes dietas, tuvo un consumo variable a lo largo del tiempo para una misma dieta. La cantidad de alimento suministrado varió semanalmente de acuerdo al peso total del cardumen, el cual podía fluctuar por variaciones debidas al crecimiento y a la muerte de algunos organismos.

Cabe mencionar que al realizar el registro semanal de los pesos y longitudes de los organismos de los diferentes sistemas, se presentó una mayor mortalidad de estos y los organismos mostraron síntomas de estrés, que de acuerdo con Blancas (2002), se caracteriza por un oscurecimiento corporal, nado errático y en la superficie. Por tal motivo, se decidió espaciar el registro de datos a cada dos semanas.

El primer experimento, al trabajar con peces de talla pequeñas por su edad, se le denominó primera talla trófica y los peces con más de cuatro meses

segunda talla trófica. La cantidad de alimento suministrado a cada unidad experimental se reporta en los cuadros 4 y 5 y figuras 5 y 6.

Cuadro 4. Cantidad de alimento suministrado a cada unidad experimental semanalmente en g. Talla trófica 1. (R= ración).

Edad Semanas	Vivo 1 R	Vivo 2 R	Pelet 1 R	Pelet 2R	Mixto 1 R	Mixto 2 R
8-9	0,7546	0,7497	0,7497	0,7644	0,7546	0,7497
9-10	0,8232	0,7693	0,7987	0,8624	0,8673	0,9065
10-11	1,0878	1,4014	0,9506	1,0535	1,1858	1,5190
11-12	1,3132	1,4651	1,0192	1,2789	1,5239	1,5386
12-13	1,6268	1,7444	1,1760	1,4553	1,7493	1,7836
13-14	1,7052	1,9747	1,4112	1,5876	1,8081	2,0923
15-16	2,4108	2,7685	1,4504	1,7003	2,6264	3,0135

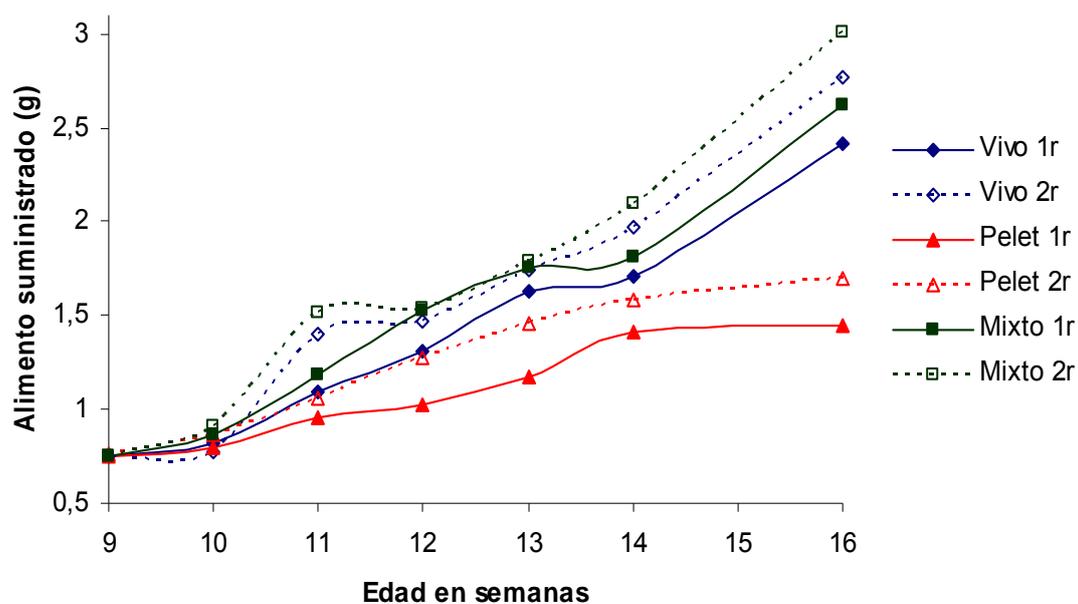


Figura 5. Alimento suministrado a las unidades experimentales de la primera talla trófica.

Cuadro No. 5.- Cantidad de alimento suministrado a cada unidad experimental semanalmente en g. Talla trófica 2. (R = ración).

Edad Semanas	Vivo 1 R	Vivo 2 R	Pelet 1 R	Pelet 2R	Mixto 1 R	Mixto 2 R
18	3,7926	4,0327	2,1952	2,2393	3,9298	3,969
20	4,7824	5,145	2,842	3,1801	8,3937	5,3361
22	5,0617	10,4076	3,2879	6,0074	10,1381	10,8633
24	6,8355	12,6959	4,3659	8,0066	12,495	13,9209
26	9,5501	16,0769	6,8306	11,1426	15,974	17,738
28	14,357	18,326	9,4864	12,2157	19,551	18,424

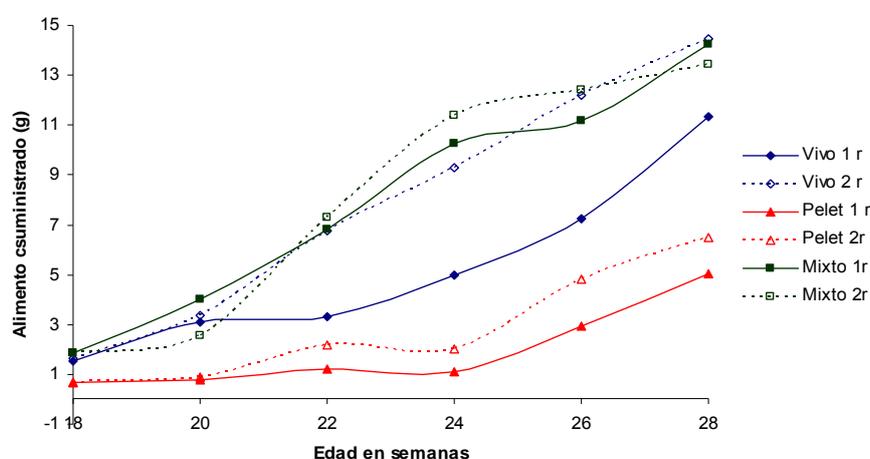


Figura 6. Alimento suministrado a las unidades experimentales de la segunda talla trófica.

En estos cuadros se puede apreciar como patrón general, que a las unidades experimentales tratadas con 2 raciones se les proporcionó una mayor cantidad de alimento, debido al mayor peso total ganado por los peces, comparado con los sistemas tratados con una ración. Las unidades experimentales tratadas con alimento peletizado también presentaron un menor peso total por cardumen que las unidades tratadas con alimento vivo y mixto. Estas diferencias en el peso de cada cardumen se presentaron gradualmente, a lo largo del estudio, iniciando todos los sistemas con una cantidad similar, en función de la paridad de la talla y el peso de los organismos al comienzo del estudio.

Porcentaje de alimento consumido.

La forma común de evaluar la aceptación de un alimento es evaluar su consumo, lo cual se detalla a continuación:

Primera talle trófica.

Debido a que no se encontraron diferencias significativas entre los porcentajes de alimento consumido por las unidades experimentales tratadas con 1 ración diaria, y a que las unidades tratadas con 2 raciones mostraron patrones más definidos se emplearon solo los datos de las unidades experimentales con dos raciones diarias para calcular el porcentaje de alimento consumido del total suministrado, los cuales se reportan en el cuadro 6 y figura 7:

Cuadro 6. Porcentaje de consumo de las tres dietas con una frecuencia de 2 raciones, primera talle trófica.

Edad en semanas	Vivo (%)	Pelet (%)	Mixto (%)
10	93	38	83
11	65	37	46
12	41	36	45
13	60	39	65
14	61	30	64

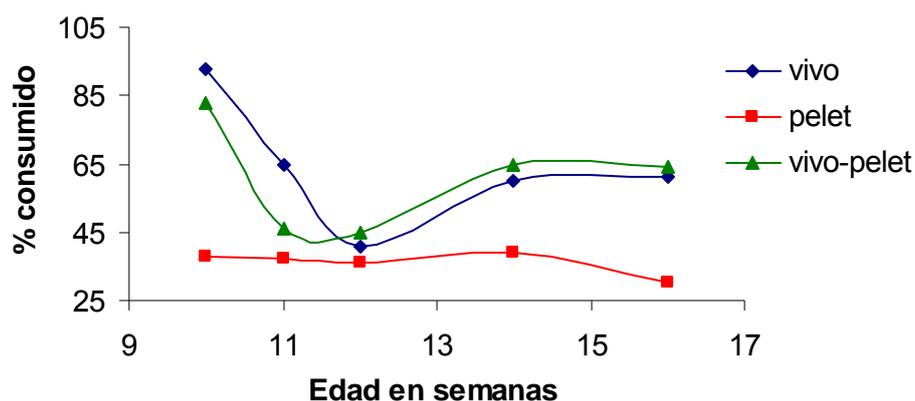


Figura 7. Porcentaje de alimento consumido por las unidades experimentales tratadas con 2 raciones diarias, primera talle trófica.

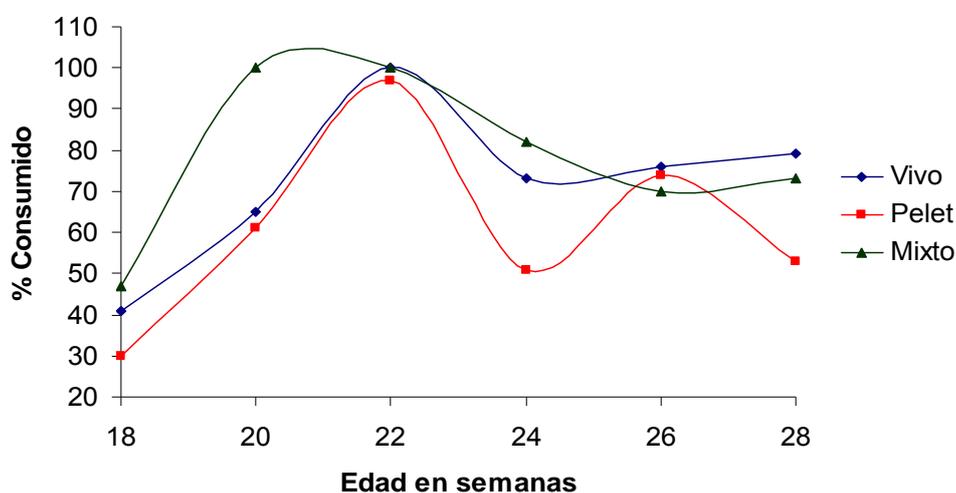
Segunda talla trófica.

Los sistemas de la segunda talla trófica (peces de más de 4 meses de edad), tuvieron porcentajes de consumo similares entre si, los porcentajes de alimento consumido y su correspondiente gráfica son las siguientes (Cuadro 7 y figura 8):

Cuadro 7. Porcentaje de consumo de las tres dietas con una frecuencia de 2 raciones, segunda talla trófica.

Edad en semanas	Vivo (%)	Pelet (%)	Mixto (%)
18	41	30	47
20	65	61	100
22	100	97	100
24	73	51	82
26	76	74	70
28	79	53	73

Figura 8. Porcentaje de alimento consumido por las unidades experimentales tratadas con 2 raciones diarias, segunda talla trófica.



Este consumo se reflejó en el peso y talla promedio de los organismos de los diferentes sistemas: al inicio y al final del estudio, los peces presentaron las tallas y pesos reportados en el cuadro 8.

Cuadro 8. Cantidad de alimento suministrado en g. a cada unidad experimental en ambas tallas tróficas, con 1 y 2 raciones diarias.

		Alimento vivo		Alimento peletizado		Alimento mixto	
1ª Talla							
Trófica		Peso (g)	Talla (cm.)	Peso (g)	Talla (cm.)	Peso (g)	Talla (cm.)
1 RACIÓN							
Inicial	Promedio	0,061	1,683	0,062	1,677	0,064	1,720
	Desv. Est.	0,011	0,106	0,010	0,115	0,010	0,086
Final	Promedio	0,346	3,252	0,198	3,011	0,358	3,56
	Desv. Est.	0,029	0,138	0,198	3,01	0,026	0,245
2 RACIONES							
Inicial	Promedio	0,061	1,690	0,061	1,698	0,060	1,668
	Desv. Est.	0,009	0,099	0,010	0,085	0,011	0,109
Final	Promedio	0,348	4,233	0,204	3,17	0,371	4,322
	Desv. Est.	0,022	0,111	0,011	0,178	0,018	0,141
2ª Talla							
Trófica		Peso (g)	Talla (cm.)	Peso (g)	Talla (cm.)	Peso (g)	Talla (cm.)
1 RACIÓN							
Inicial	Promedio	0,345	3,29	0,202	3,030	0,358	3,56
	Desv. Est.	0,029	0,232	0,015	0,264	0,026	0,245
Final	Promedio	1,465	5,64	1,075	5,155	1,995	6,12
	Desv. Est.	0,213	0,166	0,085	0,257	0,239	0,219
2 RACIONES							
Inicial	Promedio	0,35	4,240	0,204	3,17	0,363	4,32
	Desv. Est.	0,021	0,109	0,011	0,178	0,014	0,139
Final	Promedio	1,870	6,340	1,312	4,957	1,978	6,410
	Desv. Est.	0,162	0,146	0,092	0,160	0,232	0,141

El efecto de las diferentes dietas en el crecimiento de los organismos se aprecia mejor en las figuras 9 y 10, donde se presentan los pesos y tallas mínimos, máximos y promedios, las unidades experimentales tratadas con dos raciones muestran un mayor crecimiento que las tratadas con una sola ración, y un mayor rezago en aquellos a los cuales se les proporcionó únicamente alimento peletizado, comparado con las otras dos dietas.

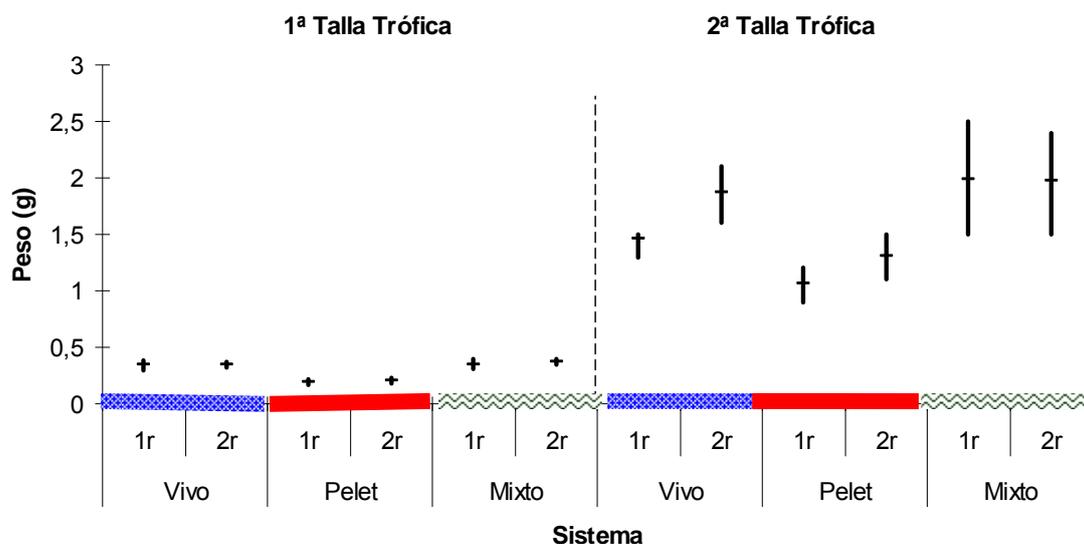


Figura 9. Peso final promedio de los organismos de las diferentes unidades experimentales, los sistemas a la izquierda de la línea vertical punteada corresponden a la primera talla trófica, los 6 de la derecha corresponden a la segunda talla trófica.

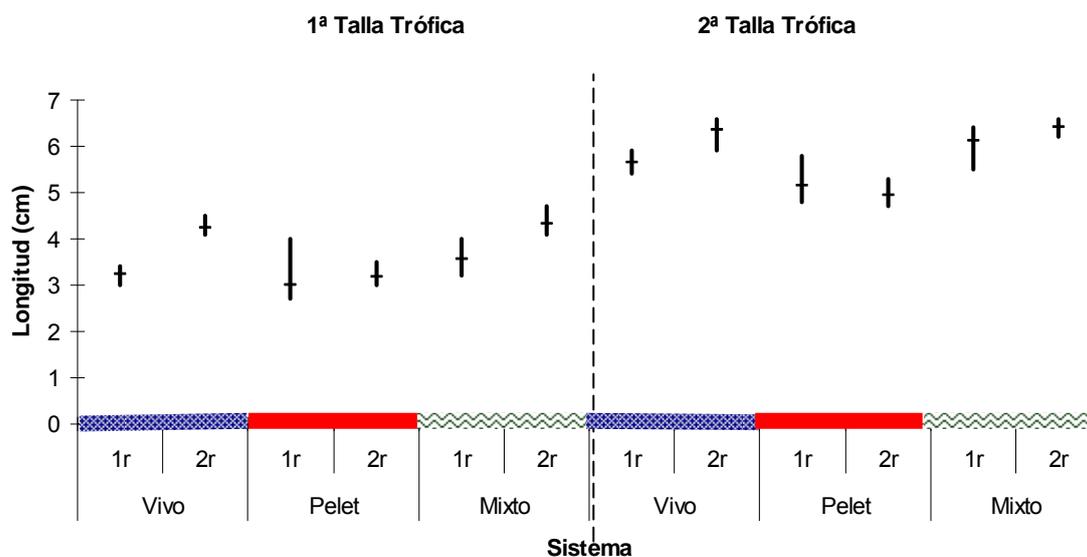


Figura 10. Longitud final promedio de los organismos de las diferentes unidades experimentales, los sistemas a la izquierda de la línea vertical punteada corresponden a la primera talla trófica, los 6 de la derecha corresponden a la segunda talla trófica.

El cálculo de alimento consumido por cada unidad experimental se expresa en los cuadros 9 y 10.

Cuadro 9. Cálculo de la cantidad de alimento consumido por los organismos de las diferentes unidades experimentales sometidos a dos raciones alimenticias diarias, primera talla trófica.

Sistema	Edad En Semanas	Peso del cardumen en g	Incremento de peso en g	Alimento suministrado por semana	% de alimento consumido	% de alimento no consumido	G de alimento consumido
VIVO	9-10	2,86	1,29	1,40	93	07	1,30
	10-11	2,99	0,13	1,46	65	35	0,95
	11-12	3,56	0,57	1,74	41	59	0,71
	12-13	4,03	0,47	1,97	60	40	1,18
	13-14	5,65	1,62	2,76	61	39	1,68
PELET	9-10	2,15	0,39	1,05	38	62	0,40
	10-11	2,61	0,46	1,27	37	63	0,47
	11-12	2,97	0,36	1,45	36	64	0,52
	12-13	3,24	0,27	1,58	39	61	0,62
	13-14	3,47	0,23	1,70	30	70	0,51
MIXTO	9-10	3,10	1,25	1,51	83	17	1,26
	10-11	3,14	0,04	1,53	46	54	0,78
	11-12	3,64	0,5	1,78	45	55	0,80
	12-13	4,27	0,63	2,09	65	35	1,35
	13-14	6,15	1,88	3,01	64	36	1,92

Cuadro 10. Cálculo de la cantidad de alimento consumido por los organismos de las diferentes unidades experimentales sometidos a dos raciones alimenticias diarias, segunda talla trófica.

Sistema	Semana	Peso del cardumen en g	Incremento de peso en g	Alimento suministrado por semana	% de alimento consumido	% de alimento no consumido	G de Alimento Consumido
VIVO	16-18	8,23	1,35	4,03	41	59	1,65
	18-20	10,5	2,27	5,16	65	35	3,36
	20-22	21,24	10,74	10,40	100	0	10,41
	22-24	25,91	4,67	12,69	73	27	9,27
	24-26	32,81	6,9	16,07	76	24	12,22
	26-28	37,4	4,59	18,32	79	21	14,48
PELET	16-18	4,57	0,61	2,23	30	70	0,67
	18-20	6,49	1,92	3,18	61	79	1,94
	20-22	12,26	5,77	6,00	97	3	5,83
	22-24	16,34	4,08	8,00	51	49	4,08
	24-26	22,74	6,4	11,14	74	26	8,25
	26-28	24,93	2,19	12,21	53	47	6,47
MIXTO	16-18	8,1	1,11	3,96	47	53	1,87
	18-20	10,89	2,79	5,336	100	0	5,34
	20-22	22,17	11,28	10,86	100	0	10,86
	22-24	28,41	6,24	13,92	82	18	11,42
	24-26	36,2	7,79	17,73	70	30	12,42
	26-28	37,6	1,4	18,424	73	27	13,45

3. Evaluación de la aceptación del charal *C. jordani* a un nuevo grupo trófico: *Artemia sp.*, a través de la frecuencia de encuentros.

Para la 1ª edad trófica, la dieta basada en alimento vivo estuvo compuesta por pulga de agua (*Daphnia pulex*), obtenida por tamizado con malla de 100 micras y nauplios de *Artemia sp.* En una proporción 1:1 en peso húmedo. En tanto que para la 2ª talla trófica, el alimento vivo estuvo compuesto por una mezcla similar de pulga de agua grande (*Daphnia pulex*) y *Artemia sp.* Adulta.

Se efectuó una observación directa de la aceptación de la artemia por parte de ésta especie, y se tomaron fotografías del momento de la captura de los nauplios de artemia en la 1ª edad trófica y de artemias adultas en la 2ª talla trófica respectivamente (figura 11).

También se efectuó una inspección ocular y su respectivo registro en una escala de aceptación del consumo de la artemia por parte de *C. jordani*, cuyos resultados se muestran en el cuadro 11 para los sistemas tratados con alimento vivo y cuadro 12 para los sistemas tratados con alimento mixto.

Cuadro 11. Escala de aceptación de *Artemia sp.* por el charal *C. jordani* durante las primera y segunda tallas tróficas para la dieta a base de alimento vivo.

Experimento	Semana de vida									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1ª Talla Trófica (Nauplios)	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
	16	18	20	22	24	26	28			
2ª Talla Trófica (Adultos)	X	XX	XX	XX	XX	XXX	XXX			

X: Visitado raramente, XX: Visitado ocasionalmente, XXX: Visitado frecuentemente.

Cuadro 12. Escala de aceptación de *Artemia sp.* por el charal *C. jordani* durante las primera y segunda tallas tróficas para la dieta a base de alimento mixto.

Experimento	Semana de vida									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1ª Talla Trófica (Nauplios)	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
	16	18	20	22	24	26	28			
2ª Talla Trófica (Adultos)	XX	XX	XX	XX	XX	XXX	XXX			

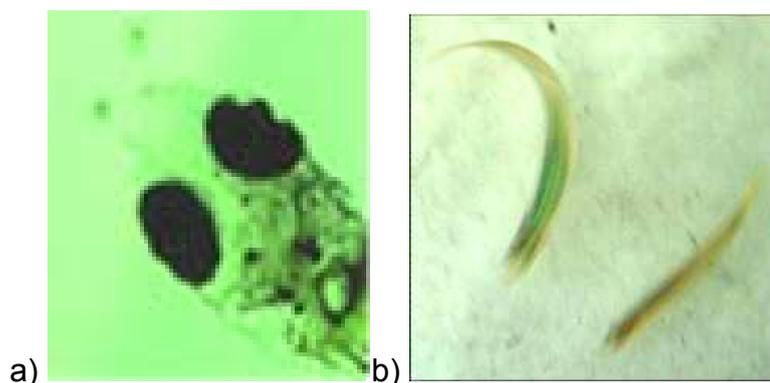


Figura 11. a) Larva de *C. jordani* consumiendo nauplios de artemia b) Juvenil consumiendo artemia adulta.

Por otro lado, al revisar los porcentajes de alimento consumido por semana, se encuentra que para la talla trófica 1, al menos en las semanas 10, 11, 13 y 14, hubo un consumo superior al 50%, siendo este específicamente de 93% para la 10^a semana, 65% para la 11^a semana, 60% para la 13^a semana y de 61% para la 14^a semana, lo cual quiere decir que al menos el 43%, el 15%, el 10% y el 11% de este consumo respectivamente correspondió a *Artemia sp.*, mientras que en el sistema tratado con alimento mixto, en la semana 10 se dio un consumo del 83%, en la semana 13 de 65% y en la semana 14 de 64% siendo los porcentajes de composición de alimento a base de *Daphnia pulex* y peletizado de 66%, y el 33% restante para *Artemia sp.*, lo cual indica que al menos el 17% de este consumo correspondió a *Artemia*.

4. Evaluación del efecto de cada tipo de dieta sobre el crecimiento del charal *C. jordani* mediante bioindicadores de producción: (Tasa de crecimiento absoluto (TCA), Tasa de crecimiento específico (TCE), factor de conversión aparente del alimento (FCA) y Cociente de eficiencia de proteína (CEP)).

a) Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA).

Primera talla trófica.

La TCA mide el crecimiento semanal en g/sem, los valores obtenidos para la 1ª talla trófica fueron:

Cuadro 13. Registro de TCA de las unidades experimentales de la primera talla trófica, con los organismos alimentados con 1 ración diaria

<u>Edad/Semanas</u>	<u>Vivo</u>	<u>Pelet</u>	<u>Mixto</u>
8-9	0,0084	0,0069	0,0121
9-10	0,0309	0,0200	0,0315
10-11	0,0209	0,0159	0,0361
11-12	0,0283	0,0223	0,0209
12-13	0,0156	0,0252	0,0135
13-14	0,0932	0,0129	0,0923
14-16	0,0879	0,0344	0,0905

Estos datos muestran que en la dieta a base de alimento peletizado se presentaron diversas fluctuaciones a lo largo del tiempo, pero se mantuvo dentro de un intervalo constante, mientras que las dietas de alimento vivo y mixto presentaron un brusco aumento a partir de la 13ª semana.

En cuanto a los sistemas a los cuales se les suministraron dos raciones diarias, se puede observar que los que fueron alimentados con organismos vivos y alimento mixto, presentaron un mayor consumo desde el principio, aunque mostraron un descenso en la tercer semana de experimento, pero a partir de la semana 13 se dispara el incremento en la TCA, y nuevamente, la dieta exclusivamente de alimento peletizado mantuvo rendimiento estable (cuadro 14).

Cuadro 14. Registro de TCA de las unidades experimentales de la primera talla trófica, con los organismos alimentados con 2 raciones diarias.

Semana	Vivo	Pelet	Mixto
8-9	0,007	0,0111	0,0192
9-10	0,0561	0,0199	0,0605
10-11	0,0057	0,0252	0,0018
11-12	0,0247	0,0228	0,0229
12-13	0,0284	0,0206	0,0287
13-14	0,0859	0,0115	0,0853
14-16	0,0795	0,0305	0,0922

Estas fluctuaciones pueden observarse mejor en la siguiente gráfica (figura 12), donde se aprecia además, que el sistema tratado con el alimento mixto tiene un mayor consumo tanto al inicio como al final respecto al alimento vivo.

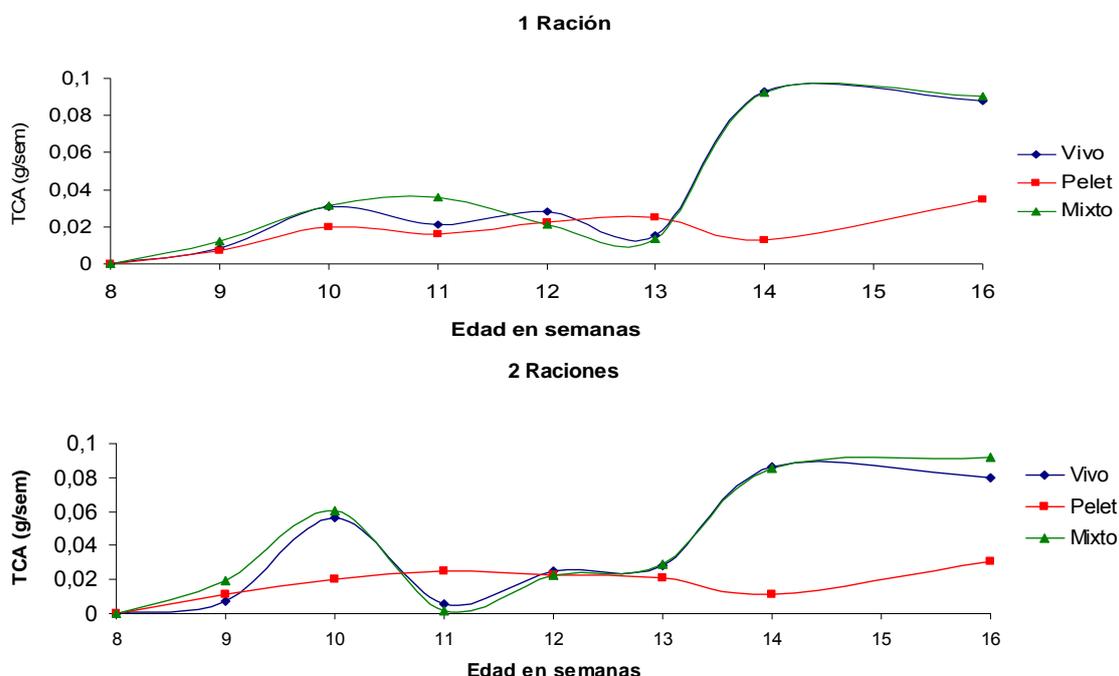


Figura 12. Comparación gráfica entre el comportamiento de la TCA entre las unidades experimentales de la primera talla trófica, sometidos a 1 y 2 raciones diarias.

Segunda talla trófica.

En cuanto a la segunda talla trófica, se pudo observar que las unidades experimentales que presentaron menor tasa, fueron aquellas tratadas con alimento peletizado, mientras que las que presentaron una mayor tasa fueron las unidades tratadas con alimento mixto, en tanto que las unidades tratadas con alimento vivo presentaron un comportamiento fluctuante entre los dos

anteriores, tanto en las unidades tratadas con 1 como con 2 raciones diarias. Lo anterior describió un comportamiento similar a lo observado en la primera talla (cuadros 15 y 16).

Cuadro 15. Registro de TCA de las unidades experimentales de la segunda talla trófica, con los organismos alimentados con 1 ración diaria.

Semana	Vivo	Pelet	Mixto
16-18	0,021	0,011	0,021
18-20	0,050	0,040	0,227
20-22	0,014	0,024	0,089
22-24	0,090	0,070	0,120
24-26	0,013	0,139	0,177
26-28	0,245	0,150	0,182

Cuadro 16. Registro de TCA de las unidades experimentales de la segunda talla trófica, con los organismos alimentados con 2 raciones diarias.

Semana	Vivo	Pelet	Mixto
16-18	0,03	0,012	0,021
18-20	0,257	0,048	0,069
20-22	0,268	0,16	0,282
22-24	0,116	0,107	0,156
24-26	0,172	0,168	0,195
26-28	0,115	0,059	0,084

Las unidades experimentales en la segunda talla trófica, a diferencia de las de la primera, muestran con base al indicador de producción TCA, que: para las unidades experimentales donde se alimentó solo con una ración diaria el alimento mixto ofrece un mayor rendimiento sobre todo en la semana 20 de edad, y sin embargo al final este es similar al de las otras dietas. Mientras que para la segunda ración los más redituables según la TCA son el alimento vivo y el mixto (véase figura 13).

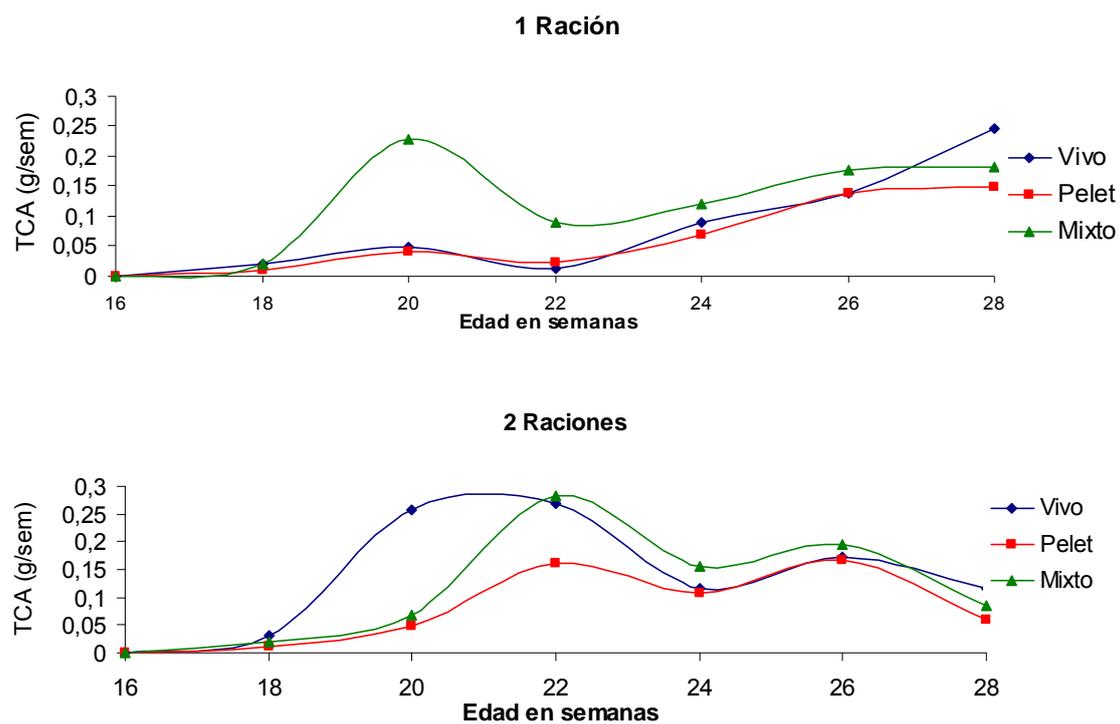


Figura 13. Comparación gráfica del comportamiento de la TCA entre las unidades de la segunda talla trófica, sometidos a 1 y 2 raciones diarias

b) Tasa de Crecimiento Específico (TCE).

Primera talla trófica

Otro bioindicador es la TCE, la cual se expresa como % de crecimiento por semana (%/sem). Como se muestra en la cuadro 17, en las unidades experimentales a las cuales se les suministró 1 ración diaria, se observa que la tasa de crecimiento fluctúa y alcanza un máximo en la semana 13, para las dietas basadas en alimento vivo y mixto; sin embargo la dieta de alimento peletizado muestra un crecimiento menor en todo el tiempo y una disminución en la semana 13, contrario al comportamiento de los otros dos sistemas.

Cuadro 17. Registro de TCE de las unidades experimentales de la primera talla trófica, con los organismos alimentados con 1 ración diaria.

Semana	Vivo	Pelet	Mixto
8-9	12,78	10,68	17,93
9-10	36,56	25,74	35,58
10-11	18,82	16,59	29,50
11-12	20,89	19,42	13,79
12-13	9,88	18,19	7,99
13-14	44,62	8,17	42,22
14-16	29,23	18,99	29,09

En las unidades tratadas con dos raciones diarias, (cuadro 18) el máximo incremento en la TCE se presentó en la segunda semana de experimentación (9 de vida), para el alimento vivo y el vivo-pelet, con un descenso máximo en la tercera semana y un nuevo aumento a partir de la cuarta semana, un comportamiento que recuerda al de los sistemas tratados con 1 ración. Mientras que el alimento peletizado mostró un incremento menor al de los otros dos sistemas, el cual se mantuvo hasta la tercera semana, a partir de la misma se inicia un descenso que llega al máximo en la quinta semana, hasta llegar a una ligera recuperación en la semana 14 (figura 14).

Cuadro 18. Registro de TCE de los sistemas de la primera talla trófica, con los organismos alimentados con 2 raciones diarias.

Semana	Vivo	Pelet	Mixto
8-9	10,82	16,37	27,28
9-10	60,02	23,96	56,10
10-11	4,48	23,88	1,26
11-12	17,39	17,58	14,88
12-13	16,85	13,60	15,98
13-14	38,46	6,850	36,39
14-16	25,89	16,19	28,49

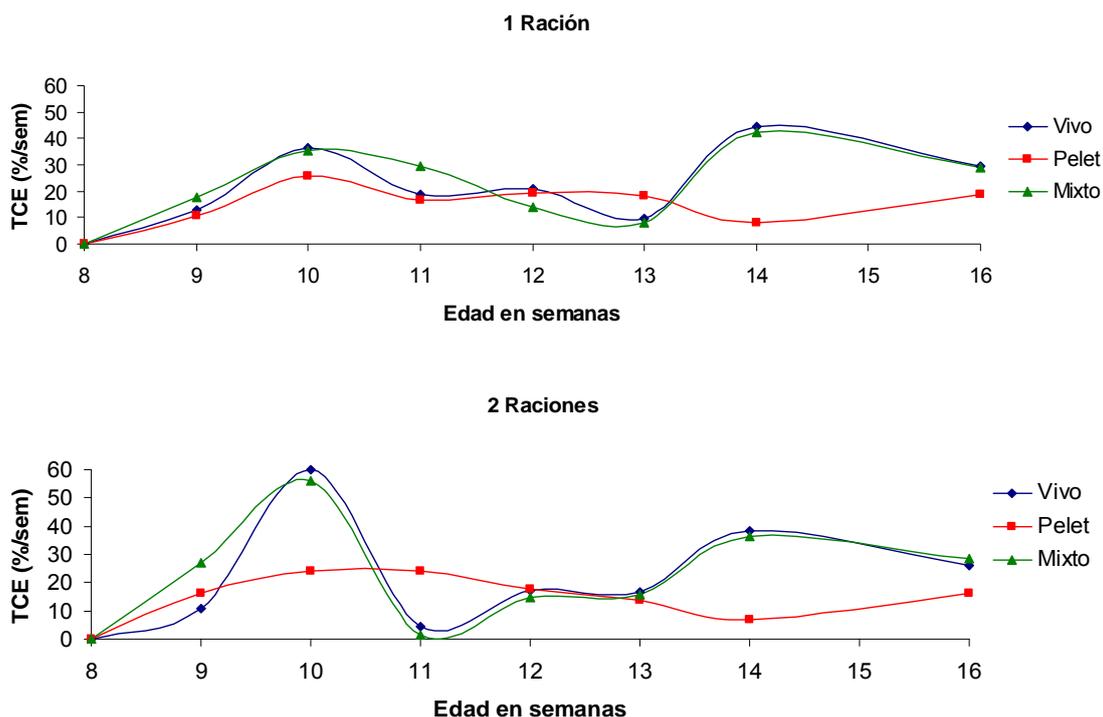


Figura 14. Comparación gráfica de la TCE de los sistemas de la primera talla trófica, con los organismos alimentados con 1 y 2 raciones diarias.

Segunda talla trófica

En los sistemas con 1 ración diaria, se pudo apreciar que tanto el alimento vivo como con el peletizado presentaron un comportamiento muy semejante, aunque al final el sistema tratado con alimento vivo presentó un ligero repunte, siendo la diferencia de solo del 3.9%. El sistema tratado con alimento mixto mostró una mayor tasa de crecimiento inicialmente, pero al final fue rebasado por los otros dos sistemas (vease cuadro 19).

Cuadro 19. Registro de TCE de las unidades experimentales de la segunda talla trófica, con los organismos alimentados con 1 ración diaria.

Semana	Vivo	Pelet	Mixto
16-18	5,744	5,168	5,671
18-20	11,594	15,433	37,915
20-22	2,789	7,307	9,445
22-24	15,033	16,904	10,475
24-26	16,731	22,35	12,281
26-28	20,409	16,425	10,103

En cuanto a los sistemas con 2 raciones diarias (cuadro 20), los tres presentaron un comportamiento muy similar, sin diferencias significativas estadísticamente, sin embargo se aprecia gráficamente que existe un máximo en la semana 22. El comportamiento de los sistemas se puede apreciar mejor en la figura 15.

Cuadro 20. Registro de TCE de las unidades experimentales de la segunda talla trófica, con los organismos alimentados con 2 raciones diarias.

Semana	Vivo	Pelet	Mixto
16-18	8,033	5,561	5,474
18-20	12,24	17,569	14,753
20-22	35,225	34,425	35,568
22-24	9,917	14,384	12,405
24-26	11,809	16,49	12,133
26-28	6,562	4,628	4,437

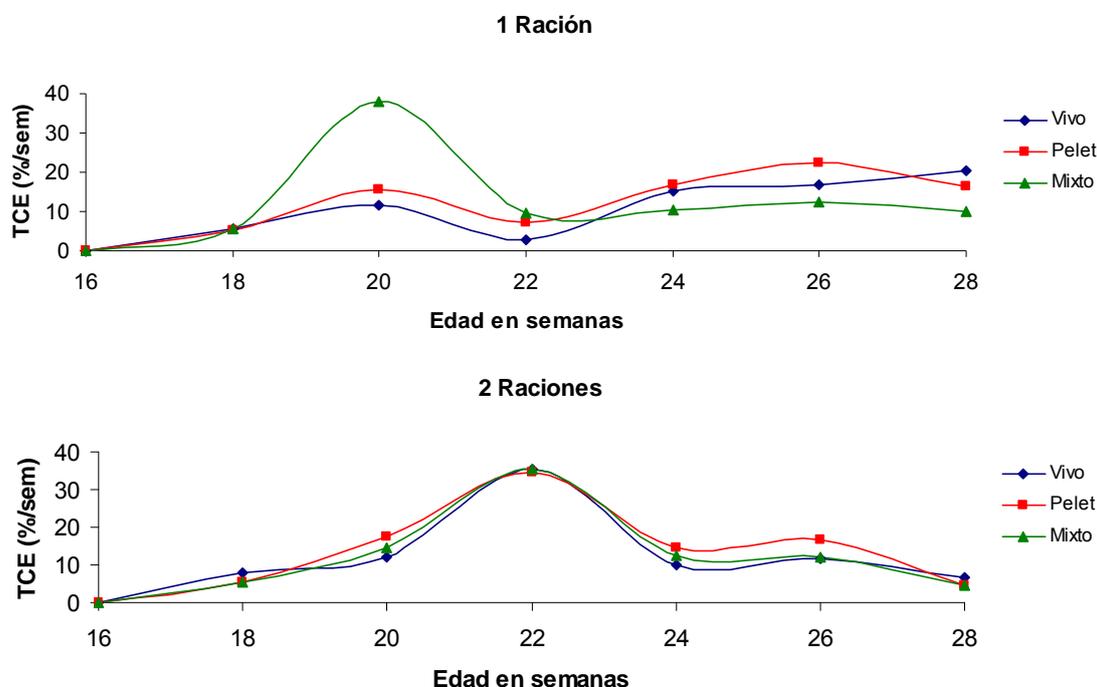


Figura 15. Comparación gráfica de la TCE de las unidades experimentales de la segunda talla trófica, con los organismos alimentados con 1 y 2 raciones diarias.

c) Factor de Conversión Alimenticia (FCA).

Primera Talla Trófica

Otro bioindicador es el FCA que se expresa como la fracción de alimento ingerido, convertido en peso por el organismo. Las unidades experimentales tratadas con dos raciones fueron utilizadas para analizar este factor.

Estos datos muestran que las diferentes unidades presentaron un comportamiento no definido, sin embargo, al final las unidades experimentales a base de alimento vivo y mixto rebasaron al sistema tratado con alimento peletizado, lo cual se debió a un menor consumo de alimento por parte de este cardumen, sin embargo, es notable el hecho de que los valores de FCA del alimento peletizado fueron superiores a los de las otras dos dietas.

Las unidades tratadas con alimento vivo y peletizado mostraron un comportamiento similar, a lo largo del experimento, como se puede apreciar en la el cuadro 21 y figura 16.

Cuadro 21. Registro de FCA de las unidades de la primera talla trófica, con los organismos alimentados con 2 raciones diarias.

Semana	Vivo	Pelet	Mixto
8-9	0,990	0,974	0,991
9-10	0,137	0,972	0,057
10-11	0,797	0,687	0,623
11-12	0,397	0,436	0,463
12-14	0,959	0,451	0,975

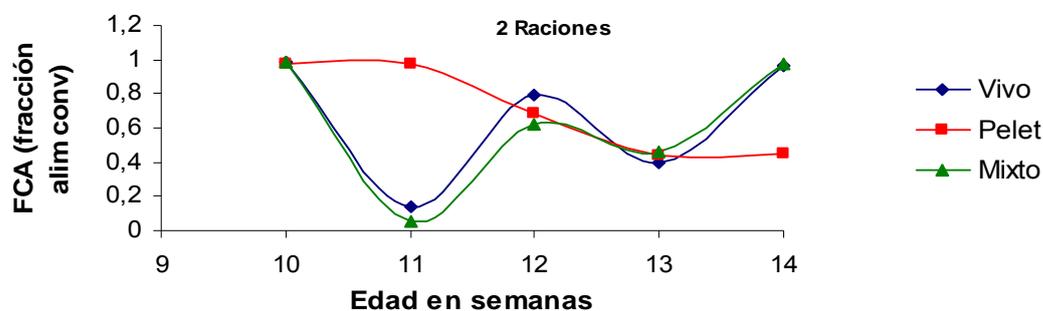


Figura 16. Comportamiento del FCA de las unidades de la primera talla trófica tratados con 2 raciones diarias.

Segunda talla trófica

En la segunda talla trófica, los sistemas tratados con alimento peletizado fueron los que presentaron un mayor factor de conversión del alimento, mientras que los sistemas tratados con alimento vivo y mixto mostraron un comportamiento similar, se observa que presentaron un pico con los mismos valores en la semana 22 y al final existió una similitud en los valores de todos los sistemas.

Cuadro 22. Registro de FCA de las unidades experimentales de la segunda talla trófica, con los organismos alimentados con 2 raciones diarias.

Edad Semanas	Vivo	Pelet	Mixto
16-18	0,744	0,729	0,239
18-20	0,688	0,990	0,094
20-22	1,028	0,990	1,038
22-24	0,504	0,999	0,060
24-26	0,565	0,776	0,032
26-28	0,317	0,338	0,013

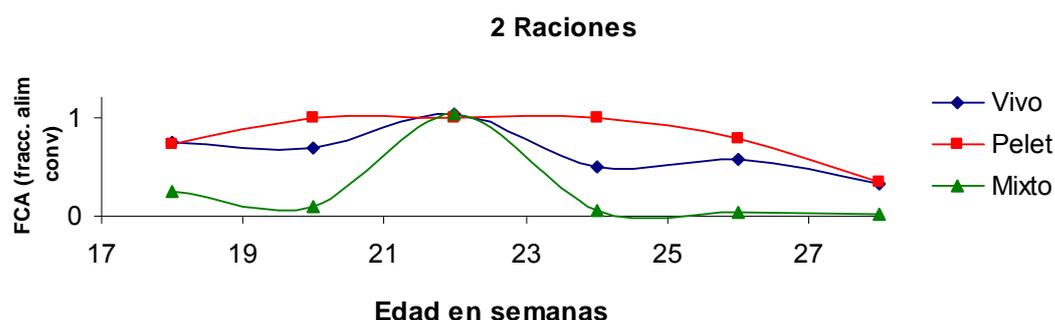


Figura 17. Comportamiento del FCA de las unidades experimentales de la segunda talla trófica tratados con 2 raciones diarias.

a) Coeficiente de Eficiencia de Proteína (CEP)

Primera talla trófica

El cociente de eficiencia de proteína representa la fracción de proteína contenida en el alimento que es transformada en peso por el organismo

El contenido de proteína para cada uno de los distintos grupos tróficos es el siguiente:

- Daphnia pulex*: 46% (Luna-Figueroa, 2003)
- Artemia sp.*: 65% (Castro et al, 2002b)
- Alimento peletizado: 45% (Nutrimentos Purina, 2008)

Cuadro 23. Promedio de alimento consumido por unidad experimental y su correspondiente contenido de proteína. primera talla trófica, 2 raciones diarias.

Sistema Edad en semanas	Vivo		Pelet		Mixto	
	Alimento consumido (g)	Contenido de Proteína (g)	Alimento consumido (g)	Contenido de Proteína (g)	Alimento consumido (g)	Contenido de Proteína (g)
10	1,30	0,72	0,40	0,18	1,26	0,66
11	0,95	0,53	0,47	0,21	0,71	0,37
12	0,72	0,40	0,52	0,24	0,80	0,42
13	1,18	0,66	0,62	0,28	1,36	0,71
14	1,69	0,94	0,51	0,23	1,93	1,00

Estos datos (Cuadros 23 y 24 y figura 18) indican que los sistemas tratados con alimento vivo y peletizado tuvieron un comportamiento semejante, aunque el sistema tratado con alimento peletizado tuvo tasas mayores todo el tiempo en comparación con las otras dos dietas. Al igual que en el caso del FCA, esta baja en los valores se debió a un menor consumo de alimento peletizado por parte del cardumen.

Cuadro 24. Registro de CEP de los sistemas de la primera talla trófica, con los organismos alimentados con 2 raciones diarias.

Semana	Vivo	Pelet	Mixto
10	1,783	2,165	1,907
11	0,246	2,160	0,104
12	1,436	1,527	1,198
13	0,715	0,969	0,891
14	1,728	1,002	1,875

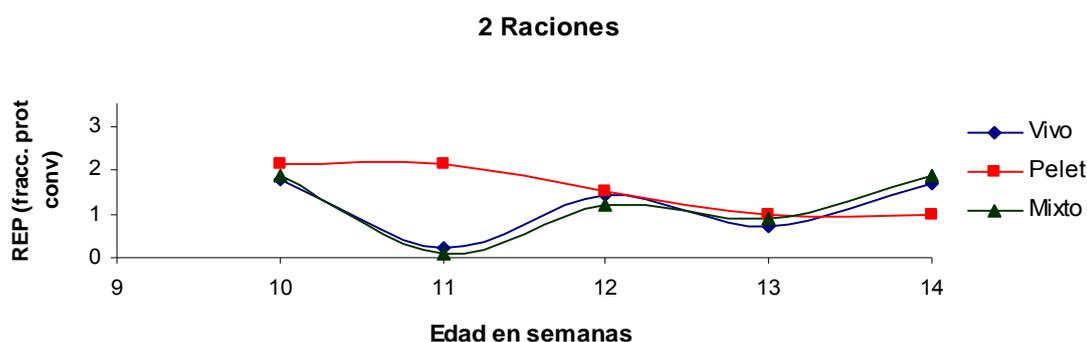


Figura 18. Comportamiento del CEP de los sistemas de la 1ª talla trófica, con los organismos alimentados con 2 raciones diarias.

Segunda talla trófica

Los sistemas de la 2ª talla trófica mostraron un comportamiento muy semejante (cuadros 25 y 26 y figura 19), a pesar de la diferencia de contenido proteico de los diferentes tipos de alimento suministrado, el sistema tratado con

alimento peletizado presento un mayor radio de eficiencia, en tanto que los sistemas tratados con alimento vivo y mixto mostraron valores similares. Este comportamiento coincidió con el inicio de la 1ª edad reproductiva del charal. Lo cual incidió en la conclusión del experimento, para evitar que el aumento de peso debido al crecimiento de las gónadas en ambos sexos influyera en los resultados del estudio.

Cuadro 25. Promedio de alimento consumido por unidad experimental y su correspondiente contenido de proteína. segunda talla trófica, 2 raciones diarias.

Sistema Edad en semanas	Vivo		Pelet		Mixto	
	Alimento consumido (g)	Contenido de Proteína (g)	Alimento consumido (g)	Contenido de Proteína (g)	Alimento consumido (g)	Contenido de Proteína (g)
18	1,65	0,92	0,67	0,30	1,87	0,97
20	3,36	1,86	1,94	0,87	5,34	2,77
22	10,41	5,78	5,83	2,62	10,86	5,65
24	9,27	5,14	4,08	1,84	11,42	5,94
26	12,22	6,78	8,25	3,71	12,42	6,46
28	14,48	8,04	6,47	2,91	13,45	6,99

Cuadro 26. Registro de CEP de las unidades experimentales de la segunda talla trófica, con los organismos alimentados con 2 raciones diarias.

Edad Semanas	Vivo	Pelet	Mixto
18	1,340	1,621	0,866
20	1,240	2,199	1,005
22	1,852	2,200	1,997
24	0,908	2,220	1,051
26	1,018	1,725	1,207
28	0,571	0,752	0,200

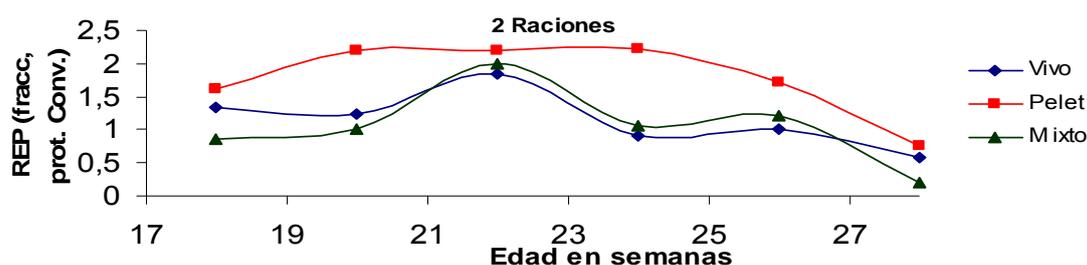


Figura 19. Comportamiento del CEP de las unidades experimentales de la segunda talla trófica, con los organismos alimentados con 2 raciones diarias.

En los cuadros 27 y 28 se presentan los valores promedio de los bioindicadores TCA, TCE, FCA y CEP de todos los sistemas tratados con alimento vivo, peletizado y mixto, de ambas tallas tróficas, así como sus desviaciones estándar, las cuales son muy grandes por representar el intervalo

de datos reportados durante todas las semanas de estudio, esto con fines de comparación del efecto general de cada tipo de dieta en los diferentes sistemas.

Cuadro 27. Valores promedio de TCA, TCE, FCA y CEP de las unidades experimentales de la primera talla trófica, tratados con 1 y 2 raciones diarias.

Sistema	Bioindicador	1 Ración				2 Raciones			
		TCA (g/sem)	TCE (%/sem)	FCA (alim conv)	CEP (prot conv)	TCA (g/sem)	TCE (%/sem)	FCA (alim. conv.)	CEP (prot conv)
Vivo	Promedio	0,040	24,686	----	----	0,041	24,849	0,656	1,182
	Desv. Std.	0,034	12,706	----	----	0,033	18,95	0,374	0,674
Pelet	Promedio	0,019	16,830	----	----	0,02	16,922	0,704	1,565
	Desv. Std.	0,008	5,854	----	----	0,007	5,939	0,265	0,589
Mixto	Promedio	0,042	25,160	----	----	0,044	25,774	0,622	0,196
	Desv. Std.	0,034	12,316	----	----	0,035	17,594	0,389	0,748

Cuadro 28. Valores promedio de TCA, TCE, FCA y CEP de las unidades experimentales de la segunda talla trófica, tratados con 1 y 2 raciones diarias.

Sistema	Bioindicador	1 Ración				2 Raciones			
		TCA (g/sem)	TCE (%/sem)	FCA (alim conv)	CEP (prot conv)	TCA (g/sem)	TCE (%/sem)	FCA (alim. conv.)	CEP (prot conv)
Vivo	Promedio	0,093	12,050	----	----	0,126	13,964	0,641	1,155
	Desv. Std.	0,087	6,729	----	----	0,085	10,639	0,242	0,436
Pelet	Promedio	0,072	13,931	----	----	0,092	15,509	0,784	1,742
	Desv. Std.	0,059	6,463	----	----	0,063	10,785	0,265	0,590
Mixto	Promedio	0,136	14,315	----	----	0,134	14,128	0,548	1,054
	Desv. Std.	0,074	11,764	----	----	0,0954	11,276	0,301	0,579

e) Supervivencia.

1ª Talla Trófica.

El efecto de cada tipo de dieta también es notorio en las curvas de supervivencia de cada sistema, en estas se puede apreciar que el sistema que presentó una mayor supervivencia de los organismos fue el de alimento mixto, tanto en los sistemas tratados con 1 como con 2 raciones alimentarias diarias, el de alimento vivo presentó una supervivencia intermedia para los sistemas tratados con 1 ración diaria y fue igual al de alimento peletizado en los sistemas

tratados con 2 raciones diarias, en tanto que el alimento peletizado ocupó en ambos casos la menor sobrevivencia.

En general, bajo la misma escala, puede apreciarse que los sistemas con frecuencia alimentaria de 2 raciones presentaron una mayor sobrevivencia que los tratados con 1 ración diaria (figura 20).

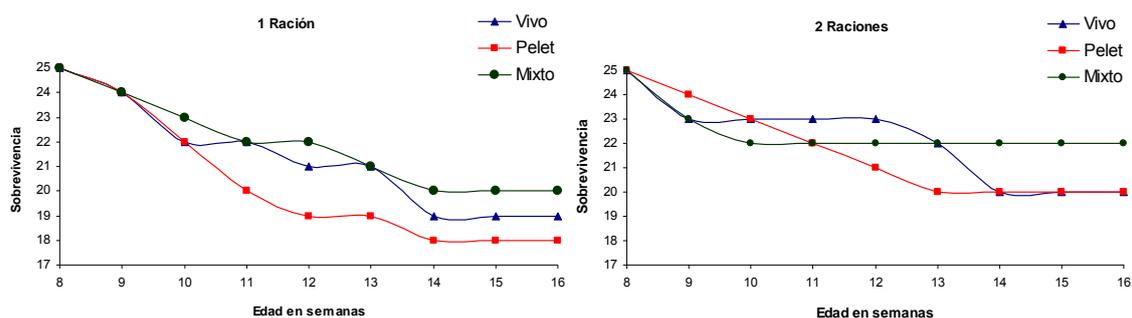


Figura 20. Comparación gráfica de las curvas de sobrevivencia de los sistemas de la primera talla trófica, tratados con 1 y 2 raciones diarias.

2ª Talla Trófica.

Para la 2ª talla trófica, se puede apreciar que los sistemas tratados con alimento vivo y mixto presentan la mayor sobrevivencia, en comparación con los tratados con alimento peletizado. Nuevamente, los sistemas tratados con 2 raciones diarias presentaron mayor sobrevivencia en comparación con los sistemas tratados con 1 ración (figura 21).

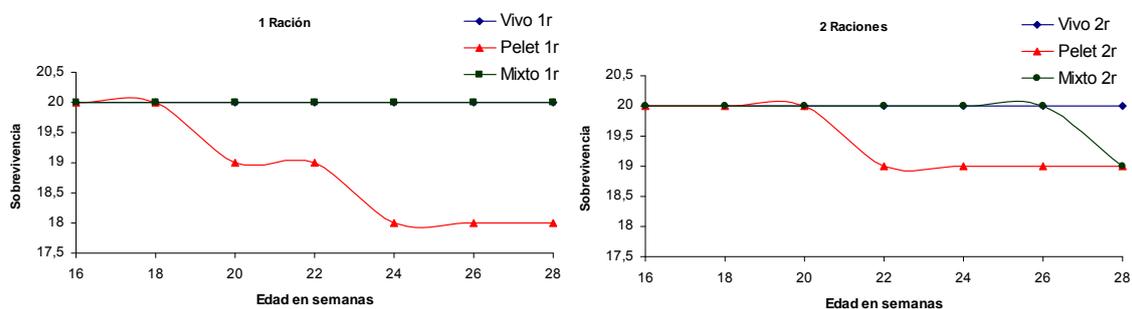


Figura 21. Comparación gráfica de las curvas de sobrevivencia de los sistemas de la segunda talla trófica, tratados con 1 y 2 raciones diarias.

b) Peso y longitud finales.

Al realizar un balance final del peso y longitud alcanzados al final por cada uno de los diferentes sistemas ensayados, puede observarse que tanto para la 1ª como para la 2ª talla trófica, las unidades experimentales tratadas con alimento mixto presentaron mayor crecimiento en ambos parámetros, en tanto que el menor crecimiento se generó con el alimento peletizado, y el alimento vivo produjo un crecimiento intermedio (figuras 22 y 23).

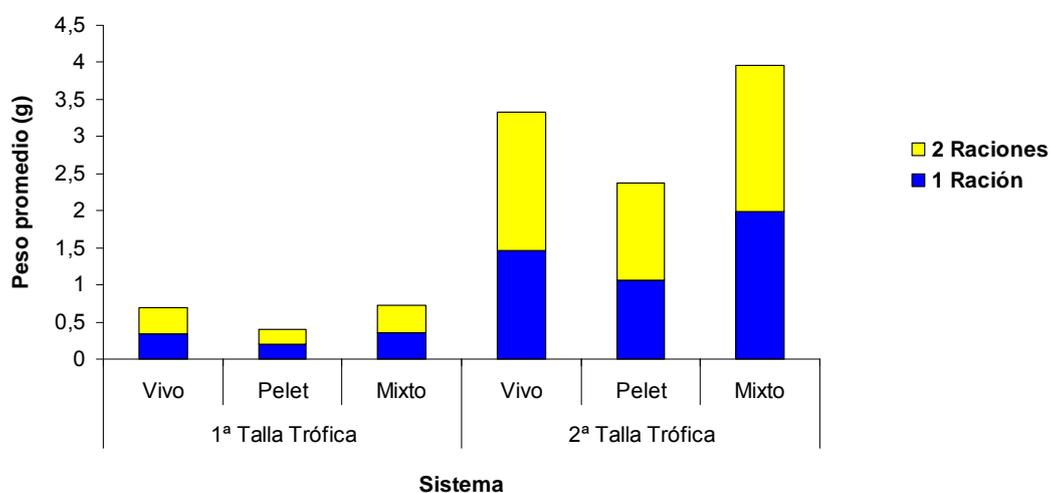


Figura 22. Peso promedio alcanzado por los organismos al final de ambos experimentos.

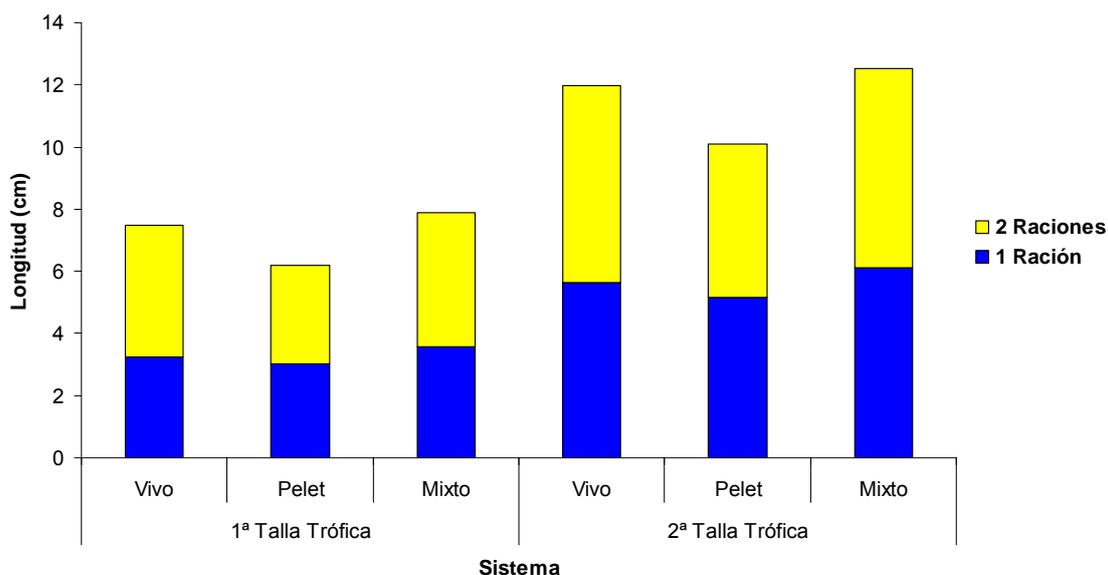


Figura 23. Longitud promedio alcanzada por los organismos al final de ambos experimentos

5. Evaluación del efecto de dos frecuencias alimentarias a través de sus tasas de crecimiento.

Los datos obtenidos de peso y longitud indican que las unidades experimentales tratadas con dos raciones diarias presentan una mayor ganancia en peso y talla respecto a la edad, que los sistemas tratados con una sola ración diaria, en todos los sistemas, tanto para la 1ª talla trófica, como para la 2ª talla trófica.

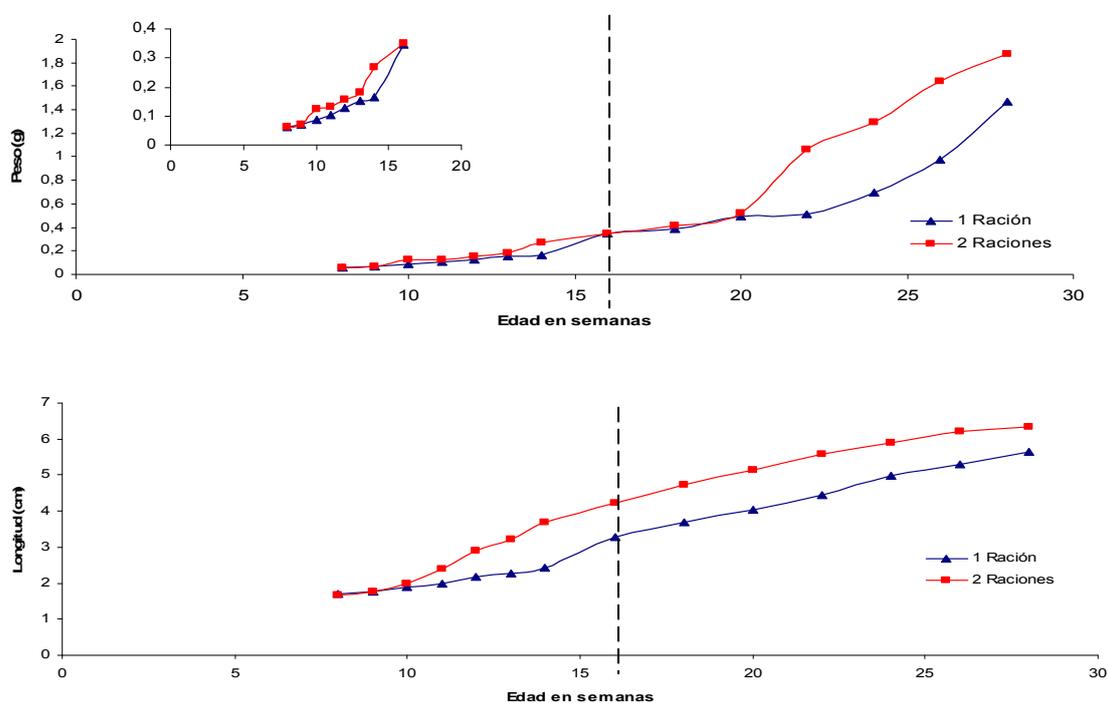


Figura 24. Comparación gráfica de los pesos y longitudes promedio alcanzados por los organismos de los sistemas tratados con alimento vivo, la línea vertical punteada representa el término del ensayo de la 1ª dieta (a la izquierda) y el inicio de la 2ª dieta (a la derecha), La gráfica pequeña a la izquierda es una ampliación de los pesos de la 1ª talla trófica para apreciar mejor las diferencias.

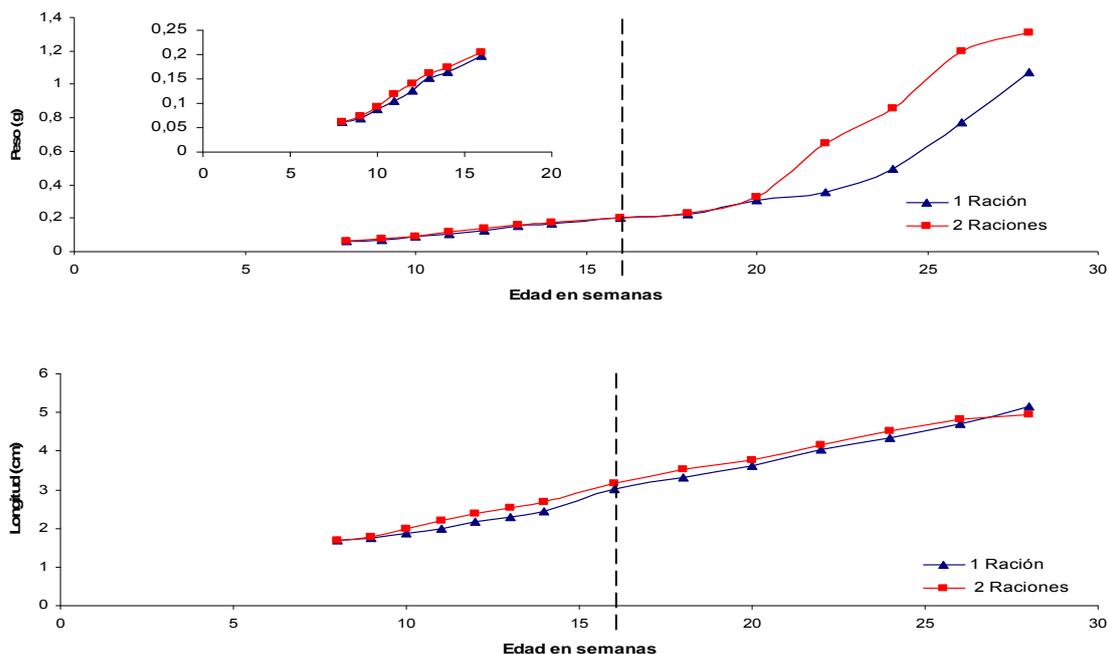


Figura 25. Comparación gráfica de los pesos y longitudes promedio alcanzados por los organismos de los sistemas tratados con alimento peletizado, la línea vertical punteada representa el término del ensayo de la 1ª dieta (a la izquierda) y el inicio de la 2ª dieta (a la derecha), La gráfica pequeña a la izquierda es una ampliación de los pesos de la 1ª talla trófica para apreciar mejor las diferencias.

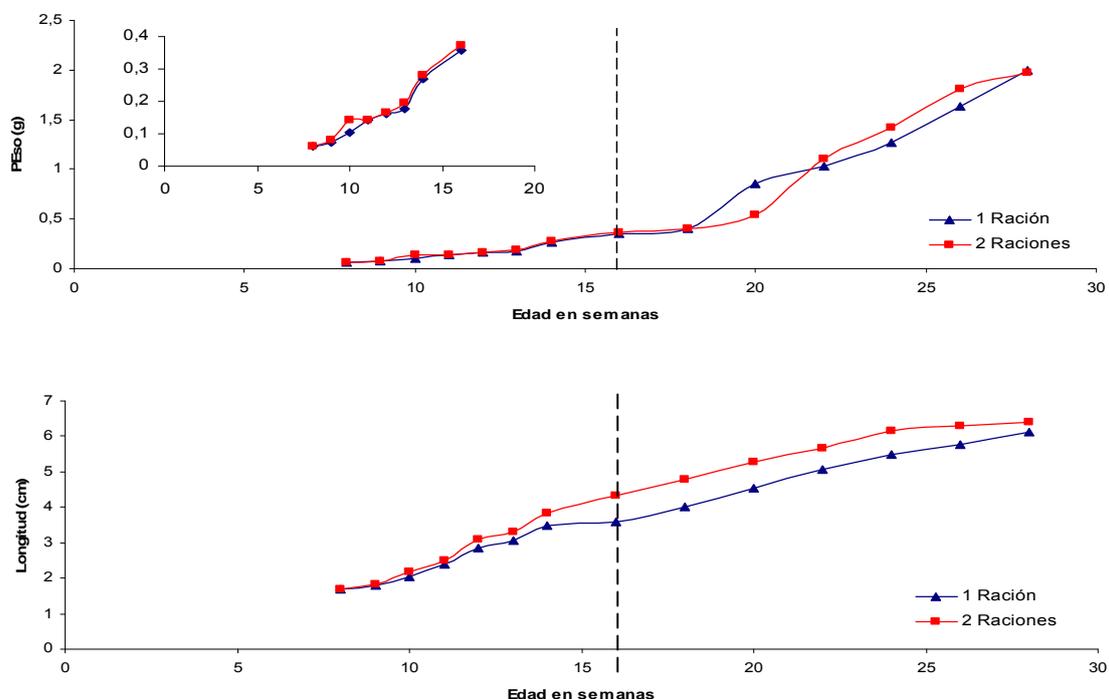


Figura 26. Comparación gráfica de los pesos y longitudes promedio alcanzados por los organismos de los sistemas tratados con alimento mixto, la línea representa el término del ensayo de la 1ª dieta (a la izquierda) y el inicio de la 2ª dieta vertical punteada la derecha), La gráfica pequeña a la izquierda es una ampliación de los pesos de la 1ª talla trófica para apreciar mejor las diferencias.

La relación peso-longitud arrojó los siguientes resultados, y por lo tanto, los diferentes sistemas presentaron las siguientes ecuaciones de Le Cren.

Cuadro 29. Ecuaciones de Le Cren ($P=aL^b$) para el crecimiento de cada uno de los sistemas ensayados.

	Sistema	1 Ración	2 Raciones
1 ^a Talla trófica	Vivo	$P = 0,0199L^{2,2494}$	$P = 0,0284L^{1,6929}$
	Pelet	$P = 0,0246L^{2,0003}$	$P = 0,0251L^{1,9113}$
	Mixto	$P = 0,0240L^{1,9448}$	$P = 0,0305L^{1,6305}$
2 ^a Talla trófica	Vivo	$P = 0,0170L^{2,414}$	$P = 0,0005L^{4,3781}$
	Pelet	$P = 0,0075L^{2,9089}$	$P = 0,0013L^{4,3043}$
	Mixto	$P = 0,0069L^{3,0815}$	$P = 0,0005L^{4,4446}$

Cuadro 30. Tipo de crecimiento de cada uno de los sistemas ensayados.

	Sistema	1 Ración	2 Raciones
1 ^a Talla trófica	Vivo	$b < 3$ alométrico negativo	$b < 3$ alométrico negativo
	Pelet	$b < 3$ alométrico negativo	$b < 3$ alométrico negativo
	Mixto	$b < 3$ alométrico negativo	$b < 3$ alométrico negativo
2 ^a Talla trófica	Vivo	$b < 3$ alométrico negativo	$b > 3$ alométrico positivo
	Pelet	$b \approx 3$ isométrico	$b > 3$ alométrico positivo
	Mixto	$b \approx 3$ isométrico	$b > 3$ alométrico positivo

En estas se puede apreciar que las unidades experimentales de la 1^a talla trófica alimentados con 1 ración diaria presentaron una constante b mayor que la de los sistemas alimentados con 2 raciones, pero en ambos casos, la constante fue muy inferior a 3, lo cual indica que los organismos tuvieron un peso bajo para la longitud que alcanzaron. En la 2^a talla trófica, se aprecia que los sistemas alimentados con 1 ración diaria presentaron una constante b próxima a 3, pero inferior, mientras que los sistemas alimentados con 2 raciones diarias presentaron una constante b mayor de 3, rebasando un valor de 4, lo cual indica que fueron más pesados para la longitud que alcanzaron.

6. Evaluación de la rentabilidad económica de cada tipo de dieta para el cultivo del charal *C. jordani*.

Se determinó el costo promedio de 1 Kg de alimento base correspondiente a cada una de las diferentes dietas ensayadas (*Daphnia pulex*, *Artemia franciscana* y Preiniciador Chao Purina Nutripec 4510A), y con base

en este se determinó el costo promedio de la mezcla correspondiente a cada tipo de dieta, estos costos se reportan en los cuadros 31 y 32.

Cuadro 31. Precio comercial de 1 Kg. de los diferentes tipos de alimento usados durante el presente estudio, actualizado al día 2/Septiembre/2008.

Alimento	Precio
<i>Daphnia pulex</i>	\$ 110. ⁰⁰
<i>Artemia franciscana</i>	\$ 3300. ⁰⁰
Preiniciador Chao Purina Nutripec 4510A	\$ 11. ⁶⁰

Cuadro 32. Precio de producción de 1 kg de las diferentes dietas usadas en el presente estudio, actualizado al día 02/Septiembre/2008.

Alimento	Precio
Vivo: <i>Daphnia pulex</i> / <i>Artemia franciscana</i> proporción 1:1	\$ 1720. ⁰⁰
Pelet: Alimento preiniciador Chao Purina Nutripec 4510A	\$ 11. ⁶⁰
Mixto: <i>Daphnia pulex</i> / <i>Artemia franciscana</i> / Preiniciador proporción: 1:1:1	\$ 1150. ⁰⁰

El alimento más costoso resultó ser *Artemia franciscana*, la cual se vende comúnmente en bolsas con un contenido de 2 – 3 gramos, este precio no varía mucho si fueran proporcionados grandes volúmenes, según informes de los mismos comerciantes.

En el cuadro 33 se presenta el análisis costo / beneficio de la producción de 1 kg de charal fresco y seco en comparación con el costo del alimento de mayor factor de conversión de alimento promedio, en este caso el alimento mixto con 2 raciones diarias, y con el alimento más económico, en este caso, el peletizado con dos raciones.

Cuadro 33. Análisis costo beneficio de la producción de 1 kg de charal seco y fresco con las dietas más eficiente: Mixta con 2 raciones diarias, y la más económica: Peletizado con 2 raciones, datos actualizados al día 02/Septiembre/2008

Producto	Precio por kg	FCA	Alimento necesario para producir 1 kg de charal	Costo de alimento necesario
Charal Seco	\$ 36. ⁵⁰			
Charal Fresco	\$ 68. ⁰⁰			
Dieta mixta sin artemia	\$ 60. ⁸⁰	0,675	1.48 kg	\$ 89.98
Dieta peletizado	\$ 11. ⁶⁰	0,371	2.69 kg	\$ 31.20

7. Análisis Estadístico.

Se realizó un análisis estadístico para determinar si existían diferencias significativas entre los datos de los pesos y longitudes alcanzados al final de cada experimento de cada talla trófica

Donde

Ho: las medias de los diferentes sistemas son similares:

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu$$

Ha: Las medias de al menos dos de los sistemas son diferentes:

Pesos finales

Los resultados del análisis multifactorial de varianza para el peso, arrojaron que no existe suficiente evidencia para descartar la hipótesis nula, es decir, que las medias son semejantes y por tanto, no existen diferencias significativas entre los valores de pesos desde el momento en que los valores de P alcanzados por los organismos al final del estudio de la primera y segunda tallas tróficas no son menores a 0.05, ninguno de los factores o interacciones tiene un efecto estadístico significativo para el peso en un nivel del 95.0% de confianza (cuadro 34 y figura 27).

Cuadro 34. Análisis de Varianza para Peso - Sumas de cuadrados tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	Df	Media de cuadrados	Cociente-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Sistema	0.571258	2	0.285629	0.05	0.9499
B:Ración	0.307936	1	0.307936	0.06	0.8210
Interacciones AB	0.090478	2	0.045239	0.01	0.9918
Residuales	33.04891	6	5.50815		
Total (Corregido)	34.01861	11			

Todos los cocientes de F están basados en la error residual de la media de cuadrados.

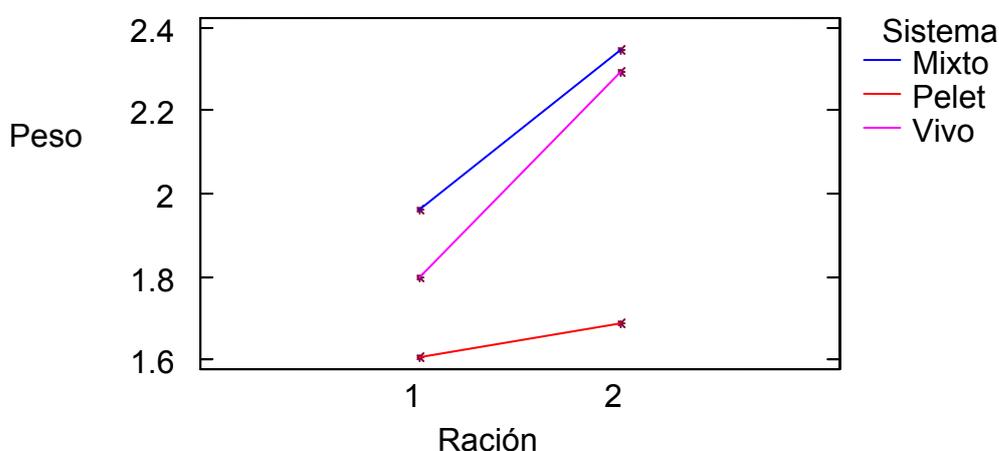


Figura 27. Gráfico de interacciones entre pesos finales de las unidades experimentales sometidas a 1 y 2 raciones diarias.

Longitudes finales

El análisis de varianza efectuado en las longitudes finales de la primera y segunda tallas tróficas, indican que en este caso, tampoco existen diferencias significativas entre los valores, y que por tanto, las medias son semejantes, puesto que los valores de P no son nuevamente menores a 0.05, ningún factor o interacción tiene un efecto estadísticamente significativo para un nivel de confianza del 95.0%, dada esta situación, no se rechaza la hipótesis nula (cuadro 35 y figura 28).

Cuadro 35. Análisis de Varianza para Longitud – Sumas de cuadrados tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	Df	Media de cuadrados	Cociente-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Sistema	2.114430	2	1.057220	0.12	0.8873
B:Ración	0.167324	1	0.167324	0.02	0.8940
Interacciones AB	0.156945	2	0.078472	0.01	0.9910
Residuales	52.00110	6	8.666850		
Total (Corregido)	54.43980	11			

Todos los coeficientes-F están basados en el error residual de la media cuadrada.

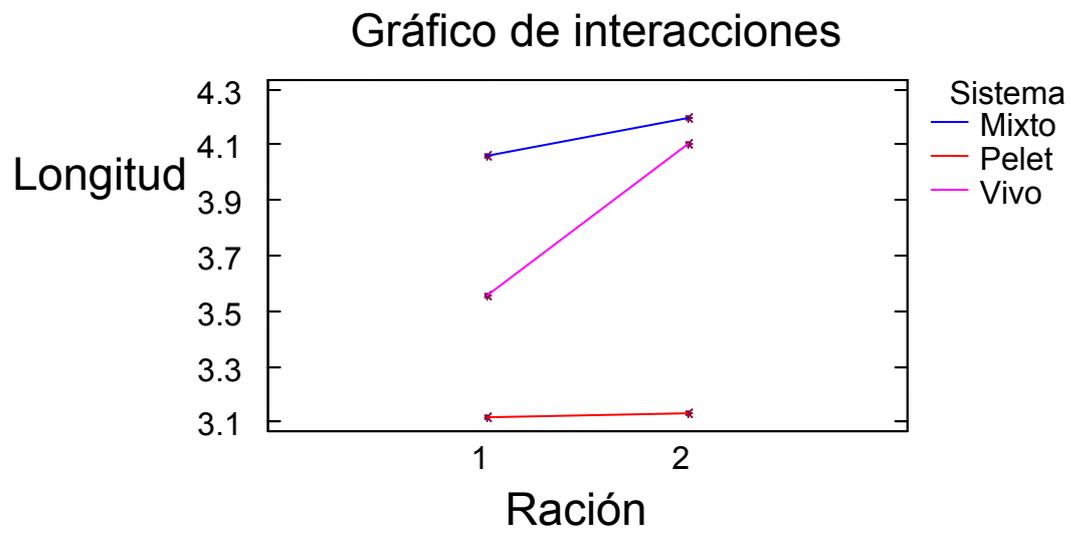


Figura 28. Gráfico de interacciones entre longitudes finales de las unidades experimentales sometidas a 1 y 2 raciones diarias.

DISCUSIÓN

1. Parámetros fisicoquímicos, temperatura del agua, Oxígeno Disuelto y pH

La temperatura del agua se mantuvo en un intervalo casi constante, con un pequeño aumento gradual de 4.4 °C, el cual se debió a la temporada del año, reflejado por el incremento del fotoperiodo, que elevó a su vez la temperatura ambiental y por consecuencia de los procesos termodinámicos, la temperatura del agua de los sistemas (cuadro 2, figuras 2 a 4). Si bien, una elevación de la temperatura del agua incide en una disminución del oxígeno disuelto, al aumentar la presión de vapor para ese gas, en términos generales los niveles de O₂ disuelto en el agua, oscilaron alrededor del nivel de saturación según las condiciones ambientales (6.8 mg/L), lo cual se logró con la aireación constante con que contaban los sistemas experimentales. De igual forma, los registros de pH fluctuaron en valores característicos a aguas ligeramente alcalinas, condición de aguas con eficiente sistema de amortiguamiento (De la Lanza, 1990; Arredondo y Ponce, 1998).

La calidad del agua en todo se ajustó a los registros de Limon y Lind (1989), obtenidos para otras especies del género en el lago de Chapala y Pátzcuaro Jalisco y Michoacán respectivamente. Los intervalos tanto de Oxígeno disuelto y alcalinidad obtenida, se ubicaron dentro de lo recomendado por Blancas (2002), y Blancas y colaboradores (2003), quienes cultivaron también a *Chirostoma*.

Temperatura ambiental y Fotoperiodo

La temperatura ambiental mostró una tendencia a aumentar gradualmente, lo cual está íntimamente relacionado con la duración del fotoperiodo, que fue de enero a mayo, según los registros para la Ciudad de México obtenidos en la [página web CAN Servicio Meteorológico Nacional smn.cna.gob.mx](http://smn.cna.gob.mx),

Por tratarse de la misma Cuenca Hidrológica, el tipo de clima y los regímenes de temperatura ambiental y temperatura del agua, en el experimento, coincidieron con los de los del sitio de donde son originarios estos peces.

El fotoperiodo varió a lo largo del estudio, con una tendencia a aumentar, debido a la época del año, que es cuando los días tienden a hacerse más largos y las noches más cortas a medida que se acerca el verano, esto es debido la inclinación de la tierra al girar sobre su eje durante su recorrido de la órbita de traslación, (Vivó, 1987).

Este aumento en la cantidad de luz influyó en el comportamiento reproductivo de los peces, ya que a los 7 meses de edad (28 semanas) se observó madurez sexual, coincidiendo con las referencias en cuanto a la temporada reproductiva, dicho periodo reproductivo abarca principalmente primavera y verano, aunque pueden encontrarse organismos sexualmente maduros todo el año (Paulo-Maya, 2000; Sánchez, 2008).

2. Evaluación de la aceptación y habituación del charal *C. jordani* a una dieta basada en alimento peletizado.

Como se mencionó anteriormente, *C. jordani* es un pez zooplantófago, que está habituado a capturar su propio alimento, y siente predilección por las presas coloridas y móviles, y aunque puede aprovechar otros alimentos para complementar su dieta, la base de esta es el zooplancton (Sánchez, 1995; Arroyo *et al.*, 1998; Paulo-Maya, 2000).

Esto influyó notablemente en la aceptación del alimento peletizado por parte de *C. jordani*, ya que como puede apreciarse en la parte de resultados, la dieta a base de alimento peletizado fue la menos aceptada de las tres, los porcentajes de consumo fueron siempre los menores. Sánchez recientemente (2008), menciona la inclusión del alimento balanceado en esta especie, pero no informa nada del grado de aceptación.

Tanto la cantidad de alimento consumido por cardumen, el porcentaje de este respecto a los otros sistemas, así como los pesos y longitudes promedios alcanzados por cada sistema están íntimamente relacionados y presentan la misma dinámica: un relación inferior respecto a las unidades experimentales donde se ensayaron las dietas que contenían de alguna manera alimento vivo.

Al iniciar el estudio, todos los peces presentaron pesos y longitudes similares, sin embargo, empezaron gradualmente a mostrar diferencias, estas fueron independientes de la cantidad de alimento suministrado, ésta con base en el peso total del cardumen; lo cual se evidencia por los restos extraídos de alimento peletizado sin haber sido consumido, dicho comportamiento ocurrió en ambas tallas tróficas y tanto en los sistemas tratados con 1 ración como con 2 raciones diarias. Por otro lado, el porcentaje de alimento peletizado consumido respecto a los porcentajes de alimento vivo y mixto consumidos siempre fue menor.

Este comportamiento del consumo de alimento, puede deberse a que el género *Chirostoma*, está habituado instintivamente a consumir alimento vivo, por ser un organismo depredador, lo cual se aprecia en su morfología (Rodríguez y Granado, 1988; Meza y Figueroa, 2002; Navarrete *et al*, 1995), y no un organismo detritívoro, Nava *et al*, (2003) reportan que especímenes adultos de *C. jordani* capturados en los canales de Xochimilco, ocasionalmente consumieron alimento peletizado, y prefirieron alimento vivo. Este proceso de domesticación, incluye la acción de “habituarlos”, en virtud de que los organismos adultos reproductores enfocaban su atención primordialmente en los fragmentos de alimento peletizado a los cuales el movimiento del agua imprimía una trayectoria horizontal, más que a los que caían en forma vertical, este movimiento horizontal probablemente es más atractivo para los charales, que lo relacionan con el movimiento de las presas, mientras que el movimiento vertical lo relacionan con detritus. Dichas observaciones fueron corroboradas por Sánchez (2008).

En el presente estudio, un lote experimental fue expuesto desde temprana edad (2 meses) al alimento peletizado, y esta exposición lo hizo más susceptible a ser consumido, por lo cual mostraron una mayor aceptación en comparación a los adultos capturados en su ambiente natural, según lo reportan Nava *et al*, (2003).

Se conoce que muchos peces, se sirven de gran variedad de alimentos, y ciertas especies pueden especializarse hasta cierto grado si su alimento natural está a su alcance en suficiente cantidad; pero en caso contrario, si escasea, escogen otros alimentos con más facilidad que los tetrápodos, (Cockrum y McCauley, 1967).

Lo anterior sugiere que en esta especie, el alimento peletizado al no resultar lo suficientemente “atractivo” (por su mínimo movimiento”, su consumo fue mínimo, pero los charales se vieron forzados al aceptarlo, por la falta de alimento vivo disponible.

Este fenómeno, es indicativo de las posibilidades que ofrece el alimento peletizado para la alimentación y crecimiento de las crías, una vez que estas se han adaptado a él, y los mejores resultados que ofrece su combinación con alimento vivo.

3. Determinación de la aceptación del charal *C. jordani* a un nuevo grupo trófico: la *Artemia* sp.

Debido a que el charal *C. jordani* es un organismo zooplantófago, basa su dieta en presas móviles, por lo tanto al implementar la dieta basada en nauplius de artemia para la 1ª talla trófica y adultos de artemia para la 2ª talla trófica, se logró una aceptación positiva a este nuevo grupo trófico, lo anterior caracterizado, por la frecuencia de depredación observada (figura 11 y cuadros 12 y 13).

La artemia presenta un movimiento activo, pausado y errático; lo que la hace muy atractiva para el charal *C. jordani*, además de presentar una coloración en la parte dorsal, que va de los tonos rojos a azules. La larva nauplius, por su tamaño, forma y modo de natación, no difiere grandemente de otros organismos que forman parte del zooplancton, y puede ser digerida fácilmente debido a sus pequeñas dimensiones. Lo anterior, refuerza el atractivo, ya que como se recordará, *C. jordani* prefiere las presas coloridas. Sin embargo, el tamaño de la artemia adulta si representa en ocasiones un problema para *C. jordani*, ya que la posibilidad de depredar a *Artemia* depende de la abertura de la mandíbula, y en el caso de los peces de 4 a 7 meses, esta no está completamente desarrollada.

Por esta razón, capturan a las artemias de menor talla, ayudados por el mecanismo succionador de su faringe que los ayuda a capturar presas enteras e ingerirlas; este hecho ha podido ser comprobado al encontrar organismos zooplanctónicos enteros dentro del contenido estomacal de *C. jordani* (Meza y Figueroa, 2002).

La aportación proteica de *Artemia* (65%) es superior a la de *Daphnia* (46%), lo cual debe contribuir a un mayor crecimiento, siempre y cuando el tamaño de los adultos no sea excesivo, lo cual puede ser controlado mediante un tamizado correspondiente a la apertura bucal de *C. jordani*, la cual es proporcional a la longitud patrón promedio de los organismos. Finalmente, este nuevo grupo trófico, es factible de ser cultivado y así disminuir los costos de inversión, además de tener la facultad de ser utilizado como bioencapsulador (Castro *et al.*, 2002a).

4. Bioindicadores de producción: (Tasa de crecimiento absoluta (TCA), Tasa de crecimiento específica (TCE), Factor de conversión aparente del alimento (FCA) y Cociente de eficiencia de proteína (CEP)).

a) Tasa de crecimiento absoluto (TCA)

Primera talla trófica

Al inicio del estudio, los organismos en todos los sistemas inician con peso y una longitud similares. Existió similitud en la aceptación a las diferentes dietas, caracterizado por un consumo inicial semejante, lo cual se reflejó en valores semejantes de la tasa de crecimiento absoluto. Sin embargo, a partir de la 13^a semana de vida, la TCA se incrementa notablemente tanto en los sistemas de una como con 2 raciones diarias. Lo anterior refleja la conducta alimentaria de esta especie, al seleccionar el alimento vivo preferentemente lo cual motivó una crecimiento más rápido (figura 12).

El hecho de que los sistemas tratados con alimento vivo y mixto mostraran un comportamiento similar se debió indudablemente al grupo trófico zooplanctónico, el cual permitió al principio una mayor tasa de crecimiento.

Es de hacer notar que en lo sucesivo, en casi todos los sistemas de ambas raciones alimentarias, el crecimiento es mayor con el alimento mixto que con el alimento vivo. Lo anterior probablemente se deba, al papel del alimento peletizado como alimento complementario, caracterizado por el aporte de cantidad de proteína extra (cuadros 26 y 27).

Segunda talla trófica.

En el segundo experimento, la dieta suministrada a los sistemas de estudio cambió, aportando esta vez pulgas de agua y artemias adultas. El efecto de este cambio en la dieta puede notarse en las tasas de crecimiento absoluto de las semanas 16-18 de vida, donde la TCA es muy similar para las 3 dietas, con 1 y 2 raciones diarias (estadísticamente no significativos).

A partir de la semana 18 de vida, los cambios en la TCA son notables. Sin embargo, se pueden notar dos hechos interesantes 1) Aparentemente los organismos alimentados con alimento peletizado, han iniciado el proceso de aceptación de este nuevo grupo alimentario, lo cual provoca que sus valores de TCA se equiparen a los del alimento vivo; recordando que el alimento artificial posee un elevado nivel de asimilación. Sin embargo, la aceptación del alimento peletizado sigue siendo menor al de las otras dos dietas, como puede verse en la parte de porcentaje de alimento consumido. 2) Los valores de TCA alcanzados con el alimento mixto superan a los otros dos sistemas, esto se debe nuevamente al hecho de que el alimento peletizado funciona como complemento alimenticio del alimento vivo, mejorando sus tasas de asimilación y por tanto de crecimiento. Luna-Figueroa y Figueroa (2002); García *et al.* (2002); Graeff *et al.* (2003) y Luna-Figueroa (2003) mencionan que los alevines presentan una mayor tasa de crecimiento y menor mortalidad cuando se usa alimento vivo en lugar de alimento peletizado, sin embargo, en sus estudios no usan combinaciones de alimento vivo-pelet, sino estos componentes aislados.

Para la última semana de estudio los valores de TCA fueron muy similares. Al respecto, la observación de que iniciaba en esos momentos la actividad reproductiva de éstos peces, lo que coincide con lo informado por Sánchez (2008). Algunas de las hembras inician con su actividad de desove y por lo tanto dejan de crecer y la TCA disminuye, observado lo anterior en los sistemas de alimento mixto. Blancas (2007), informa que en hembras del género *Chirostoma*, disminuyen sus pesos corporales con su actividad de ovo-depositación. Un indicativo de que los atherinopsidos en cultivo, se encuentran en estado nutricional óptimo es sin duda, el hecho de que alcanzan su madurez sexual (Blancas, 2002), lo que ocurrió en los sistemas experimentales de alimentación mixta; de lo cual se deduce que la estrategia alimentaria adecuada para esta especie en cultivo, es la combinación de alimento vivo y peletizado.

b) Tasa de crecimiento específico (TCE)

primera talla trófica.

La Tasa de crecimiento específica se mide en % de crecimiento/semana, los valores de la TCE para la primera talla trófica presentan un comportamiento muy semejante a los de la TCA, por ser una expresión diferente de los mismos datos, sin embargo, la cantidad de alimento asimilado al principio, en relación con el peso de los organismos, motiva que el porcentaje sea mayor al principio que en las semanas sucesivas.

Este mayor porcentaje de crecimiento se debe a que evolutivamente, los alevines que ganan mayor peso y longitud en sus primeras etapas de vida tienen mejores posibilidades de sobrevivir en su ambiente natural y llegar a la etapa adulta, ya que entre más grande es un pez, mayor es la dificultad para deglutirlo y mayor es la velocidad de escape que puede desarrollar (Weatherley y Gill, 1987).

La razón de que en la 13^a semana de vida, los sistemas tratados con alimento vivo y mixto presentaran un mayor porcentaje de crecimiento, se debió al mayor aporte de nutrimentos por el componente vivo y el efecto suplementario atribuido al alimento peletizado.

Segunda talla trófica.

Durante el experimento b, los organismos de la segunda talla trófica mostraron un crecimiento porcentual más uniforme, tanto en los sistemas tratados con 1 como con 2 raciones diarias, esto se debió a que los organismos ya se habían adaptado a los diferentes tipos de dieta, y pese a que el consumo de alimento peletizado fue menor en todos los casos, su aporte nutricio es significativo, por lo cual las tasas de crecimiento de los organismos alimentados con esta dieta alcanzaron valores de TCE similares a los de las otras dietas.

En los sistemas tratados con una sola ración, este efecto fue aún más notorio, ya que los valores de TCE alcanzados con la dieta a base de alimento peletizado fueron mayores que los registrados con las otras dos dietas, al grado de que el sistema de alimento mixto tuvo los valores menores que en el artificial. Una observación importante es sin duda, la particularidad que tiene la artemia adulta en esta fase, por el hecho de que este grupo trófico no se encuentra disponible por mucho tiempo al morir por diferencia de potencial salino, recordando que son organismos de salinidades superiores a las del cultivo de *Chirostoma*, observándose que la artemia no vive más de 20 minutos en agua con la salinidad del experimento.

c) Factor de Conversión Aparente del alimento (FCA).

Primera talla trófica.

Los valores del factor de conversión de alimento, que se mide como la fracción de alimento convertido en peso corporal, tuvieron un comportamiento muy irregular, sin un patrón definido, como resultado del consumo irregular de alimento. Por un lado, el uso de una presa de ambientes salinos como en este caso la artemia (nauplios), ofrece la desventaja inmediata de no soportar por tiempos prolongados los ambientes dulceacuícolas, propios de los sistemas experimentales, y por ende la subsecuente muerte rápida y ya no representar alimento disponible. Por otra parte, Arredondo y Lozano (2003), mencionan que la accesibilidad del alimento, interviene en la lenta adaptabilidad de los organismos a los nuevos alimentos como el alimento artificial y artemia.

Cabe mencionar que siendo el incremento en peso menor a la cantidad de alimento consumido, los valores registrados del FCA deben ir de 0 – 1, los momentos en que alguno de estos datos fue levemente rebasado, podrían deberse a heces no eliminadas, lo cual rebasaría por centésimas el valor de 1, como ocurrió en los hechos. Cortés *et al.* (2003), mencionan que una dieta inestable, favorece la falta de crecimiento y la pérdida de nutrimentos. Lo anterior podría respaldar los hallazgos encontrados en esta investigación, que

expliquen la baja conversión a dietas con elementos nutricionales ajenos a una especie.

Segunda talla trófica.

Los valores registrados de FCA por los sistemas de la 2ª talla trófica muestran una completa concordancia con la TCA y la TCE, los peces de los sistemas tratados con alimento peletizado obtuvieron una mejor asimilación del mismo, pese a haber mostrado un consumo menor que con las otras dos dietas, esto provocó que los valores del FCA fueran muy similares entre si, en todas las dietas.

El valor más alto de FCA registrado en la semana 22, coincidió con la talla mínima reproductiva registrada para la especie, (Nava et al, 2003; Olvera-Blanco, 2004; Paulo-Maya, 2000), lo cual indica la preparación de los organismos para la reproducción, la cual se inició en la semana 28 de vida. Por tal motivo, los bioindicadores de producción (entre ellos el FCA), se vieron afectados, y por esa razón se concluyó el estudio, para que este fenómeno no afectara los resultados.

d) Cociente de Eficiencia de Proteína (CEP).

Primera talla trófica.

Los valores registrados para el CEP, que se miden como la fracción de proteína convertida en peso corporal, presentan un comportamiento muy similar al del FCA. Sin embargo, es de hacer notar, que siendo mayor el incremento en peso a la cantidad de proteína consumida, los valores registrados superan el valor de 1. La cantidad de nuevo tejido no puede ser superior a la cantidad de proteína, este peso extra podría ser atribuido al contenido de grasa ingerido, ya que el alimento peletizado contiene un 10% de grasa, así como a los carbohidratos consumidos con el mismo, lo cual se constata porque los sistemas tratados con alimento vivo, registraron los valores menores.

Segunda talla trófica.

Durante el experimento b, el comportamiento del CEP tanto en los sistemas tratados con 1 ración diaria como en los tratados con 2 raciones diarias, mostró que los peces alimentados con la dieta a base de alimento peletizado presentaron los máximos valores registrados, superando a los sistemas tratados con las dietas a base de alimento vivo y mixto, estos altos valores se debieron a una mejor asimilación del contenido proteico, así como del contenido de grasa (10%) carbohidratos y vitaminas. Al respecto Suárez (1997), al evaluar bromatológicamente la base zooplanctófaga consumida por el *Chirostoma humboldtianum* en talla trófica menor a 7 cm, destaca una composición de: 30 % de proteína cruda, 26.9% de carbohidratos, 22% de grasa cruda, 7.7 % de fibra cruda y 12.9 % de minerales activos. Esta composición correspondiente principalmente a pulga de agua. Lo anterior explica ampliamente el por que mayor rendimiento de CEP y FCA en el alimento peletizado comparado con una dieta de alimento vivo de zooplancton.

El alimento peletizado suministrado es un preiniciador, que promueve un gran crecimiento en las primeras etapas de vida, para alcanzar la talla comercial en el menor tiempo posible, en alimentos diseñados para edades posteriores, el contenido de proteína disminuye a 40% y 30%, este hecho influyó de manera notable en que la tasa de asimilación de los nutrimentos fuera muy alta, a pesar del menor consumo registrado en comparación a las dietas que contenían alimento vivo.

e) Sobrevivencia

Los índices de mortalidad tuvieron dos causas principales. 1) el manejo: a los organismos de la primera talla trófica se les tomaron los datos biométricos semanalmente, esto representó mucho estrés para los organismos, que mostraron un cambio en la tonalidad del cuerpo, y una mayor mortalidad ocurrida después del manejo de los peces. Estas observaciones, ya han sido reportadas por Blancas (2002), cuando manejó organismos del mismo género.

Los organismos de la segunda talla trófica, al manipularlos quincenalmente al tomar sus datos biométricos, reflejaron este efecto al obtener una mayor sobrevivencia, la cual fue motivada por un menor estrés, lo cual se pudo constatar por un menor ennegrecimiento del cuerpo. La sintomatología de estrés mostrada por el color oscuro en estos peces muestra frecuentemente una falta de oxigenación en la sangre (Blancas, 2002; Nava *et al*, 2003). La mortalidad en el estudio a no rebasó el 28% y en el estudio b no rebasó el 10%

2) La alimentación: los sistemas tratados con alimento vivo y mixto presentaron una mortalidad menor que los sistemas tratados con alimento peletizado, esto indica que a pesar de que los valores de FCA y CEP son mayores con este último alimento, no aporta todos los nutrimentos o factores necesarios para la sobrevivencia de los peces en las etapas más críticas de su vida.

La frecuencia alimentaria también incide en la sobrevivencia, al estar mejor alimentado un charal, puede soportar mejor el estrés y las enfermedades, por lo cual, sus probabilidades de llegar a la etapa reproductiva son mayores. El efecto diferencial entre los tratamientos se relaciona con el hecho de que, a una mayor frecuencia de alimentación, se incrementan las posibilidades de adquirir los nutrimentos indispensables para el desarrollo óptimo, esto coincide con lo encontrado por Cortés *et al.*(2003), al trabajar con diferentes frecuencias alimentarias.

f) Pesos y longitudes finales.

A pesar de que las tasas de conversión de alimento (FCA) y el cociente de eficiencia de proteína (CEP) fueron mayores en los sistemas tratados con alimento peletizado, los mayores pesos y longitudes registrados se alcanzaron con la dieta a base de alimento mixto. Esto indica que el alimento peletizado tiene un alto potencial para hacer crecer rápido a los alevines, sin embargo, por si mismo no es la mejor opción para lograr el mejor crecimiento, esto podría deberse a dos circunstancias: la primera que al aportar altos contenidos de proteína, carbohidratos y grasas, carece de los otros elementos necesarios para la creación de nuevos tejidos y la segunda, que la falta de movimiento de

este alimento artificial lo hizo menos apetecible, lo anterior observado por la cantidad de alimento consumido. A diferencia, el alimento vivo es más aceptado, por su coloración y su movimiento errático, que lo hace más atractivo para los peces, mientras que el alimento peletizado, el cual está programado conductualmente para capturar presas vivas.

Con la combinación de alimento peletizado y vivo, por otra parte, se alcanzan los mayores pesos y longitudes en todos los sistemas, en ambas tallas tróficas, ya que como se discutió anteriormente, el alimento vivo aporta la mayor parte de los nutrimentos, al ser el alimento de mayor consumo, por ser más atractivo, mientras que el alimento peletizado funciona como complemento alimenticio, enriqueciendo el contenido nutricional de la dieta del pez.

El alimento vivo, por su parte, alcanzó los valores medios en todos los sistemas, ya que es definitivamente mucho más atractivo que el alimento peletizado, y por sus características nutricionales propias de esta dieta zooplanctófaga reportada por Suárez (2003).

5. Evaluación del efecto de dos frecuencias alimentarias a través de sus tasas de crecimiento.

Los mayores pesos y longitudes fueron alcanzados suministrando dos raciones diarias, pese a que la cantidad suministrada fue similar y proporcional al peso total del cardumen, la cantidad de alimento disponible a lo largo del día fue diferente, esto se debió a que el zooplancton, en este caso representado por *Daphnia pulex* y *Artemia franciscana*, y ésta última es muy susceptible a los cambios de salinidad, y temperatura (Vázquez y Villalobos, 1987) y no se adapta bien a los niveles de salinidad del presente estudio (8 ‰), por lo cual su permanencia dentro de los sistemas no es muy prolongada en el tiempo, y al morir, sus cuerpos pasan a formar parte de los sedimentos. Al alimentar a los peces con 1 sola ración y cuando su tracto digestivo está lleno, dado que carecen de estómago para almacenar más comida, cesan de alimentarse,

estos peces carecen de un estómago definido, lo cual reduce la capacidad de capturar presas (y aunque queda parte del zooplancton vivo en el agua de los sistemas, con posibilidades de ser consumido posteriormente, este muere y se sedimenta, con lo cual ya no puede ser consumido). El tubo digestivo de *C. jordani* se inicia en una faringe cuya primera porción tiene una función gustativa y enseguida una sección digestiva, con pequeños dientes viliformes; no existe una porción histológicamente diferenciada como estómago (falta de estómago verdadero), y enseguida se continua en un intestino corto, donde tampoco puede distinguirse la presencia de una válvula intestinal que diferencie a la zona rectal (Portilla, 1984).

Las propiedades digestivas y absorptivas del canal alimentario de los peces son muy importantes para determinar el grado de digestión de raciones diarias, esta concierne al rompimiento de proteínas, carbohidratos y lípidos por la acción de enzimas en moléculas más pequeñas, las cuales pueden ser absorbidas y asimiladas, (Weatherley y Gill, 1987). Resultaría importante estudiar la capacidad digestiva de los charales, para poder explicar la forma de asimilar los diferentes grupos tróficos naturales y artificiales en su cultivo.

Al ser alimentados mediante 2 raciones diarias, los peces pueden consumir el alimento y obtener los nutrimentos de forma mas continua y así elevar la eficiencia de alimentación, nutrición y sobre todo reflejado en el incremento en pelo y talla.

En el caso del alimento peletizado, al ser inerte, una vez que absorbe agua, se hunde y sedimenta, por lo cual ya no es atractivo para el charal *C. jordani*, que es depredador y no detritívoro, el pelet que no es consumido en un primer momento queda sin ser consumido posteriormente. En tanto, al alimentar a los peces con 2 raciones diarias, tienen doble oportunidad de consumir alimento y por tanto asimilarlo para transformarlo en tejido corporal. Como lo menciona Cortés *et al.* (2003), las formulaciones de alimento artificial de buena calidad, pueden dar pobres resultados, si el manejo de las mismas es

inadecuado, teniendo en cuenta la cantidad, frecuencia y método de alimentación empleado.

Finalmente, estudios como los de Graeff y Mondardo (2002) y Cortés *et al.* (2003), indican que una mayor cantidad de raciones diarias de alimentación en carpas y langostas de río respectivamente, tiene un efecto directo en el crecimiento de estos organismos, lo cual podría extrapolarse también a *C. jordani*.

6. Evaluación de la rentabilidad económica de cada tipo de dieta para el cultivo del charal *C. jordani*.

El alimento peletizado es muy económico, en comparación con el alimento vivo, el alimento más caro resultó ser *Artemia franciscana* rebasando los \$ 3,000.⁰⁰ por kilogramo, mientras que *Daphnia pulex* rondó los \$110.⁰⁰ esto hace muy cara la producción del charal comprando el alimento vivo, y a todas luces impráctica, incosteable y no redituable con esta estrategia. Sin embargo, podrían diseñarse estrategias de producción masiva barata de alimento vivo para reducir los costos, para lo cual existe ya suficiente información (Castro *et al.*, 2002; Saiz y Blanco, 1999; Watson , 2001).

Una alternativa sería prescindir del alimento más caro, que es *A. franciscana*, esto reduce con mucho los costos de producción. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que el alimento que fue usado fue en este estudio fue adquirido en locales comerciales dedicados a la venta al menudeo.

Sin lugar a dudas, la inclusión de alimento artificial de alto rendimiento y la adecuada estrategia de alimentación reducirán aún más los costos de esta importante especie nativa de nuestra pesquería Nacional.

7. Análisis estadístico.

El análisis estadístico por la prueba de análisis de varianza (ANDEVA) muestra que no existen diferencias significativas entre las medias de los valores del peso promedio semanal de la especie *C. jordani*. Sin embargo, los datos gráficos de los bioindicadores de producción indican que si existen diferencias entre las dietas y entre la cantidad de raciones de alimento suministradas a los organismos de los diferentes sistemas de experimentación. Esta falta de diferencias significativas entre las medias podría deberse a la pequeña población de estudio en cada sistema, que no supero los 25 individuos en el experimento a y los 20 individuos en el experimento b, al realizar análisis estadísticos se recomienda usar una población grande, ya que de lo contrario, la desviación estándar es muy grande, y por tanto, las medias pueden parecer muy semejantes (Salgado *et al*, 2005).

Si bien los análisis estadísticos no coinciden con lo mostrado en los resultados gráficos, los procesos de crecimiento en esta especie muestran una conducta trófica no selectiva, pero orientada preferentemente a alimentos coloridos y con movimiento errático, y cuyo crecimiento puede ser condicionado por el tipo y cantidad de alimento suministrado.

CONCLUSIONES

- El charal de Xochimilco *C. jordani* puede consumir nuevos grupos tróficos, esto implica hábitos alimenticios no selectivos, aunque puede mostrar preferencia por alguno de ellos en base a sus características de coloración, su movimiento atractivo y sus dimensiones.
- *C. jordani* puede habituarse a consumir alimento peletizado, aunque con aceptación menor respecto al alimento vivo.
- El alimento peletizado presenta altas tasas de conversión de alimento y proteína, superiores a las del alimento vivo, sin embargo, su menor aceptación no lo convierte en la mejor opción como alimento único.
- *C. jordani* acepta a *Artemia franciscana* como nuevo grupo trófico. Sin embargo, esta aceptación depende de las dimensiones de la presa: en su etapa de nauplius es muy bien aceptado, en su etapa adulta solo las presas más pequeñas son seleccionados por el charal *C. jordani*.
- La combinación de alimento vivo y alimento peletizado consigue el máximo crecimiento, el alimento vivo un crecimiento promedio y el alimento peletizado solo, el menor crecimiento.
- El alimento peletizado tiene un efecto de complemento alimenticio cuando se combina con alimento vivo, por lo cual se recomienda su uso para alcanzar la mayor productividad.
- El suministro de 2 raciones diarias de alimento, tiene un efecto mayor en el crecimiento que el suministro de una sola ración diaria, por tanto la estrategia de alimentación deberá incluir dos o más raciones diarias.
- Mientras que el alimento peletizado es económicamente accesible, el alimento vivo comprado resulta ser menos rentable, una alternativa podría ser el cultivo de este alimento vivo dentro del mismo plan de reproducción de charal para reducir costos.
- Durante el presente estudio se determinó que *C. jordani* logra habituarse a nuevos grupos tróficos, lo cual tiene un efecto sobre el crecimiento del charal; se determinó que una mayor tasa de asimilación de un alimento no es sinónimo de mayor crecimiento, ya que este depende de la mayor o menor aceptación hacia dicho alimento y por tanto de su consumo. Las raciones diarias al determinar una mayor disponibilidad de alimento, se reflejarán en un incremento en el aprovechamiento del mismo.

RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis en excretas del porcentaje de alimento consumido regularmente por dietas.
- Efectuar estudios sobre el efecto del alimento peletizado en la reproducción de *C. jordani*.
- Efectuar estudios acerca del diseño o elaboración de alimento peletizado más atractivo para el charal mediante la experimentación con colores, formas y/o filamentos que semejen artejos.
- Evaluar el grado de aceptación de artemia u otros tipos de alimento vivo.
- Efectuar estudios sobre el modo de enriquecer a los componentes del alimento vivo.

BIBLIOGRAFÍA

- *Álvarez del Villar, J. 1970. Peces mexicanos (claves). Instituto Nacional de Investigación Biológica Pesquera. Serie de Investigación Pesquera. México D. F. 62 p.
- *Álvarez del Villar, J. y Navarro. L. 1957. Los peces del Valle de México. Secretaría de Marina, Instituto Nacional de Pesca e Industrias Conexas. México, D. F. pp. 3-22.
- *Arredondo F. J. L. y Lozano G. S. D. 2003. *La acuicultura en México*. Departamento de Hidrobiología. Universidad Autónoma Metropolitana, México. D. F. 266 p.
- *Arredondo, F. J. L. y Ponce, P. J. T. 1998. *Calidad del agua en acuicultura*. Conceptos y aplicaciones. AGT Editor, S. A. México. D. F. 222 p.
- *Arroyo H. V., Garibay V. A. F., Martínez D. C., Rodríguez M. D. R., Saldívar H. S. y Contreras R. G., 1998, Selección Alimenticia del Charal (*Chirostoma jordanii*) en el Embalse la Goleta, Edo. De México, México. Resúmenes de las Memorias de la Primera Reunión Nacional Sobre Pequeños Embalses. México D. F. Pp 28.
- *Barbour, C. D., 1973a. A biogeographical history of *Chirostoma* (Pisces: Atherinidae), A Species Flock the Mexican Plateau. *Copeia* 3:533-556.
- *Barbour, C. D. 1973b. The systematics and evolution of the genus *Chirostoma* Swainson. *Tulane Studies in Zoology and Botany*, 18 (3):97 – 141.
- *Barriga-Sosa, I. D. L. A., 2002. Morphological and genetic variation on seven species of the endangered *Chirostoma* “*humboldtianum* species group” (Atheriniformes: Atherinopsidae). Tesis Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. México, 199 p.
- *Barriga - Sosa, I. D. L. A. Ibáñez-Aguirre, A. I., Arredondo-Figueroa, J. L., 2003. La importancia de los estudios de genética molecular en el genero *Chirostoma*. Laboratorio de Genética. Planta Experimental de Producción Acuícola Departamento de Hidrobiología. División de CBS. UAM-I. 5 p.
- *Blancas, A. G. A., 2002, Efecto de los ciclos estacionales artificialmente comprimidos (temperatura y fotoperiodo), en el desarrollo gonádico del pez blanco (*Chirostoma humboldtianum* Valenciennes, 1835) (Pisces: Atherinopsidae), Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa, México, 85 p.
- *Blancas, A. G. A. 2007. Desarrollo ovárico y su relación con los niveles hormonales circulantes de 17β -estradiol y 17α -hidroxiprogesterona durante el

primer ciclo reproductivo en hembras de pez blanco, *Chirostoma humboldtianum* Valenciennes 1835. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma Metropolitana, México, 170 p.

*Blancas A. G. A., Figueroa L. G., Arredondo F. J. L., 2003 Primeras experiencias sobre el manejo de reproductores de pez blanco (*Chirostoma humboldtianum* Valenciennes, 1835) bajo condiciones controladas. Congreso Iberoamericano de Acuicultura. Civa 2003. <http://www/civa2003.org>.

*Blancas A. G. A., Figueroa L. G., Barriga-Sosa I. A., Arredondo F. J. L., 2004. Effects of an artificial photothermal cycle on the reproduction of the shortfin silverside, *Chirostoma humboldtianum*, Valenciennes, 1835 (Pisces: Atherinopsidae). *Aquaculture*. 241:575-585. doi: 10.1016/j.aquaculture.2004.08.014.

*Castro-Aguirre J. L. y H. Espinosa-Pérez. 2006. Los peces de la familia Atherinopsidae (Teleostei: Atheriniformes) de las lagunas costeras neutras e hipersalinas de México. *Hidrobiológica* 16 (1): 89-101.

*Castro, B. T., Castro, M. J., Castro, M. G., Malpica, S. A. y De Lara, A. R. 2002a. Manejo del Recurso *Artemia* para la Acuicultura. Primer Congreso Internacional "Ecología y Procesos Productivos". Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. México, D.F. pp.10-11 Octubre 2002.

*Castro, B. T., Malpica S. A., Sandoval H., Castro M. J., Castro M. G. y De Lara A. R.. 2002b. Composición del contenido de ácidos grasos en tres poblaciones mexicanas de *Artemia franciscana* (Kellog, 1906) de aguas epicontinentales. Aquamar Internacional. 6th Latin American Conference and Exposition. Cancún, Quintana Roo, México. 3-6 de septiembre 2002.

*CNA, 2008 Servicio Meteorológico Nacional smn.cna.gob.mx.

*Cortés J. E., Villareal C. H. Y Rendón R. M. 2003. Effect of feeding frequency on growth and survival of juvenile crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) (Decapoda-Parastacidae). *Hidrobiológica*, 13(2): 151-158.

*Chamberlain, G. W. 1996. Investigaciones de frontera en nutrición acuícola. pp 27-43. In: Mendoza, R., Cruz, S. E. y Ricque, M. D. (Editores.). *Memorias del segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, Monterrey, 7-9 Noviembre, 1994, Monterrey Nuevo León. México.

*Cházaro, O. S. 1989. Estudio sobre algunos aspectos de la biología del charal *Chirostoma jordanii* en el embalse Trinidad Favela, Estado. De México. Tesis de Licenciatura. E.N.E.P. Iztacala. U.N.A.M. México. 78 p.

*Cockrum L. y McCauley J. W., 1967, 1ª ed. Nueva Editorial Interamericana, México D.F., 713 pp.

*Cruz S. L.E., Ricque M. D., Tapia S. M., Guajardo B. C., Leonard O., Velasco E. M., Carrasco A., 2002, Water stability and texture of shrimp pellets feeds formulated with natural and synthetic binders Global Acuacultura Advocate, October, 44-45.

*De Buen, F. 1945. Investigaciones sobre Ictiología Mexicana. An. Inst. Biol. UNAM. México D. F: XIV: pp. 475-532.

*De la Lanza, G. 1990. Algunos conceptos sobre Hidrobiología y Calidad del agua. In: *La acuacultura en México de los conceptos a la producción*. Inst. Biol. UNAM, México. Pp. 181-199.

*Dyer, B. S. y Chernoff, B. 1996. Phylogenetic relationships among atheriniform fishes (Teleostei: Atherinomorpha). *Zoological Journal of the Linnean Society*. 117:1-68.

*Escalera G. C. y Moncayo M. E., 1982, Análisis Trófico de *Chirostoma jordani* (Woolman, 1894) en el Embalse Requena del Estado de Hidalgo. Resúmenes del VI Congreso Nacional de Zoología, Mazatlán, Sinaloa.

*Escalera G. C. y Moncayo E. R. 2003 Hábitos Alimentarios de los Charales de lago de Chapala, México. en Mem. 1° Reunión Nacional de Atherinopsidos, UAM-I, 6-7 Nov. 2003, p. 10.

*Espinosa, P. H., M. P. Gaspar y P. Fuentes. 1993. Listados faunísticos de México. III. Los peces dulceacuícolas mexicanos. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D. F. 99 p.

*Figueroa L. G., Meza G. O. R., Hernández R. M. C., Castro B. T., Barriga Sosa I. D. L. A., Rodríguez C. A., Arredondo F. J. L., 2003 Crecimiento y sobrevivencia de larvas del Charal del Alto Lerma *Chirostoma riojai* (Solórzano y López, 1965) (Atheriniformes: Atherinopsidae) en condiciones de laboratorio CIVA 2003 <http://www.civa2003.org>, 927-935.

*Figueroa L., G., Hernández R. M. C., Meza G. O., José Luis Arredondo F. J. L., Castro B. T. and Barriga-Sosa I D. L. A.. 2004. Effect of the type of food on the growth and survival of the charal from the high Lerma *Chirostoma riojai* Solórzano y López, 1965 (Atheriniformes: Atherinopsidae) during early development. *Journal of Biological Research*, 2: 93-99.

*García L., Bardales F. de M., Mori L., 2002, Influencia de tres tipos de dieta en el crecimiento de alevinos de Paiche (*Arapaima gigas*, Cuvier 1870), <http://www.civa2002.org>, 45-51.

*Gómez, M. J. L. y Ramírez de Arellano D. T., 1982, Contribución al conocimiento de la biología del charal *Chirostoma jordani* en la presa Taxhimay, Estado de México. Tesis de licenciatura. E.N.E.P. Zaragoza. U.N.A.M. México, 48 p.

*Graeff A. y Mondardo S. M., 2002, Variação percentual e freqüência de alimento fornecido no desenvolvimento final de Carpas Comum (*Cyprinus carpio*) em fase de alevino CIVA 2002 <http://www.civa2002.org>, 38-44.

*Graeff A., Mondardo S. M., Nazareno P. E., 2003, Desempenho produtivo de Carpas Comum (*Cyprinus carpio* var. *specularis*) com dietas contendo promotores de crescimento. <http://www.civa2003.org>, 55-65.

*Hernández, J. L. E. 1991. Variación de la dieta en *Chirostoma jordani* (Pises: Atherinidae) y *Yuridia alta* (Pises: Cyprinidae) en la presa Begonias, Guanajuato. México. Tesis Licenciatura, Biología UNAM, México, 63 p.

*Hernández, O. F. 1993. Evaluación de algunos aspectos de alimentación y reproducción del charal *Chirostoma jordani* (Woolman) en el embalse Macua, Estado de México. Tesis de Licenciatura, E.N.E.P. Iztacala. México, 37 p.

*I.N.P., 2004a, Carta Pesquera Nacional, Instituto Nacional de la Pesca. www.sagarpa.inp.gob.mx.

*I.N.P., 2004b, Situación pesquera en el lago de Chapala, Instituto Nacional de la Pesca, www.sagarpa.inp.gob.mx.

*Islas, Y. J., Arana, F. y Pérez. R., 1995. Estudio preliminar sobre la producción en cautiverio de *Chirostoma jordani* Woolman (Pisces: Atherinidae) de la zona lacustre de Xochimilco, D. F. Segundo Seminario Internacional de Investigación de Xochimilco. Asociación Internacional de Investigadores de Xochimilco A.C. pp: 342-345.

*Kerguelén D. E., Sánchez A. I., Atencio G. V. J., 2003, Influencia de la presa en la primera alimentación del Bocachico (*Prochilodus magdalenae* Steindachner, 1878) II Congreso Interamericano Virtual de Acuicultura CIVA 2003 <http://www.civa2003.org>, 295 -302.

*Limon J. G. L. y Lind O. T., 1989, Long and short term variation in the physical and chemical limnology of a lake shallow. Turbid tropical lake (Lake Chapala, México). Archivos Hidrobiológicos/ Supplement, México, 83(1):57-81.

*Luna F. J., 2003, *Pterophyllum scalare* (Pisces:Cichlidae): Influencia de alimento vivo en la reproducción y el crecimiento, CIVA 2003 <http://www.civa2003.org>, 55-65.

*Luna-Figueroa J., Figueroa T. J., 2002, Crecimiento de juveniles de la Mojarra Criolla *Cichlasoma istlanum* (Pisces:Cichlidae): alimento vivo versus alimento comercial). Laboratorio de Acuicultura-CIB, Universidad Autónoma del Estado de Morelos (México) CIVA 2002 <http://www.civa2002.org>, 518-528.

- *Luna F. J., Figueroa T. J., 2003, Crecimiento de juveniles de la mojarra criolla *Ciclasoma istlanum* (Pises: Cichlidae): alimento vivo versus alimento comercial II Congreso Interamericano Virtual de Acuicultura CIVA 2003 <http://www.civa2003.org>, 48-54.
- *Lyons J., González H. G., Soto G. E. y Guzmán A. M., 1998, Decline of Freshwater fishes and fisheries in selected drainages of wet Central Mexico. *Fisheries Management* 23(4):10-18.
- *Mares, B. L. G., Rojas, C. P. M., Barba, T. J. F., Morales, P. J. J., Hernández, Z. N. y Sabanero M. 1998. Supervivencia de larva de pez blanco *Chirostoma estor Jordan*. VI Congreso Nacional de Ictiología. 21 al 24 de octubre, 1998. Tuxpan, Ver. México.
- *Mares, B. L. G., Sabanero M., León M. G. y De Jesús, H. 2001. Domesticación en cautiverio del pez blanco *Chirostoma estor*. Informe Técnico. En: Rojas-Carrillo, P. y Fuentes-Castellano, D. (Editores.). 2003. *Historia y avances del cultivo de pescado blanco. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, México*, D. F. pp.15-27.
- *Martínez P. C. A., Toledo C. M., Racotta D. E., Ríos D. M. C., Fonseca M. J., Campos M. A. y Ross L. G. 2006, Aspectos nutricionales del pescado blanco de Pátzcuaro (*Chirostoma estor estor Jordan*, 1879) en: Avances en Nutrición Acuícola VIII, VIII Simposium Internacional en Nutrición Acuícola. U. A. N. L., Monterrey, México.
- *Meza G. O. R., Benítez F. J. d C., Paredes D. B. M., González V. M. d R. 2002. Descripción histológica del sistema digestivo en larvas de *Chirostoma humboldtianum* en la primera alimentación exógena II Congreso Interamericano Virtual de Acuicultura, CIVA 2002 <http://www.civa2002.org>, 313-322.
- *Meza G. O. R., Figueroa L.G., 2002, *Crecimiento, Supervivencia y Desarrollo mandibular del Pez Blanco Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes) (Atherinidformes: Atherinopsidae), Bajo Condiciones de Laboratorio. (Congreso Interamericano Virtual de Acuicultura 2002 (CIVA 2002) <http://www.civa2002.org>, 606-616.
- *Moncayo E. R., 1996, Estructura y Función de la Comunidad de Peces de la Laguna de Zacapu, Michoacán, México, Tesis de Maestría en Manejo de Recursos Marinos, CICIMAR, México, 172 pp.
- *Montanucci R. R., 1989, Relationship of Morphology and the Diet in the Horned Lizard, *Phrynosoma*. *Herpetológica*, 45: 208-216.
- *Morales, P. J. J., Rojas, C. P. M. y Mares, B. L. G. 2003. Crecimiento y supervivencia de pez blanco en etapa larval con dos tipos de alimento. En: Rojas-Carrillo, P. y Fuentes-Castellano, D. (Editores.). *Historia y avances del*

cultivo de pescado blanco. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, México, D. F. pp.15-27.

*Muñoz N. J. M., Aguilar S. T., Isunza G. P. y Hernández G. S., 1981, Contribución al conocimiento de los hábitos alimenticios del charal (*Chirostoma jordani*, Woolman) en la parte noroeste de la presa Taxhimay del Edo. De Méx. Durante los meses de Noviembre/Febrero de 1980-1981. Resúmenes del V Congreso Nacional de Zoología, Cuernavaca, Mor. pp. 56.

*Nava V. J. L., Jiménez. G. C. P y Blancas, A. G. A. 2003., Bases biológicas para el cultivo del charal (*Chirostoma jordani* Woolman) del lago de Xochimilco. Primera Reunión Nacional de Atherinópsidos. U.A.M.-I., I.N.P., S.I.M.A.C., E.N.C.B-IPN, PExPA. Resúmenes. México D. F: p 34.

*Navarrete, S. N. A. 1981. Contribución a la biología del charal (*Chirostoma jordani*) de la presa Taxhimay. Tesis de Licenciatura. E.N E P Iztacala. U.N.A.M. México, 86 p.

*Navarrete, S. N. A., 1988. Contribuciones a la biología del charal (*Chirostoma jordani*) de la presa Taxhimay. Tesis Licenciatura. Biologo, ENEP Iztacala-UNAM.

*Navarrete S.N.A. y Elias F.G., 1995, Reproducción de *Chirostoma jordani* en el Embalse Macua, Edo. De México, Resúmenes del XIII Cong. Nal. De Zool., Lugar, pp 90.

*Navarrete, S. N., Sánchez, N. y Rojas, M. L. 1996. Selección del zooplancton por el charal *Chirostoma jordani* (Atheriniformes: Atherinidae). Rev. Biol. Trop. 44(2): 757-761.

*Nutrimentos Purina, 2008, Alimentos para peces (tilapia) de clima cálido (26-30°C), http://www.nutrimentospurina.com.mx/Screens/gruposproductospeces/de_sarrollo.aspx.

*Olvera, B. Y. M. 2004. Aspectos poblacionales de *Chirostoma jordani* (Woolman) (PISCES: Atherinidae) en el sistema lacustre de Xochimilco, México, D. F. Tesis de Maestría U.N.A.M. Facultad de Ciencias. México, 115 p.

*Paulo-Maya, J. 2000. Situación actual sobre el conocimiento de la biología del género *Chirostoma* Swainson (Pisces: Atherinopsidae). Ejercicio predoctoral ENCB-IPN, México, 175 p.

*Paulo-Maya, J. 2004. Evolución intragenérica: Ecomorfología alimentaria del género *Chirostoma* (Swainson). Tesis Doctorado. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional, México 110 p.

*Paulo-Maya, J., Figueroa, L. G. y Soria, B. M. 2000. Peces dulceacuícolas mexicanos XIX *Chirostoma humboldtianum* (Atheriniformes: Atherinopsidae). *Zoología Informa*. ENCB-IPN. (3): 59-74.

*Portilla, B. J. 1984. Descripción Histológica del aparato digestivo de *Chirostoma jordani*. En: Paulo-Maya. P., 2000. Situación actual sobre el conocimiento de la biología del género *Chirostoma* Swaison (Pises: Atherinopsidae). Ejercicio predoctoral ENCB-IPN, México, 175 p.

*Rivera T. G., Figueroa L. G., Hernández R. C. y Flores M. A., 2003. Preferencias alimentarias de juveniles y adultos de *Chirostoma humboldtiasnum* (Valenciennes) (Atheriniformes: Atherinopsidae), bajo condiciones experimentales, en: Memorias de la 1° Reunión Nacional de Atherinopsidos, Sala Cuicacalli, UAM-I, 6-7 Nov. 2003, pp. 11.

* Rodríguez R. A. y Granado L. C., 1988, Características Morfo-funcionales de *Chirostoma consocium*, *Ch. chapalae* y *Ch. ocotlonae* del Lago de Chapala, México, (Pises: Atherinidae), Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, 15(2):265-272.

*Rojas. C, P. M. 2003. Reseña histórica. En: Rojas C. P. y Fuentes C. D. (Editores.). *Historia y avances del cultivo de pescado blanco*. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, México, D. F. pp.15-27.

*Saiz, M. y Blanco, L. 1999. Artemia, diferentes formas de cultivo para diferentes necesidades. Artículo en línea. Fuente: www/File//A/artemia.

*Salgado G. R. L., Martínez P. C. A., Racotta D. I.S., Campos M. A. y Ross L. G., 2006, El efecto de la salinidad en huevos, larvas y juveniles de pez blanco *Chirostoma promelas*. Laboratorio de acuicultura y nutrición de especies nativas. Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, UMSNH. Iª Conferencia Latinoamericana sobre Acuicultura de Peces Nativos, Morelia Michoacán,(2006) y II Congreso Estatal de Ciencia y Tecnología, Zamora Michoacán, (2006) (Poster).

*Salgado U. I. H. 1992. *El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y Aplicaciones*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F. 243 p.

*Salgado U. I. H., Gómez M. J. L., y Peña M. B., 2005. Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. Pp 82-102.

*Sánchez M. R. 1995. Selección del plancton por peces del género *Chirostoma*. Tesis de Maestría. Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 59 p.

- *Sánchez, P. S. 1992. Biología reproductiva del charal blanco *Chirostoma grandocule* (STEINDACHNER, 1894 – Pises: ATHERINIDAE), del lago de Patzcuaro, Mich., México. Tesis de Licenciatura Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán México, 62 p.
- *Sánchez, R. R. R. 2008. Estudio del potencial Reproductivo del Charal, *Chirostoma jordani* (Woolman, 1894), mediante la evaluación del líquido seminal y descripción morfológica del espermatozoide, en condiciones de cultivo. Tesis de licenciatura en Biología: FES-Zaragoza UNAM, México 69 p.
- *Shiau, S. Y. 1998. Nutrient requirements of *penaeid shrimps*. *Aquaculture* (164): 77-93.
- *Soto, G. E. 1993. Depredación selectiva de *Chirostoma Jordani* sobre el zooplankton en el embalse Ignacio Allende Guanajuato. Tesis de Maestría, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México, 98 p.
- * Soto G. E., Barragán S. E. y Lòpez L. E., 1991, Efectos del deterioro ambiental sobre la distribución de la Ictiofauna Lermense. Universidad: Ciencia y Tecnología. 1(4): 61-68.
- *Soto G. E., Lòpez L. E., Díaz P. E. y Lyons J., 1998, Fish as Indicador of environmental quality in the Rio Lerma Basin, Mexico, *Aquatic Ecosystem Health and Management*. 1: 267-276.
- *Soto G. E., Paulo M. J., Lòpez L. E., Serna H. J. A., y Lyons J., 1999, Health Satate Diagnostic of Rio Grande de Morelia Basin (Mèxico). *Fish Fauna and Water Quality, Journal of Aquatic Ecosystem Health*, 21 pp.
- *Suárez N. V. 1997. Contribución al conocimiento de los hábitos alimentarios y nutricionales del charal *Chirostoma sp.* Para la formulación de balanceados en su alimentación artificial. Tesis de Licenciatura Biólogo. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM, México 92 p.
- *Tacon, A. G. 1996. Nutricional studies in crustaceans and the problems of applying research findings to practical farming systems. *Aquaculture Nutrition* 2(1): 165-174.
- *Tacon, A. G. y Forster, I. P. 2000. Trends and Challenges to aquaculture development in the new millennium. pp. 1-12. *In* : Cruz Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Zalazar, M., Olvera-Novoa, M. A. Y Civera-Cerecedo (Editores). Avances en nutrición acuícola V. *Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 19-22 de noviembre de 2000. Mérida Yucatán, México.

*Vega M. E., Díaz F. y Espina S., 2004, Balance Energético de Juveniles de *Chirostoma estor estor* (Jordan, 1879) (Pises, Atherinopsidae) en Relación con el Tamaño Corporal. *Hidrobiológica* 14 (2): 113-120.

*Vivó J. A., 1987, *Geografía Física*, 7ª ed., Editorial Herrero, México D.F. 355 pp.

*Watson, C. 2001. *Descapsulating Brine Shrimp Eggs*. University of Florida. Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Science. USA p. 1-4: Fuente: http://edis.ifas.ufl.edu/body_FAO23.

*Weatherley A. H. y Gill H. S., 1987, *The Biology of Fish Growth*, 1ª ed. Academic Press, N.Y., 443 pp.

*Wetzel R. G., 1981, *Limnología*, Ediciones Omega, Barcelona España, 679 pp.

*Vázquez G. L. y Villalobos A., 1987, *Zoología del Phylum Arthropoda*, 6ª ed. Editorial Interamericana, México D. F., 381 pp.