

00344
3
Ref

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE
POSTGRADO

EFFECTO DE LA HARINA DE Periplaneta americana
(INSECTA), EN EL CRECIMIENTO DE Carassius
auratus (PISCES)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO
DE MAESTRA EN CIENCIAS
(BIOLOGIA DE SISTEMAS Y RECURSOS
ACUATICOS)

P R E S E N T A

MARGARITA HERNANDEZ MARTINEZ

DIRECTORA DE TESIS: DRA. RAMOS-ELORDUY BLASQUEZ

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1998

00344



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Con cariño y admiración a mis padres,
por sus enseñanzas a través de la vida.

A mis hermanos,
por el cariño y apoyo que siempre me han brindado

A mis maestros y amigos,
por su entusiasmo e invaluable apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de México, al Instituto de Biología y a la Facultad de Ciencias, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios y superarme profesional y personalmente.

Así como al Instituto Nacional de la Pesca, por las facilidades otorgadas para la realización del presente trabajo.

Deseo expresar mis más sincero agradecimiento a la Dra. Julieta Ramos-Elorduy Blasquez, por su invaluable asesoría y apoyo en la realización del presente estudio. Al M. en C. Joaquín Díaz Garces, por su incansable apoyo y motivación para seguir siempre adelante. Al M. en C. José Luis García Calderón, por su asesoría y disposición prestada en la revisión del manuscrito.

Igualmente hago extensivo este agradecimiento a la Dra. Guillermina Alcaraz Zubeldia, al Dr. Porfirio Alvarez Torres, a el M. en C. Manuel Pino Moreno y a la Dra. Gabriela Gaxiola Cortés, por brindarme sus conocimientos, su valioso tiempo y orientación para la culminación de esta meta.

También desco agradecer a el Ing. Daniel Aguilar por gran disposición y asesoría en el análisis estadístico de resultados, y al Biól. Jesús Morales Ventura por brindarme su experiencia y conocimientos para la elaboración del alimento utilizado durante el presente trabajo.

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	i
INDICE DE FIGURAS.....	ii
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS.....	4
Objetivo General:	4
Objetivos Específicos:	4
ANTECEDENTES.....	5
Generalidades sobre insectos comestibles.....	5
Empleo de insectos en la alimentación animal.....	6
CARACTERISTICAS GENERALES DE <i>Periplaneta americana</i> (Linnaeus).....	8
<i>Distribución Geográfica</i>	8
<i>Morfología</i>	8
Ciclo de vida	8
Importancia Sanitaria	9
Usos populares:	9
CARACTERISTICAS GENERALES DE LA CARPA JAPONESA	
<i>Carassius auratus</i> (Linnaeus).....	11
Distribución Geográfica.....	11
Morfología.....	11
Requerimientos del Medio Ambiente.....	12
Importancia Comercial	12
REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LOS CIPRINIDOS.....	13
Proteínas	13
Lípidos	13
Carbohidratos.....	15
Vitaminas	15
Minerales	16

MATERIAL Y METODO	17
Cultivo de <i>Periplaneta americana</i> L	17
Materias Primas e Ingredientes Especiales	18
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la proteína de <i>P. americana</i> L.	18
Preparación de dietas experimentales	19
Bioensayos	20
Organismos Experimentales	20
Distribución de Lotes..	21
Ensayos de Alimentación y Crecimiento.....	21
Parámetros Biológicos	21
RESULTADOS	24
<i>Periplaneta americana</i> L.	24
Biología	24
Composición química de ninfas	25
Composición química de las dietas experimentales	27
Digestibilidad <i>in vitro</i>	27
<i>Carassius auratus</i> L.	28
Evaluación de dietas experimentales (TCA, TCE y PER)	28
Factor de Condición y tipo de crecimiento	30
Análisis estadístico	32
Costos	34
DISCUSION	35
CONCLUSIONES	41
LITERATURA CITADA	42

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Perfil de aminoácidos de <i>Periplaneta americana</i> L y requerimiento de éstos en la dieta de <i>Carassius auratus</i> L , y otras especies de peces dulceacuícolas	14
Tabla 2. Técnicas utilizadas para la determinación de los análisis químicos proximales de los ingredientes utilizados en las dietas experimentales para <i>C. auratus</i> L.	18
Tabla 3. Proporción de ingredientes utilizados en las dietas experimentales para <i>C. auratus</i> L	20
Tabla 4. Análisis químico proximal de <i>P americana</i> L en tres estadios de desarrollo diferente	25
Tabla 5.- Composición química de las dietas utilizadas para determinar el efecto de <i>P americana</i> L en el crecimiento de <i>Carassius auratus</i> L (peso seco).....	27
Tabla 6.- Resultados del bioensayo de alimentación, utilizando diferentes proporciones de <i>P. americana</i> L.* en dietas para <i>Carassius auratus</i> L.	28
Tabla 7 Factor de Condición y Tipo de Crecimiento presentado por los organismos de <i>Carassius auratus</i> L alimentados con diferentes proporciones de harina de <i>Periplaneta americana</i> L	30
Tabla 8 Análisis de Contrastes ($\alpha = 0.05$) de los parámetros biométricos de <i>C. auratus</i> alimentada con 3 diferentes porcentajes de harina de <i>P americana</i> L , y alimento balanceado API-TILAPIA.	32
Tabla 9 .- Comparación entre los costos de producción del alimento experimental y el alimento balanceado API-TILAPIA, utilizado en la alimentación de <i>Carassius auratus</i> L	34

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Curva de crecimiento de ninfas de <i>P americana</i> L en condiciones de laboratorio.....	24
Fig. 2. Valores de sobrevivencia de ninfas de <i>P. americana</i> L observados durante 15 semanas de experimentación en condiciones de laboratorio	25
Fig. 3- Diagrama de producción de ninfas de <i>P americana</i> L en condiciones controladas de humedad (80% h. r), Temperatura (28°C) y alimentación	26
Fig. 4.- Tasa de Conversión Alimenticia (TCA) presentada por <i>C auratus</i> L alimentada con tres porcentajes (10%, 20% y 30%) de harina de <i>P. americana</i> L., y el alimento balanceado API-Tilapia	29
Fig. 5.-Valores de la TCE presentados por <i>C auratus</i> L. alimentada con tres porcentajes (10%, 20% y 30%) de harina de <i>P. americana</i> L. y el alimento balanceado API-Tilapia	29
Fig. 6.-Valores del PER presentados por <i>C auratus</i> L. alimentada con tres porcentajes (10%, 20% y 30%) de harina de <i>P americana</i> L., y el alimento balanceado API-Tilapia	30
Fig. 7. Efecto de 3 dietas con diferentes porcentajes de harina de <i>P americana</i> L , sobre el peso de <i>C auratus</i> L a lo largo de 60 días de experimentación	31
Fig. 8. Efecto de 3 diferentes porcentajes de <i>P americana</i> L. sobre la longitud de <i>C auratus</i> L , a lo largo de 60 días de experimentación.....	31
Fig. 9. Efecto de 3 diferentes porcentajes de harina de <i>P americana</i> L sobre la altura de <i>C auratus</i> L a lo largo de 60 días de experimentación.....	31
Fig. 10. Residuos estandarizados de la relación peso-longitud presentado por <i>C auratus</i> , alimentada con harina de <i>P americana</i> L., a los 60 días de experimentación	33

INTRODUCCION

La Acuicultura es una actividad que a nivel mundial marca hoy en día una alternativa para asegurar el abasto alimentario, en los últimos años ha adquirido una gran importancia y arrojado beneficios sociales y económicos (SEMARNAP, 1996). Esta actividad no solo forma parte del ámbito cotidiano en muchas regiones, sino que se expresa en planes y programas gubernamentales, con propósitos que tienden a aumentar la disponibilidad de proteínas, incrementar las inversiones del sector privado, generar empleos, aumentar la entrada de divisas y desarrollar nuevas tecnologías (Hernández-Avilés, 1990).

En los últimos años la producción por acuicultura ha aumentado a un ritmo acelerado para compensar la disminución de capturas en la pesca, de hecho la producción acuícola de peces de agua dulce supera ya la obtenida por pesca de agua dulce.

De acuerdo a las estadísticas oficiales de producción por acuicultura de la FAO (1996) se reporta para 1994 un total de 167 especies bajo cultivo de las cuales 103 corresponden a peces, 21 a crustáceos y 43 a moluscos. De estas 167 especies se obtuvo una producción de 15,369,861 toneladas, es decir el 82.8% de la producción total por acuicultura (18,555,115 t). La producción mundial por acuicultura en 1984 se estimó en casi 7 millones de toneladas pasando a 14 millones de toneladas en 1992, mientras que para 1994 la acuicultura contribuye con cerca de 16 millones de toneladas, es decir con el 16% de la producción mundial de pescado y el 23 % de los suministros de pescado para consumo humano.

Estimaciones de la FAO (1996), indican que para cubrir los requerimientos actuales per capita de pescado de 13 Kg. al año, para el año 2010 suponiendo que la población pudiera alcanzar los 7,032 millones de habitantes, se necesitarían 91 millones de toneladas de pescado para consumo humano. Este volumen supone un incremento de 19 millones de toneladas de pescado con respecto a las 72.3 millones de toneladas destinado para tal fin durante 1993.

Las autoridades en materia de pesca y acuicultura de nuestro país consideran que este aumento de la producción de pescado para consumo humano será factible si en los próximos 15 años se duplica la producción por acuicultura y se mejoran de manera significativa la conservación y la ordenación de la captura, restableciendo las poblaciones y utilizando prácticas de capturas racionales, así como aplicando tecnologías de los alimentos para mejorar la utilización de las capturas incidentales y los rendimientos de los peces pelágicos pequeños para consumo humano directo (SEMARNAP, 1995).

Sin embargo los insectos representan una apropiada fuente de proteína animal subutilizada, por lo que es necesario conocer su potencial nutricional más profundamente, y utilizarlo en la alimentación tanto humana como animal, empleándose en este último caso directamente o en la elaboración de raciones balanceadas

Finalmente, es importante mencionar que en general, un buen alimento es aquel que cumple con los requerimientos nutricionales de la especie, sea atractivo a los organismos, presente una consistencia adecuada para ser mejor aprovechado, sea fácil y sencillo de conservar y que sea económico (Holtzman, 1988). Además en algunos casos es importante resaltar características de pigmentación (Boonyratpalin y Lovell 1977), como es el caso de especies de ornato o bien para consumo humano como sucede con algunos salmonidos.

Por lo antes expuesto resultó interesante desarrollar la presente investigación la cual pretende aportar información para el posible uso de ingredientes no convencionales, como es el caso de *Periplaneta americana* L comúnmente conocida como "cucaracha", el cual puede resultar económico y adecuado para su uso en la nutrición de peces. Entre las especies de peces que presentan múltiples ventajas para el desarrollo de estudios nutricionales se encuentran los ciprinidos, familia a la que pertenece *Carasius auratus* L, comúnmente conocido como "Carpa Japonesa", especie seleccionada en la presente investigación debido a su adaptabilidad a condiciones de laboratorio y facilidad de manejo.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Estimar la factibilidad potencial biotécnica y económica del empleo de *Periplaneta americana* L. (Insecta), en la elaboración de dietas para *Carasius auratus* L. (Pisces).

Objetivos Específicos:

- Evaluar el valor nutricional de *Periplaneta americana* L. para su aplicación en la preparación de dietas para *C. auratus* L.
- Determinar la composición química del alimento comercial API-TILAPIA
- Elaboración de un alimento experimental a partir de harina de *P. americana* L. y el alimento balanceado API-TILAPIA
- Evaluar comparativamente la sobrevivencia, crecimiento y conversión alimenticia de 3 lotes de “Carpa japonesa”, alimentados con dietas con diferentes proporciones de harina de *P. americana* L., en contraste con el alimento comercial API-TILAPIA
- Estimar la digestibilidad “*In vitro*” de la harina de *P. americana* L.
- Evaluar los costos de producción comparativamente entre el alimento balanceado API-TILAPIA y el alimento preparado con diferentes porcentajes de harina de *P. americana* L.

ANTECEDENTES

Generalidades sobre insectos comestibles

Los insectos se han constituido en ingredientes no convencionales, al ser incluidos en la formulación de raciones alimenticias para producción animal. Esto implica la sustitución de alimentos de bajo valor comercial, por otros más atractivos económicamente, siendo esto justificado, en virtud de la calidad de las proteínas que contienen 21 especies de insectos estudiadas (Conconi, 1993). En este sentido algunos insectos superan a los valores de aminoácidos esenciales propuestos por el patrón publicado por FAO/OMS/ONU/1985, y en la mayoría de los casos son superiores a los valores más altos de los alimentos convencionales, supliéndose de esta manera las carencias de los granos y de diversos alimentos

Los insectos son organismos con una elevada conversión alimenticia (Taylor, 1975), lo cual desde el punto de vista energético incrementa su valor como alimento (Bodenheimer, 1951). Ya que en relación con su régimen alimenticio, se observa que los más energéticos son aquéllos cuya alimentación es a base de madera viva o muerta, luego le continúan los omnívoros y posteriormente los granívoros, succionadores de savia, carnívoros y fitófagos, ello está relacionado con la eficiencia de conversión de cada uno e incluso con su estado de desarrollo (Ramos-Elorduy 1990) Además, *op cit* los insectos son considerados como eficientes transductores de energía, ya que transforman de un 2.5% a un 13% de proteína vegetal en hasta 77% de proteína animal

El contenido de sales minerales reportado por Ramos-Elorduy (1993), señala niveles que van desde 0.60% para *Polistes instabilis* (Vespidae), hasta 12.45% para el "Axayacatl", siendo para el caso de *Sphenarium hystrio*, *S. purpurascens*, *Melanoplus* sp, los valores más altos de Sodio (8.33%) Por su parte el "Axayacatl", *Polibia occidentalis boheman*, *Pachilus gigas*, *Eucheria socialis* y el "Ahuahutle", lo son para el Potasio (3,321), Calcio (193), Zinc (0.108), Hierro (0.054) y Magnesio (2.560) respectivamente. De acuerdo a lo anterior se puede concluir que los insectos pueden cubrir de manera práctica los requerimientos necesarios de nutrientes minerales diarios tanto para humanos como de diferentes organismos animales.

En resumen, los insectos comestibles son un recurso natural renovable usado ampliamente como un alimento cotidiano en los lugares de consumo en donde su presencia es común y que debido a carencias económicas representan una saludable y nutritiva fuente alimenticia. En este sentido los insectos pueden ser un suplemento significativo, en proteínas, grasas y sales minerales y, además, de vitaminas del grupo B (Ramos-Elorduy, 1993). Además, en general tienen ciclos de vida cortos, gran potencial reproductivo, son fácilmente adaptables y lo más importante, tienen un alto contenido de

proteínas que los hacen dignos de considerarse como una prometedora alternativa alimenticia.

Empleo de insectos en la alimentación animal

En tiempos remotos el empleo de insectos en la alimentación animal era una práctica común, y se sabe que por ejemplo los antiguos acuacultores japoneses, utilizaban como alimento a los gusanos de seda, obteniendo favorables resultados

La utilización de varias especies de insecto en diferentes etapas de desarrollo ha motivado el desarrollo de diversas investigaciones, ya que se tiene conocimiento de que Hemsted, (1974), utilizó chapulines como suplemento proteínico en la alimentación de cerdos en los que encontró un crecimiento satisfactorio.

Por su parte Reyes (1979) y Flores (1981) emplearon larvas y pupas de mosca respectivamente para la alimentación de aves de corral, observando diferencias significativas entre los incrementos de peso de los organismos alimentados con una dieta de harina de mosca en comparación con los alimentados con harina de carne como fuente de proteína, resultando mejor el lote testigo.

En 1981, Ramos-Elorduy realizó ensayos de alimentación con pollitos en etapa de iniciación empleando una mezcla de cucarachas (*Blattella germanica* L. y *Periplaneta americana* L.) que fué bien aceptada, observando una mejor ganancia en peso y velocidad de crecimiento, lo que condujo a un mayor rendimiento (Ramos-Elorduy, J. 1983) Asimismo la autora antes citada, realizó nuevos ensayos utilizando pupas de *Musca domestica* L, en la alimentación de aves (pollos y pavos), observando que por la alta cantidad de proteínas y grasas que estas contenían, se logró un crecimiento y calidad bastante aceptable, sin la modificación del sabor (Ramos-Elorduy, J 1986).

Steffens (1987) menciona que Nose ensayó con un alimento compuesto por un 50% de pupas de gusano de seda (base seca), 40% de harina de trigo y 10% de almidón en carpas doradas y trucha arco-iris, observando diferencias significativas en la digestibilidad de la dieta entre ambas especies, registrando la carpa una digestibilidad del 80% mientras que en la trucha se obtuvieron valores del 70%. Asimismo, Steffens (op cit) reporta que Kim (1974) compara la digestibilidad aparente y real de la proteína de la harina de pupas de gusano de seda desgrasado (20 9% proteína) en 64% y 66% respectivamente.

Morales Ventura (1988) escribe sobre la utilización de una dieta para salmonidos para alimentar tilapias, reemplazando la harina de pescado por harina de pupa de moscas en una proporción de 25, 50 y 100%, produciendo buenos resultados en crecimiento y conversión alimenticia. Por otra parte Rodríguez (1975) empleó pupas de mosca del género *Ephydra* en la alimentación de trucha arcoiris, obteniendo mejores resultados con el alimento comercial. Sin embargo, al probar una dieta compuesta de hemipteros-

dipteros con crías de esta misma especie, estas incrementaron su peso en un 0.43% durante 51 días de experimentación

Zúñiga Jonjitud (1978), utilizó harina de la mosca *Anastrepha ludens* en la dieta del Bagre (*Ictalurus punctatus* Raf), mientras que Reyes (1975), con ayuda de trampas de luz, capturó diversos insectos, elaborando una mezcla de estos con la que alimentó a la misma especie de pez, obteniendo un mayor nivel de conversión alimenticia en comparación con el alimento balanceado.

Del mismo modo Zúñiga (1988) elaboró una dieta sustituyendo alimento comercial por harina de pupa de mosca (*Cochliomyia hominivorax*) para alimentar crías de trucha arcoiris, obteniendo una eficiencia y conversión alimenticia superior en todos los tratamientos en los que se incluyó este insecto en comparación con el lote experimental, resultando la ración con 75% de insecto la que incrementó el consumo de alimento y el aumento en talla.

Así mismo, se comparó un alimento a base de pupas de mosca provenientes de reciclaje de desechos y el alimento comercial (Albamex) en la alimentación de truchas arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), observándose los resultados más satisfactorios con la dieta de insectos reportando incrementos de un 350% en peso en un primer ensayo y un 190% en peso en un segundo ensayo, observando igualmente que las truchas alimentadas con mosca fueron más grandes que las controles, con mejores características organolépticas, lo cual incide directamente en su valor comercial. (Ramos-Elorduy, *et al.* 1992, Ramos-Elorduy, 1990)

Cruz, *et al.* (1992) utilizó harina de grilleta (*Pterophylla beltrani*) como fuente de proteína para alimentar camarones juveniles, en sustitución de la harina de pescado en proporciones de 2.5%, 5%, 10% y 20%, obteniendo los mejores crecimientos con concentraciones del 5%, lo cual lo atribuyó al alto contenido de fibra en las dietas.

CARACTERISTICAS GENERALES DE *Periplaneta americana* (Linnaeus)

El origen de la cucarachas se remonta hasta el Silúrico, presentando pocos cambios estructurales desde el Devonico hace aproximadamente 320 millones de años, estando ampliamente representados en el Carbonífero. Actualmente, existen alrededor de 4000 especies siendo en su mayoría insectos corredores y muchas veces voladores, de hábitos principalmente nocturnos (Palacios y Jiménez, 1996).

Distribución Geográfica

Periplaneta americana L. incorrectamente llamada “American cockroach”, es nativa de África, actualmente considerada como una especie cosmopolita, ya que esta ampliamente distribuida en los trópicos y en algunas otras partes del mundo tales como Estados Unidos

Morfología

Especie omnívora de hábitos gregarios, como respuesta a una feromona de agregación presente en sus heces y sobre el cuerpo del insecto (Metcalf y Flint, 1980). La longitud de su cuerpo oscila de 30mm a 40 mm de largo y son de color castaño, tanto la hembra como el macho en estado adulto presentan alas largas, con las cuales pueden volar distancias cortas.

Presenta un cuerpo oval y dorsoventralmente aplanado, con tres pares de patas largas y fuertes con numerosas espinas. La cabeza dirigida hacia abajo, tiene un par de antenas en ocasiones más largas que el cuerpo, donde se localiza el sentido del olfato. La boca esta provista de dos fuertes mandíbulas con la que trituran sus alimentos. Tienen un par de ojos compuestos en forma de riñón, y tres más llamados ocelos. Existe dimorfismo sexual, generalmente los machos son más pequeños y de color más brillante que las hembras.

Ciclo de vida:

Su potencial reproductivo es bastante elevado ya que una hembra adulta después de ser fertilizada deposita una ooteca cada semana con 13 a 16 huevecillos, los que se encuentran alineados verticalmente de dos en dos en el vestíbulo o cámara de la ooteca. Una hembra llega a producir hasta 90 ootecas, durante su etapa reproductiva que es de aproximadamente de un año y medio a dos, presentando un radio sexual de 1080 a 1440 descendientes por hembra. La duración del periodo de incubación varía con la temperatura y la humedad siendo de aproximadamente 32 a 53 días.

La metamorfosis es de tipo paurometabolo, el número de estadios puede variar dentro de la misma especie y en ocasiones es difícil de determinar, debido al hábito que presentan de devorar las exuvias, pudiendo tener hasta 13 mudas, alcanzando su madurez sexual de 285 a 642 días después, aunque se ha citado un desarrollo de 971 días (Palacios y Jiménez, 1996)

La longevidad de los adultos tiene un intervalo de 102 a 588 días en condiciones de laboratorio, observándose ciclos de vida de 830 días en promedio. Fajardo (1990), reportó la duración del ciclo de vida de este insecto en 135 días, en condiciones de laboratorio.

Importancia Sanitaria

En muchas ciudades del mundo es considerada como una plaga doméstica, asociada a condiciones de hacinamiento y por lo mismo vector de enfermedades infecciosas como la tifoidea, cólera, disentería y tuberculosis. Existen un total de 16 especies de cucarachas que son vectores de patógenos, de ellas 14 son conocidas en México (Palacios y Jiménez, 1996)

Rueguer y Oslo (1969) en Harwod y Jaime (1987) demostraron que las heces de *P. americana* L infectadas con *Salmonella oranienberg* al ser esparcidas sobre alimentos y vasos, contenían bacterias vivas después de 3.25 a 4.25 años, así mismo, se reporta que se han aislado cuatro cepas de virus de la poliomielitis, aproximadamente 40 especies de bacterias patógenas, principalmente Enterobacteriaceae, 2 hongos patógenos (*Aspergillus* spp) y el protozoario *Entamoeba histolitica*

Usos populares:

En la medicina tradicional se han utilizado molidas y mezcladas con azúcar, para formar una pasta la cual solía utilizarse como analgésico en los tratamientos de úlcera, así mismo una forma de emulsión se bebía para combatir parásitos del tracto digestivo; pulverizadas se vendían para el alivio de hidropesía y fritas en aceite con ajo se ingerían para mejorar la digestión (Trias, 1986). Se sabe que se consume como alimento exótico en algunas partes de América y Asia (Ramos-Elorduy, 1982).

Lenko (1979) escribe sobre el uso de las cucarachas en la medicina popular en Brasil señalando a éstas como útiles contra el alcoholismo en forma de infusión contra el asma y la bronquitis “ tostada y molida en café o chocolate para su mejor sabor”. ; para cólicos intestinales “ comer tres cucarachas tostadas...” o bien “... tostada, pulverizada y tomada con azúcar, porque sabe un poco feito ”, contra la constipación se menciona que los nativos de Jamaica bebían líquidos con cenizas de cucaracha como remedio, para los dientes “... con exprimir una cucaracha viva y poner un algodón, no hay diente careado . ”, además cuando existe dolor “... colocar en la cavidad dentaria del paciente las vísceras y cubrir con un algodón . ”, contra los espasmos “.. las infusiones

de cucarachas son muy poderosas...”; como antídoto del el veneno de arañas “ los extractos de cucarachas maceradas son excelente remedio.. ”.

Así mismo Lenko *op.cit*, se refiere a estos insectos como útiles para mejorar dolencias originadas por fracturas y la gripe administrado a estos insectos en forma de infusiones, además de que “estos mismos organismos fritos ayudan a combatir la indigestión y contra el dolor de oídos no hay nada mejor que colocar pasta de cucaracha dentro del canal auditivo”, también se les atribuye poderes curativos contra el dolor de orina, fracturas, furúnculos, hidropesía y para influenciar a las glándulas mamarias, son utilizadas también para aliviar neumonías, sarna, tétanos y tos y como reguladoras de la menstruación,

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA CARPA JAPONESA *Carassius auratus* (Linnaeus)

Distribución Geográfica:

Es nativo de Asia Oriental (China) y su cultivo se comenzó durante la dinastía T'ang (618-907) (Anónimo, 1975). Posteriormente se difundió como especie de ornato a diversas partes del mundo como a Corea, Japón, Isla Sajalín, Cuenca del Amor, Siberia, ex-Unión Soviética y Asia Central. La introducción en Europa Central (Hungría, Rumania) fue hacia 1728, después se extendió a toda Europa a partir de 1750. Posteriormente se introdujo a Estados Unidos en 1800, y en 1855 pasó a México directamente de Europa (Arredondo, 1986, Torres 1991).

Es un pez dulceacuícola, que podemos localizar en la zona bentónica profunda. De hábitos alimenticios omnívoros, que en su estado adulto se alimenta de presas vivas y vegetales, mientras que en estado de cría lo hace de nauplios de artemias, copépodos, cladoceros y rotíferos (Petrovick'y, 1988), se ha estimado que alcanzan los hábitos alimenticios propios de su especie, al alcanzar una talla de 50 mm aproximadamente.

Morfología

Es un pez de cuerpo alargado, robusto y grueso; carece de barbillas y la cabeza está lateralmente comprimida en la mandíbula inferior, presentando una forma triangular. El pedúnculo caudal es corto y grueso, la altura del cuerpo es de 28% a 34% de la longitud total del mismo.

En cuanto a los órganos de los sentidos, podemos decir que tienen un sistema olfato-gustativo muy desarrollado que les permite localizar los alimentos y a los enemigos, mejor que con la vista. Consta de dos ventanas nasales o narinas colocadas por arriba de la boca y delante de los ojos y a cada lado del hocico (Arredondo, 1986).

En estos peces la vejiga natatoria o gaseosa, es un órgano en forma de saco abierto, distendido por gas, que aparte de la función hidrostática actúa como resonador de la percepción sonora, lo que le permite oír, además determina la posición normal del pez.

El aparato digestivo comienza en la boca que es pequeña y terminal, situada en el extremo del hocico. Los labios pueden proyectarse hacia adelante formando un verdadero tubo membranoso que aumenta las dimensiones bucales, actuando al mismo tiempo como dispositivo aspirador de alimentos. La boca no posee dientes ni glándulas salivales y en lugar de los dientes cuenta con conformaciones dentales, denominadas dientes faríngeos.

No tienen estómago, siendo reemplazado por una verdadera distensión del tracto digestivo, prolongándose por medio de un intestino de dos circunvoluciones que termina

en el ano, justo delante de la aleta anal. El hígado es grande y rico en grasa y dotado de una vesícula biliar, también voluminosa, que se encuentra separada del páncreas

En estos peces existen dos riñones (Cuerpos de Wolf) los cuales se extienden a lo largo de la columna vertebral, desde la cabeza hasta el extremo opuesto del abdomen. Los ureteres desembocan junto con los productos sexuales formando una papila o poro urogenital. El pez produce una secreción urinaria muy copiosa y diluida (Anónimo, 1975)

Requerimientos del Medio Ambiente

Oxígeno: los niveles de oxígeno disuelto pueden oscilar de 5 a 6 mg/l (SEPESCA, 1982, Lazlo, 1992).

Temperatura: en condiciones naturales estos peces toleran temperaturas de 6°C a 37 °C, no obstante en condiciones controladas se recomienda una temperatura de 22°C a 30 °C.

pH el rango de tolerancia es de 6.5 a 7.4 (Aguilera y Noriega 1986, Velázquez, 1988, SEPESCA 1982).

Importancia Comercial

Inicialmente estas carpas se introdujeron a México con fines de alimentación, sin embargo su cultivo actualmente no es considerado dentro de los programas de los centros de producción acuícola de la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, por lo difícil de su manejo y, a que no existe un sistema constante de producción de crías (Arredondo, 1986)

Sin embargo debido a su polimorfismo y gracias a los procesos de selección artificial, se ha obtenido una notable variedad de formas coloreadas y deformadas, muy apreciadas por los acuaristas, entre las que se encuentran: el cola de velo, ojos de burbuja, escamas perladas, oranda, cabeza de león, etc. (Petrocick'y, 1988, Mills, 1993, Arredondo, 1986, Torres, 1991)

Carasius auratus L, esta actualmente considerada entre la lista de especies animales utilizadas en acuicultura con reportes de producción para el año '94 de 565 toneladas, de las cuales 5 t se produjeron en Africa, 117 t en Asia, 1 t en Europa, 2 en Oceanía y 440 en la ex-URSS (FAO, 1996)

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LOS CIPRINIDOS

Proteínas

En términos nutricionales, los aminoácidos, son uno de los compuestos más importantes en el metabolismo de todos los organismos incluyendo los peces, ya que son usados para la formación de proteínas. Si un adecuado nivel de proteínas o aminoácidos esenciales no es proporcionado en la dieta, habrá una rápida respuesta en la reducción del crecimiento de los peces, llegando incluso a detenerlo, debido a que en casos de deficiencia, los organismos utilizan las proteínas corporales para mantener sus funciones vitales más importantes.

Si un alimento es deficiente en cualquiera de los diez aminoácidos esenciales (Arginina, Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Fenilalanina, Treonina, Triptofano y Valina, (Tabla 1), se tendrá un crecimiento pobre y también un incremento en la conversión del alimento. Ante esto es importante conocer la calidad del alimento alternativo que se pretende ensayar, como es en este caso el uso de *Periplaneta americana L.*

Algunos factores que determinan los requerimientos de proteína en el alimento de los peces, son la temperatura, el tamaño del pez, la especie, la tasa de alimentación y el contenido de energía en la dieta.

Se ha observado que la temperatura del agua no afecta normalmente los requerimientos cuantitativos de proteína y energía de algunas especies de peces, pero lo que está comprobado es que muchas de las funciones fisiológicas se aceleran con la temperatura como son la ingesta, velocidad de crecimiento, actividad digestiva, actividad motora, etc., siendo probable una diferente utilización metabólica de la proteína y otros substratos energéticos (Alliot, 1987, Meade *et al* 1983; Goolish y Adelman, 1984).

Lochmann (1994), al ensayar con *Carassius auratus* diferentes dietas a partir de harina de pescado y caseína, a lo largo de 6 semanas de experimentación obtuvo mejores rendimientos con proporciones de 29% y 34.4% de proteína, en comparación con aquellos cuyos contenidos se encontraron entre el 21%.

Lípidos

Después de las proteínas los lípidos son los nutrimentos más importantes en la dieta de los peces por tres razones principales:

- 1 Son un recurso energético importante
2. Son la fuente de los ácidos grasos, fundamentales en la síntesis de prostaglandinas y en la formación del sistema nervioso, algunos ácidos grasos son esenciales, pues no

- sintetizados por el organismo, y es necesario proporcionarlos en la dieta, su deficiencia reduce el crecimiento y en general provocan desórdenes de tipo nutricional, y
- 3 Son el vehículo de las vitaminas solubles en grasa (Vitamina A, E, K y D), las cuales son también vitales para el metabolismo normal de los peces.

Tabla 1.- Perfil de aminoácidos de *Periplaneta americana* L. y requerimiento de éstos en la dieta de *Carasius auratus* L., y otras especies de peces dulceacuicolas.

Aminoácido	<i>P. americana</i> L (%)	Requerimientos % de dieta seca		
		<i>C. auratus</i> L. (a)	Bagre (b)	Trucha (c)
Asp	5.95			
Glu	7.85			
Ser	4.8			
His *	1.53	0.8	0.4	
Gly	5.63			
Thr *	3.64	1.5	0.5	
Arg *	5.21	1.6	1.0	1.4
Ala	8.87			
Tyr	4.9			
Met *	0.94	1.2	0.6	1.1
Val	5.13	1.4	0.71	
Phe *	2.18	2.5	1.2	
Ile *	2.74	0.9	0.6	
Leu *	5.7	1.3	0.8	
Lys *	4.0	2.2	1.2	1.3
Cys	0.06			
Trp *	0.15	0.3	0.12	0.2

*Aminoácidos esenciales

(a) Conconi, 1993

(b) (c) NRC, 1993

Las necesidades de *C. carpio* de ácido linoléico como ácido graso esencial se estima en 15 % de pienso, según Murata e Higashi (1980) reportado por Steffens (1987) la carpa aprovecha perfectamente los 18:1w9 y 18:2w6 (ácido oleico y ácido linoleico).

Lochman (1994) y Lesel (1986), proporcionaron dietas a *C. auratus* con un contenido de solo 3% de lípidos durante las pruebas realizadas para conocer los requerimientos de proteína y digestibilidad de la celulosa respectivamente

Carbohidratos

Los carbohidratos son de especial interés dado que representan un concepto de bajo costo relativo, son abundantes y muy diversificados. Sirven en la alimentación animal principalmente como suministradores de energía, sin embargo pueden utilizarse también para constituir el almacén carbohidratado de aminoácidos no esenciales y para la síntesis de grasa (Steffens, 1987).

Los carbohidratos no son en sí necesarios en la alimentación de los peces, de hecho las carpas registran insuficiencia de insulina, si las carpas se alimentan exclusivamente de alimentos compuestos en gran parte por carbohidratos. El contenido de carbohidratos en las dietas para *C. auratus* puede ser tan alto como el de proteínas o inclusive superar a éste pudiendo oscilar entre el 25% y el 54% (Lesel 1986; Lochmann 1994).

Vitaminas

Las vitaminas son compuestos orgánicos requeridos en cantidades muy pequeñas y obtenidas a partir de fuentes exógenas, tales como la dieta o la síntesis microbiana intestinal, necesarias para el crecimiento y funcionamiento normal de los animales. Los peces tienen requerimientos similares al de los animales terrestres (Alliot, *et al* 1987) con la excepción de que también necesitan vitamina C.

Las vitaminas son clasificadas en dos grupos: hidrosolubles y liposolubles. Las hidrosolubles, incluyen ocho miembros del complejo B, Tiamina, Riboflavina, Piridoxina, Acido Pantoténico, Niacina, Biotina y Acido Fólico; factores nutricionales esenciales solubles en agua. Colina, Inositol y Acido Ascórbico (Halver, 1980).

Las vitaminas liposolubles A, D, E, K, difieren de las anteriores por su acción acumulativa, la hipervitaminosis es común en peces y otros animales cuando grandes cantidades de estas vitaminas son ingeridas. Los síntomas de toxicidad son indistinguibles de los síntomas de deficiencia en el caso de las vitaminas A y D, los cuales se expresan como anemia, crecimiento reducido, etc. En el caso de la E y K los síntomas son más ligeros (Halver, 1980, Leitritz, 1976, Martínez y Chávez, 1988).

Las carencias de las diversas vitaminas provocan graves afecciones metabólicas que reciben el nombre de avitaminosis, y muchas veces terminan con la muerte. El aporte insuficiente de vitaminas tienen como consecuencia manifestaciones carenciales que con frecuencia son inespecíficas y se reúnen bajo el concepto de hipovitaminosis, produciéndose trastornos poco específicos del desarrollo y del crecimiento, así como mayor propensión al padecimiento de enfermedades lo que es difícil diagnosticar.

Los requerimientos de vitaminas de *C. auratus* oscila entre el 2% y el 3% dentro de la composición del alimento (Lesel, 1986; Lochmann, 1994).

Minerales

Los minerales son elementos químicos que los peces utilizan en la constitución y funcionamiento del organismo. Por ejemplo el Calcio y el Fósforo son importantes para la formación del tejido óseo, mientras que el Hierro es un componente imprescindible de la hemoglobina. Además de que los minerales tienen importancia como osmoreguladores (Lall, 1979; Steffens 1987).

Los peces pueden absorber los minerales disueltos en el agua a través de las membranas branquiales, como son el Calcio (Ca) Hierro (Fe), Magnesio (Mg), Cobalto (Co), Potasio (K), Sodio (Na), y Zinc (Zn). Se consideran minerales esenciales para peces el Calcio, Fósforo, Sodio, Molibdeno, Cloro, Magnesio, Hierro, Selenio, Iodo, Manganeseo, Cobre, Cobalto y Zinc (Chow y Halver, 1980; Leitritz, E. 1976)

Estudios realizados con *C. auratus* reportan niveles del 4% al 1% de minerales dentro de la composición de las dietas (Lall, 1979; Steffens 1987).

MATERIAL Y METODO

El presente trabajo fué realizado en el Insectario del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, el Laboratorio de Alimentos de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, y en el Laboratorio de Alimentos del Instituto Nacional de la Pesca comprendiendo las siguientes etapas: Cultivo de Insectos, Análisis químicos proximales, elaboración de dietas, pruebas de digestibilidad *in vitro* de la harina de *P. americana* L. y bioensayos de alimentación con *Carastus auratus* L.

Cultivo de *Periplaneta americana* L.

La obtención de insectos fue a partir de los cultivos existentes en el Instituto de Biología de la U.N.A.M., bajo condiciones controladas de temperatura ($29 \pm 1^\circ\text{C}$), humedad relativa (80%) y fotoperíodo (12 h luz/12 h oscuridad)

El agua fue proporcionada en recipientes de plástico de 10 cm de ancho x 20 cm largo x 10 cm alto que contenían algodón para facilitar su aprovechamiento *P. americana* L. fue alimentada con croquetas para perro (trituradas) marca "Purina", alimento elegido en función de grado de aprovechamiento por estos insectos, con relación a otros alimentos para pollos, ratas y animales de laboratorio (Patton, 1963)

Los cultivos se mantuvieron en recipientes de vidrio de 48.9 cm. de largo x 24.0 cm de ancho con una profundidad de 27.2 cm cubiertos con una tapa de malla metálica con una abertura de 1.5 mm. Los bordes superiores de dichos recipientes fueron cubiertos con vaselina para evitar que las "cucarachas" trepan por las paredes y escaparan. Todos los recipientes fueron desinfectados con alcohol del 96° antes de ser utilizados

Quincenalmente se realizaron revisiones de los organismos adultos, poniéndolos en estado de hiportemia con gas de Dióxido de Carbono, además se retiraban los cartones que servían de sustrato para la oviposición de ootecas, los cuales eran transferidos hacia otros recipientes con las mismas dimensiones y condiciones para evitar en lo posible la depredación y permitir su desarrollo hasta el momento en que emergían las ninfas, conservándolas hasta que alcanzaban una talla adecuada para su cosecha (20 mm aprox.), sacrificándolas en una estufa ThermoLyne de secado a 50°C durante 5 min

Se realizaron pruebas de sobrevivencia de ninfas, para lo cual se colocaron en 10 frascos tipo tarro con capacidad para 3 litros, 200 ninfas recién emergidas (20 en cada frasco), en condiciones de alimentación y humedad semejantes a la de sus progenitores, hasta que alcanzaron su etapa adulta, registrando su incremento de talla cada 15 días para determinar su curva de crecimiento. Así mismo, se mantuvieron en 10 recipientes de las

mismas características un macho y una hembra recién llegados a su etapa adulta, para determinar la tasa de fertilidad, para lo cual semanalmente se realizaron recambios del cartón corrugado en donde los organismos adultos ovipositaban las ootecas.

Materias Primas e Ingredientes Especiales

Se utilizó como materia prima para la elaboración de las dietas experimentales el alimento comercial "API-TILAPIA (Alevinaje)" de los Laboratorios Anderson Clayton, ninfas de *P. americana* L. deshidratadas y grenetina en polvo marca "Royal" y agua destilada. Se practicaron análisis químicos proximales a diferentes estadios de *P. americana* L., con la finalidad de determinar cual de éstos era el más adecuado para la preparación de las dietas de acuerdo a su contenido nutricional.

Los análisis químicos proximales de las diferentes materias primas utilizadas en la preparación de las dietas experimentales, se basaron en el método del AOAC (1980) para la determinación de los parámetros: humedad, proteína, lípidos, fibra cruda, ceniza y carbohidratos (Tabla. 2)

Tabla 2. Técnicas utilizadas para la determinación de los análisis químicos proximales de los ingredientes utilizados en las dietas experimentales para *C. auratus* L.

PARAMETRO	TECNICA
Humedad	Gravimétrico
Extracto Etéreo	Goldfish
Fibra Cruda	Labconco
Proteína	Kjeldahl
Ceniza	Gravimétrico
ELN*	Por diferencia

*ELN: Extracto Libre de Nitrógeno

Digestibilidad *in vitro* de la proteína de *P. americana* L.

La estimación de la Digestibilidad de la proteína se realizó en el Laboratorio de Alimentos de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, utilizando la técnica multienzimática descrita por Hsu *et al* (1977), cuyo principio básico

radica en la digestión de una suspensión de proteína con un sistema multienzimático consistente en Tripsina, Quimiotripsina y Peptidasa (marca Sigma), que es altamente correlacionada (0.90) con una digestibilidad *in vivo* efectuada con ratas.

La harina de *P. americana* L. se desgrasó previamente a la realización de la prueba de digestibilidad con la finalidad de eliminar factores que pudiesen alterar los resultados del análisis

Se prepararon 50 ml. de una solución acuosa de proteína (6.25 mg proteína/ml) en agua destilada ajustando a un pH de 8.0 con Acido Clorhídrico 0.1N, el cual se mantuvo a 37 °C en Baño María. La solución Multienzimática preparada con 1.6 mg Tripsina, 3.1 mg Quimiotripsina y 1.3 mg de Peptidasa/ml fue mantenida en un baño de hielo y ajustada a un pH de 8.0 con Acido Clorhídrico 0.1 N. 5 ml de la suspensión Multienzimática fue agregada a la suspensión de proteína, ocurriendo un rápido decline en el pH, causado por la liberación del grupo Carboxil de los aminoácidos de la cadena de la proteína por las enzimas proteolíticas. El pH fue calculado después de 10 min utilizando un potenciómetro. El ácido consumido es utilizado como un indicador de la capacidad buffer de la proteína del insecto. El valor de la digestibilidad es calculado a partir de la siguiente ecuación de regresión:

$$y = 210.46 - 18.10 y_1$$

en donde $y_1 = \text{pH a los 10 min}$

Preparación de dietas experimentales

Las dietas experimentales fueron 4, la Testigo o Control que consistió en el alimento "API-TILAPIA I (alevinaje)" cuyos ingredientes¹ y composición cubrían con los requerimientos diarios de nutrientes esenciales y energéticos de la especie a alimentar, y otras tres que se conformaron al incorporar al alimento balanceado antes citado, harina de *P. americana* en una proporción de 10% (Dieta I), 20% (Dieta II) y 30% (Dieta III), Tabla 3.

¹ Ingredientes que pueden estar presentes en el alimento API-TILAPIA. Maíz, Mito, Pasta de oleaginosas, Harina de pescado, Solubles de pescado, Levadura de cerveza, Trigo, Glúten de Maíz, Suero de leche seco, Salvado, Acmite, Vitamina A y D estabilizadas, Vitaminas del complejo B (incluyendo B12), Carbonato de Calcio, Cloruro de Sodio, Fosfato de Calcio, Yoduro de Potasio, Sulfato Ferroso, Sulfato de Cobre, Sulfato de Magnesio, Óxido de Zinc y Arsenicales

Tabla 3. Proporción de ingredientes utilizados en las dietas experimentales para *C. auratus* L

Ingrediente	Dieta Experimental (%)			Dieta Control
<i>P. americana</i> L.	10	20	30	0
API-TILAPIA	90	80	70	100
Total	100	100	100	100

Nota: Se incorporó 5% de gredina como aglutinante a cada dieta

Los ingredientes fueron molidos por separado en un mortero de vidrio, hasta su completa pulverización, para posteriormente ser tamizados (500 μ m de luz de malla). Inmediatamente después, se mezclaron durante 60 minutos \pm 10 min. en una batidora Oster con capacidad para dos litros, iniciando por la incorporación de aquellos que se encontraban pulverizados (alimento balanceado y gredina), continuando con el de textura grasosa (*P. americana* L.) mezclándola continuamente, hasta que se homogeneizó la mezcla, para finalmente hidratarla agregando agua a punto de ebullición (30% aproximadamente) hasta obtener una pasta homogénea.

Inmediatamente después con ayuda de una jeringa plástica (sin aguja), de 10 ml. de capacidad se procedió a la preparación de pellets de 2 mm de diámetro, los cuales fueron secados en una Secadora Thelco Modelo 6M a 35°C durante 10 horas, para finalmente ser almacenados a una temperatura de -10°C hasta su utilización en un refrigerador marca Fisher.

Bioensayos

Organismos Experimentales

Para la evaluación del efecto de la incorporación de *P. americana* L. en las dietas, se utilizaron 300 juveniles de Carpa japonesa (*Carasus auratus* L.) provenientes de una granja productora de peces de ornato localizada en el estado de Morelos.

Los peces fueron aclimatados a una temperatura de 28 °C igual a la del agua de los acuarios, en los que se realizarían las pruebas de alimentación, donde se mantuvieron en observación durante un periodo de 15 días, alimentándolos con la dieta² que habitualmente se les proporcionaba en su lugar de origen.

² Alimento conformado por: hojuela, salvado y otros ingredientes no identificados debido a lo reducido de su tamaño de partícula.

Durante el período de la investigación, se mantuvo a los organismos en acuarios de vidrio con dimensiones de 25 cm x 30 cm x 50 cm, en un volumen aproximado de 30 litros de agua, cada unidad contaba con un aereador y filtro de agua, además de un termostato para mantener la temperatura a 28 °C aproximadamente, así mismo estuvieron expuestos a un período de luz natural de 12 horas

Distribución de Lotes

Para el bioensayo se seleccionaron aquellas carpas con una longitud patrón de 2.4 a 2.6 cm, las cuales fueron pesadas individualmente en una balanza digital marca Ohaus GT8000 y distribuidas al azar a una densidad de 20 organismos por acuario, con réplicas de 3 acuarios por dieta (tratamiento). A su vez los tratamientos y sus réplicas fueron distribuidos al azar en los diferentes acuarios

Ensayos de Alimentación y Crecimiento

El seguimiento para la evaluación de las dietas experimentales tuvo una duración de 60 días, iniciando en el mes de octubre y concluyendo en el mes de diciembre del mismo año

Los peces fueron alimentados 6 días a la semana proporcionándoles las diferentes dietas con tamaños de partícula de aproximadamente 1 a 2 mm (Hasan y Macintosh, 1992), a una tasa de alimentación del 3% respecto a la biomasa. El alimento fue pesado en una balanza analítica marca Chyo JL-180, y la ración diaria fue dividida y suministrada en 3 dosis a las 8, 12 y 16 horas del día

Las heces fueron retiradas diariamente, y se realizaron reemplazos del 30% del agua de los acuarios diariamente, por agua limpia libre de cloro, y a la misma temperatura que el agua eliminada para reducir el estrés de los organismos durante las labores de limpieza de los acuarios

Parámetros Biológicos

Se registraron los siguientes datos merísticos de los organismos: peso, longitud total, longitud estándar y altura, al iniciar los ensayos de crecimiento y posteriormente cada 15 días hasta finalizar los bioensayos de alimentación.

Los organismos utilizados para las pruebas de alimentación fueron pesados individualmente en una balanza digital Ohaus eliminando con un paño limpio el exceso de agua previo a su pesado

Para la evaluación del efecto de las dietas se utilizaron las siguientes fórmulas

Tasa de Crecimiento Específico:

$$TCE = \frac{\ln W_f - \ln W_i}{t} \times 100$$

Ganancia de Peso %

$$GP = \frac{W_f - W_i}{W_i} \times 100$$

Tasa de Eficiencia Proteica:

$$PER = \frac{W_f - W_i}{\text{Cantidad de proteína suministrada}}$$

Tasa Conversión Alimenticia:

$$TCA = \frac{\text{Alimento suministrado}}{\text{incremento de peso}}$$

donde:

W_i = peso inicial

W_f = peso final

t = tiempo en días

Se realizaron pruebas de estadística descriptiva, Análisis de Varianza a los valores de longitud, altura y peso, además de Análisis de Contrastes utilizando el Método LSD ($\alpha=0.05$) para determinar las diferencias entre tratamientos, auxiliándose del programa estadístico STATGRAPHYC Plus 6.0

Por lo que se refiere a la determinación del Factor de Condición (K) el cual de acuerdo a Nikolsky (1963) (En Medina-García, 1976 y Marañón, 1992) nos permite conocer la condición de la población de peces en términos numéricos (grado de bienestar, robustez, gordura) y determinar bajo que condiciones se obtienen los mejores rendimientos, se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$K = W / L^b$$

Donde

K	=	Factor de Condición
W	=	Peso (g)
L	=	Longitud (cm)
b	=	Coefficiente de regresión de la relación peso vs longitud, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$W = a \times L^b$$

Donde

a	=	ordenada
---	---	----------

Se estableció el tipo de crecimiento de acuerdo a Weatherley y Gill (1989), a partir del valor de "b" obtenido de la regresión simple de la relación Peso/Longitud, en donde las especies que presentan un valor de "b" igual a 3.0 su crecimiento es de tipo isométrico, asimismo cuando este es mayor o menor a 3 se condiera un tipo de crecimiento alométrico. Se aplicó la Prueba de t de Student para conocer la significancia del tipo de crecimiento de los organismos en estudio, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$t_c = \frac{|b - 3|}{\sqrt{1 - r^2}} * \frac{s_x}{s_y} * \sqrt{n-2}$$

En donde

s_x	=	Desviación estándar de la Longitud patrón
s_y	=	Desviación estándar del Peso
r^2	=	Coefficiente de determinación
n	=	Tamaño de muestra
b	=	Valor de la pendiente
2	=	grados de libertad
t_c	=	t calculada

La fidelidad de los modelos obtenidos de la regresión relación Peso-Longitud se validó a través del análisis de residuos estandarizados de los 4 lotes experimentales al finalizar el experimento de acuerdo a Curtis (1984).

RESULTADOS

Periplaneta americana L.

Biología

El ciclo de vida observado en *P. americana L.*, en los cultivos desarrollados en el Insectario del Instituto de Biología, requirieron de 100 días (14 28 semanas) en promedio para llegar del primer estadio ninfal al estado adulto, tal y como lo muestra la curva de crecimiento obtenida con base en las mediciones semanales de longitud total (Fig. 1)

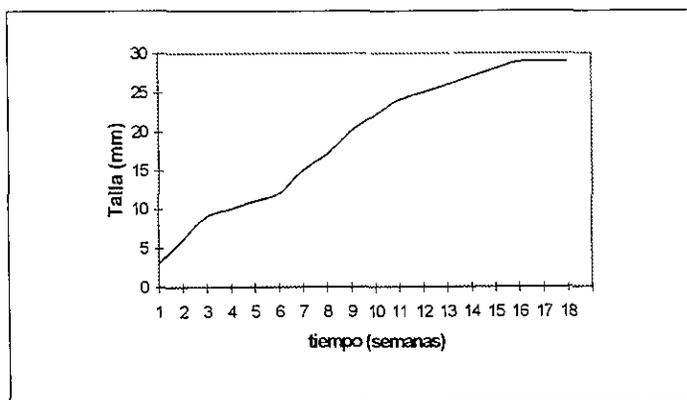


Fig. 1 Curva de crecimiento de ninfas de *P. americana L.* en condiciones de laboratorio

Los ensayos para la evaluación de la fertilidad realizados durante 24 semanas (6 meses), reflejaron una producción promedio de 1.7 Ootecas por hembra por semana, así mismo se manifestó una mortalidad de huevecillos del 22%, por depredación.

Por otro lado las pruebas de sobrevivencia de ninfas mostraron valores del 80%, comprendiendo desde el día de emergencia o eclosión de la ooteca, hasta alcanzar su estado adulto, tal y como se observa en la Fig. 2.

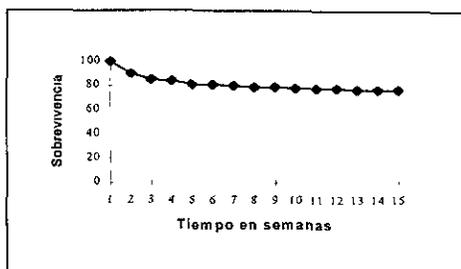


Fig. 2. Valores de sobrevivencia de ninfas de *P. americana L.* observados durante 15 semanas de experimentación en condiciones de laboratorio

De acuerdo a los resultados obtenidos de sobrevivencia y crecimiento se generó un diagrama de flujo con las etapas más sobresalientes para la obtención de proteína estimada en 228.2 g (peso seco) a partir de una población inicial de 100 hembras adultas (Fig. 3)

Composición química de ninfas

El valor nutricional de las tres tallas (10 mm, 20 mm y 30 mm) de ninfas evaluadas químicamente, fué significativamente diferente, observándose una relación inversamente proporcional entre el contenido de proteínas y lípidos, tal y como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Análisis químico proximal de *P. americana L.* en tres estadios de desarrollo diferente.

Parámetro	Talla		
	10 mm	20 mm	30 mm
Proteína	50.70	47.9	44.21
Extracto Etereo	35.27	36.8	41.11
Fibra cruda	6.83	7.1	7.31
E.L.N. *	3.10	4.2	4.3
Cenizas	4.10	4.0	3.07

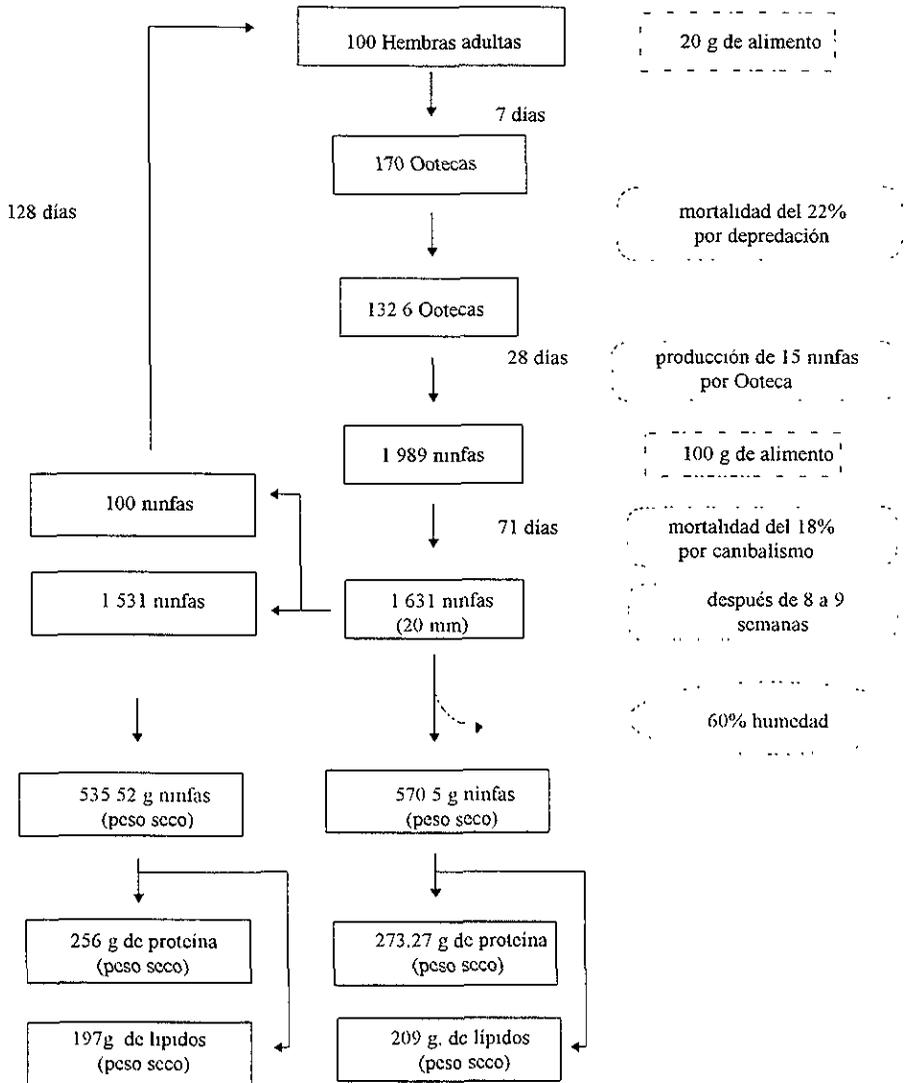


Fig. 3- Diagrama de producción de ninfas de *P. americana L.* en condiciones controladas de humedad (80%h r.), Temperatura (28 °C) y alimentación.

Composición química de las dietas experimentales

La composición química de las dietas elaboradas con las diferentes concentraciones de *P. americana* L. (10%, 20% y 30%), se muestra en la Tabla 5, en donde se denota claramente un incremento en el contenido de lípidos y una disminución de los de Carbohidratos (ELN), a medida que se incrementaron las concentraciones del insecto en el alimento.

Por lo que respecta a la composición química del alimento comercial para peces API-TILAPIA empleado como dieta control, presentó un 0.73% y un 9.64% menos de proteína y lípidos que la dieta experimenta III, que contenía un 30% de harina de *P. americana* L.

Tabla 5.- Composición química de las dietas utilizadas para determinar el efecto de *P. americana* L. en el crecimiento de *Carasius auratus* L. (peso seco).

COMPOSICION QUIMICA	D I E T A S			
	CONTROL	I (10%)*	II (20%)*	III (30%)*
Proteína	45.45	45.69	45.94	46.18
Lípidos	4.54	7.77	10.99	14.22
Fibra Cruda	5.68	5.96	6.07	6.11
Cenizas	13.63	12.69	11.74	10.88
ELN	30.68	278.02	25.37	22.69
Energía total (Kcal/100g)	425.28	445.2	467.75	487.93

* Harina de *P. americana* L.

Digestibilidad *in vitro*

La digestibilidad presentada por la proteína de la harina desgrasada de *Periplaneta americana* L. arrojó un valor de 79.09 %

*Carassius auratus L.***Evaluación de dietas experimentales (TCA, TCE y PER)**

Transcurridos los sesenta días de experimentación no se observó ninguna anomalía física o conductual en los peces sujetos a experimentación

Las carpas alimentadas con la dieta I, registraron los porcentajes más bajos de sobrevivencia con un 63.33%, mientras que la dieta control presentó el valor más alto con un 81.49% (Tabla 6).

Tabla 6.- Resultados del bioensayo de alimentación, utilizando diferentes proporciones de *P. americana L. en dietas para *Carassius auratus L.***

Dieta	CONTROL	I	II	III
%	(0%)*	(10%)*	(20%)*	(30%)*
Peso inicial (g)	1.32 ± 0.68	1.21 ± 0.54	1.3 ± 0.55	1.32 ± 0.52
Peso final (g)	2.34 ± 0.99	2.14 ± 0.92	2.2 ± 0.93	2.49 ± 0.82
Incremento de peso (g)	1.02	0.93	0.90	1.17
Ganancia de peso (%)	77.27	76.85	69.23	88.63
No. inicial	59	60	60	58
No. final	48	35	42	43
Sobrevivencia (%)	81.49	63.33	70.00	75.73
TCE (%)	0.95	0.95	0.88	1.06
TCA	2.6	2.5	2.8	2.2
Long. Patrón ini. (cm)	2.5 ± 0.39	2.63 ± 0.47	2.63 ± 0.40	2.66 ± 0.38
Long. Patrón fin (cm)	3.08 ± 1.49	3.03 ± 0.52	3.02 ± 0.46	3.15 ± 0.39
PER	1.59	1.59	1.45	1.70

• Harina de *P americana L.*

La dieta II registró los valores más altos de Tasa de Conversión Alimenticia (TCA), indicando esto que se requirieron 2.8 partes de alimento para incrementar en una parte el

peso de los peces. Sin embargo, se observó una mejor conversión en la dieta III con un valor de 2.2 (Tabla 6 Fig 4)

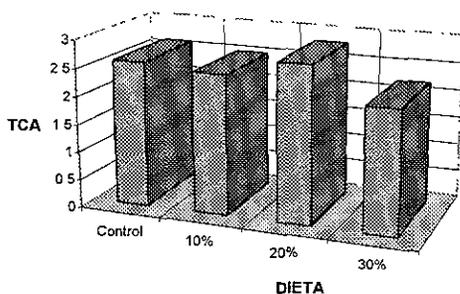


Fig. 4.- Tasa de Conversión Alimenticia (TCA) presentada por *C. auratus* L. alimentada con tres porcentajes (10%, 20% y 30%) de harina de *P. americana* L., y el alimento balanceado API-Tilapia

Para estimar el incremento de peso vivo en términos absolutos, se calculó la Tasa de Crecimiento Específico, resultando ser prácticamente igual para la dieta Control y I (0.95), y mayor para el caso de la dieta III (1.06), (Tabla 6, Fig 5)

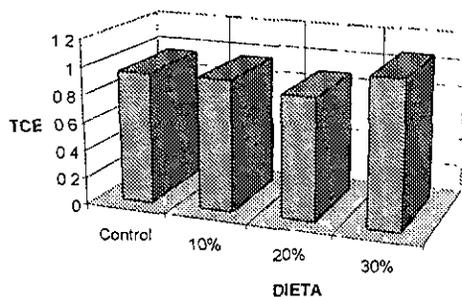


Fig. 5.- Valores de la TCE presentados por *C. auratus* L. alimentada con tres porcentajes (10%, 20% y 30%) de harina de *P. americana* L., y el alimento balanceado API-Tilapia

En relación a la evaluación de la proteína utilizada para el crecimiento, el valor mínimo de PER, se registró en la dieta II el valor mínimo (1.45) y el máximo en la dieta III (1.70).

mientras que las dietas control y I, registraron la misma eficiencia proteica del alimento (1.59), (Tabla 6, Fig. 6)

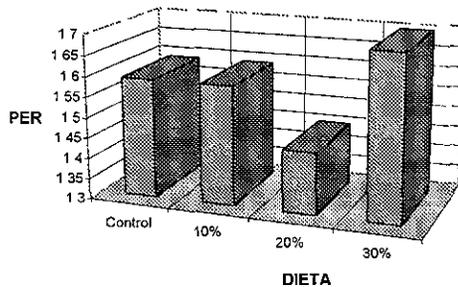


Fig. 6.-Valores del PER presentados por *C. auratus* L. alimentada con tres porcentajes (10%, 20% y 30%) de harina de *P. americana* L., y el alimento balanceado API-TiHapia

Factor de Condición y Tipo de crecimiento

Las ecuaciones obtenidas a través de la regresión simple calculada de la relación peso vs. longitud así como los valores obtenidos para el Factor de Condición se presentan en la Tabla 7, resultando ser las dietas I y III las que mejor grado de bienestar ejercieron sobre el lote alimentado con las mismas, en relación a las otras dos dietas. Por otra parte en la misma tabla se muestra en tipo de crecimiento observado en los organismos bajo experimentación, resultando ser en todos los casos del tipo alométrico, al ser los valores de "b" diferentes a 3, y $t_c > t_i$, rechazando de esta forma H_0 ($B=0$) y aceptando H_a ($B \neq 3$)

Tabla 7 Factor de Condición y Tipo de Crecimiento presentado por los organismos de *Carassius auratus* L. alimentados con diferentes proporciones de harina de *Periplaneta americana* L.

Lote	Ecuación Longitud-Peso	K	Tipo de crecimiento	t_c	t_i
Testigo	$y = -2.095 * L^{2.567}$	0.129	alométrico	24.32	1.96
10%	$y = -1.825 * L^{2.279}$	0.171	alométrico	16.31	1.96
20%	$y = -2.0791 * L^{2.539}$	0.131	alométrico	16.48	1.96
30%	$y = -1.818 * L^{2.342}$	0.168	alométrico	16.76	1.96

El efecto que los diferentes porcentajes de la harina de *P. americana* L., tuvieron sobre el peso, longitud y altura de los organismos de *C. auratus* L., se muestra gráficamente en las figuras 7, 8 y 9, denotándose claramente que la Dieta III con respecto a estos tres parámetros generó en los organismos alimentados con esta, observándose lo opuesto en los organismos alimentados con la Dieta II.

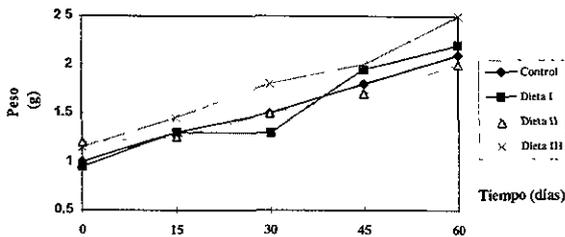


Fig. 7. Efecto de 3 dietas con diferentes porcentajes de harina de *P. americana* L., sobre el peso de *C. auratus* L. a lo largo de 60 días de experimentación.

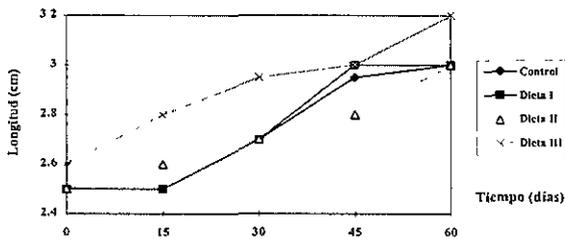


Fig. 8 Efecto de 3 diferentes porcentajes de *P. americana* L. sobre la longitud de *C. auratus* L., a lo largo de 60 días de experimentación.

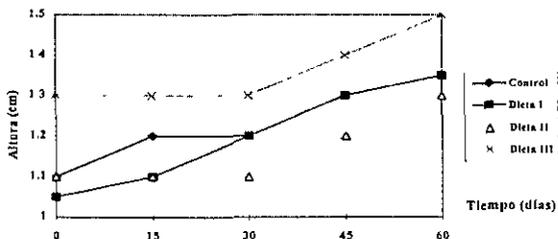


Fig. 9. Efecto de 3 diferentes porcentajes de harina de *P. americana* L. sobre la altura de *C. auratus* L. a lo largo de 60 días de experimentación

Análisis Estadístico

Los valores peso, longitud y altura mostraron una distribución normal y homogeneidad de varianza, por lo que se aplicó una Prueba ANOVA con un nivel de significancia de $P < 0.05$, resultando existir diferencias significativas entre los tratamientos de la muestra analizada ($n=1010$).

De acuerdo al Análisis de Contrastes, utilizando el Método LSD ($\alpha = 0.05$), se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas (*), entre tratamientos, reflejando que los tratamientos Control y II son diferentes entre sí con relación a la altura, además de que los Tratamientos Control y I, I y III, así como el II y III presentan diferencias en cuanto a peso, altura y longitud se refiere. Sin embargo no existió diferencia estadística entre los tratamientos Control y III, así como entre el I y el II (Tabla 8).

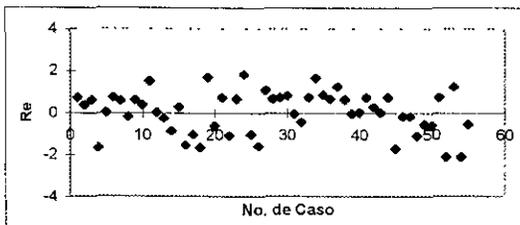
La validación de los modelos obtenidos de la relación Peso-Longitud, mostró a través del análisis de residuos estandarizados que los modelos fueron adecuados y la dispersión de los residuos se encontraron dentro del rango ± 2 , lo cual valida la normalidad de los modelos (Fig.10)

Tabla 8. Análisis de Contrastes ($\alpha = 0.05$) de los parámetros biométricos de *C. auratus* alimentada con 3 diferentes porcentajes de harina de *P. americana* L., y alimento balanceado API-TILAPIA.

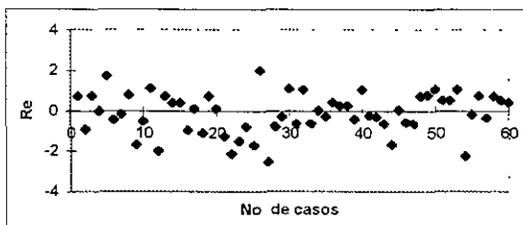
Tratamiento	Peso	Altura	Longitud
Control - I	*	*	*
Control - II		*	
Control - III			
I - II			
I - III	*	*	*
II - III	*	*	*

Control ($n=271$); I ($n=238$); II ($n=250$) y III ($n=251$)

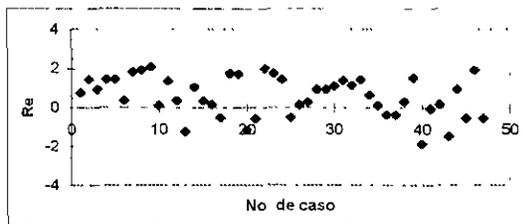
Dieta Control
API-TILAPIA



Dieta I
10% de *P. americana L.*



Dieta II
20% de *P. americana L.*



Dieta III
30% de *P. americana L.*

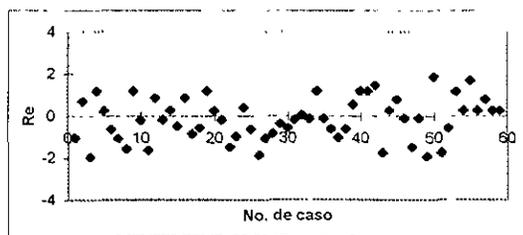


Fig. 10. Residuos estandarizados de la relación peso-longitud presentado por *C. auratus*, alimentada con harina de *P. americana L.*, a los 60 días de experimentación.

Costos

El análisis de los costos de las dietas se realizó basándose únicamente en el costo de los insumos necesarios para su elaboración, siendo de acuerdo a esto el costo del kilogramo de alimento balanceado API-TILAPIA de \$1 00 M N, y de *P. americana* L, de \$1 48 M N. Por otra parte, con base a la Tasa de Conversión Alimenticia que consideró la cantidad de alimento necesaria para incrementar en una unidad el peso del organismo utilizando las diferentes dietas experimentales, resultando ser más costoso en \$ 0 38 pesos, alimentar a los peces con la dieta II (20% de insecto), que con la dieta control (Tabla 9)

Tabla 9 .-Comparación entre los costos de producción del alimento experimental y el alimento balanceado API-TILAPIA, utilizado en la alimentación de *Carassius auratus* L.

Dieta	Insecto(%)	Costo Kg NS	TCA	Costo Kg Pez NS
Control	0	1.00	2.3	2.32
I	10	1.05	2.2	2.35
II	20	1.09	2.5	2.70
III	30	1.14	2.2	2.56

DISCUSION

Para estimar la factibilidad potencial biotécnica y económica de utilizar la harina de *Periplaneta americana* L, en la alimentación de *Carassius auratus* L, se requirió en primer término de realizar un análisis químico que revelara el valor nutritivo del insecto. En segundo lugar, se requirió de un estudio de producción, que comprendiera aspectos de sobrevivencia, reproducción, tiempo de desarrollo y condiciones ambientales para conocer la biomasa producida. En tercer lugar, fue necesario evaluar los costos de producción para contar con un panorama general al respecto. Y finalmente quizás una de las etapas más importantes, la evaluación de las dietas experimentales, a través de la sobrevivencia, crecimiento y conversión alimenticia observada por los organismos sujetos a experimentación.

Es importante mencionar que durante el presente análisis se realizan con frecuencia comparaciones con la especie *Cyprinus carpio* L, debido a estar relacionada filogenéticamente a *C. auratus* L, y por ser tener hábitos alimenticios similares y ubicarse, al igual que la carpa japonesa en la zona de bentos de la columna de agua.

Con relación al valor nutricional de las tres tallas (10 mm, 20 mm y 30mm) de *P. americana* L. analizadas, resultaron ser los organismos de 10 mm de longitud, aquellos cuyo contenido proteico (50.70%) fue mayor con respecto a las otras dos grupos de talla. Sin embargo, se decidió realizar el presente estudio con aquellas "cucarachas" que median 20 mm en promedio, debido a dos razones principales. Biomasa y contenido de proteína (47.9%) adecuados para los requerimientos de nuestra especie a alimentar (Lochmann, 1994). Además, al comparar a estos organismos con los de 30 mm de longitud, esta talla tiene ventaja de obtener un aporte de 3.69% más de proteína y un 4.31% menos de lípidos, además de un 0.30% menos de fibra cruda, la cual a medida que incrementa sus niveles en el alimento puede ocasionar problemas digestivos como obstrucción intestinal o en casos menos graves disminución en la proporción de nutrientes en la dieta.

Ahora bien, al comparar el valor nutricional de nuestro insecto objeto de investigación con otros ingredientes utilizados convencionalmente en la alimentación animal, observamos que existe una notable diferencia a favor de *P. americana* L (47.9%), con respecto al contenido de proteína del sorgo (8.2%) y de la harina de trigo (18.8%), presentando a su vez valores muy cercanos al de la soya (47.7%) e inferiores al del pescado (62.6%). Así mismo con respecto a la proporción de lípidos (36.8%) es superior a estos mismos ingredientes: sorgo (3.5%), harina de trigo (3.3%), harina de pescado (6.1%) y soya (5.2%).

Por lo que respecta al valor obtenido de *P. americana* L. de 79.09% de digestibilidad "In vitro" de la harina, se considera que es un valor aceptable, ya que de acuerdo al NRC

(1993) los alimentos con digestibilidades del 75% al 95% son referidos como ingredientes ricos en proteínas. Así mismo, los resultados obtenidos son prometedores, al comparar estos con los reportes de Ramos-Elorduy y col (1981) quienes registraron valores de 33% de digestibilidad para *Atta mexicana* (chicatanas). Watanabe (1995a), al alimentar a *C. carpio* a temperaturas de 25°C, obtuvo digestibilidades del 80.4%, para harina de pescado, 80.4 para la harina de trigo y del 88.0% con harina de pupa de gusano de seda.

Las condiciones de temperatura (29 °C), humedad relativa (80%), espacio y alimentación en las que se cultivaron los organismos de *P. americana* L., permitieron completar su ciclo de vida en un tiempo de 128 días, el cual fue inferior a lo reportado por Griffiths y Tauber (1942) de 250 a 270 días a temperaturas de 29 °C, y a lo obtenido por Harwood (1987) el cual reportó ciclos de vida para esta misma especie de 830 días bajo condiciones de laboratorio. La importancia de haber logrado reducir la duración del ciclo de vida abre la posibilidad de producir mayor número de generaciones por año, y por consiguiente elevar la producción de organismos.

A partir del análisis de la sobrevivencia y crecimiento de estos insectos se elaboró el diagrama de flujo con las principales etapas que comprende el cultivo de *P. americana* L. para la alimentación animal. Este diagrama se elaboró como una propuesta sujeta a perfeccionar en la medida en que se profundice en el conocimiento de la dinámica poblacional y relaciones intraespecíficas bajo condiciones de laboratorio. De acuerdo a este en un tiempo aproximado de 71 días se puede obtener una producción de 1,631 ninfas a partir de 100 hembras adultas reproductoras, lo que se refleja en una biomasa de 570.5 g (peso seco), lo que significa 273.27 g de proteína y 209 g de lípidos.

Con base a los análisis químicos proximales practicados a las dietas experimentales se observó una diferencia del 0.73% de proteína entre la dieta con mayor y menor contenido de este nutriente, por lo que se consideró a las dietas como isoproteicas. Sin embargo, se observaron altos niveles de lípidos que se incrementaron a medida que aumentaron los porcentajes de harina de *P. americana* L. en la dieta. De acuerdo a esto, los niveles de lípidos en las dietas se encontraron dentro del rango del 4.54% al 14.18% correspondiente el valor mínimo a la dieta control y el máximo a la dieta III, reflejándose esto en los niveles de kilocalorías de cada dieta oscilando de 425.28 Kcal/100g a 487.93 Kcal/100g entre la dieta control (API-TILAPIA) y la dieta III (30% insecto), valores adecuados basándonos en los resultados obtenidos de las investigaciones de Steffens (1987), quien observó requerimientos de 431.57 Kcal/100g por carpas jóvenes de la especie *Cyprinus carpio* L. En este sentido podemos considerar que estos valores pueden ser adecuados para juveniles de *C. auratus* L.

Así mismo, se practicaron análisis químicos proximales al alimento comercial API-TILAPIA para verificar si la proporción de nutrientes era realmente la indicada en la etiqueta del producto, lo cual se comprobó positivamente.

Durante la elaboración de las diferentes dietas experimentales las cuales incluían como variable experimental la inclusión de *P. americana* L. en tres diferentes porcentajes, se presentó cierto grado de dificultad ya que el insecto molido más que una harina era en realidad una pasta debido al tipo y niveles de lípidos que lo constituyen (36.8%), lo que originó que se dificultara el molido del insecto ya que este se tuvo que realizar en forma manual. Esta dificultad representa un obstáculo durante la preparación del alimento a escalas mayores que las utilizadas durante el presente ensayo, lo que se debe de tomar en cuenta al momento de estudiar la posibilidad de producciones de alimento a nivel piloto, precomercial y comercial respectivamente.

Por lo que se refiere al efecto que las dietas control y experimentales tuvieron sobre los organismos no fue del todo la esperada, ya que se pensó que a medida que se incrementaran los niveles de *P. americana* L., el crecimiento de *C. auratus* L. se incrementaría. Sin embargo esto no sucedió así con los organismos alimentados con la Dieta II que contenía 20% de insecto en su composición, los cuales manifestaron un ligero rezago en su desarrollo. Por el momento se desconoce las causas de esta respuesta, dado que las condiciones en las que se mantuvieron todos los lotes experimentales fueron similares. Lo que si se puede asegurar es el hecho de observar una tendencia positiva en crecimiento a medida que se incrementaron los porcentajes de *P. americana* L.

Al analizar el incremento en peso de los organismos se observó que los peces alimentados con la Dieta III (30% insecto) presentaron un incremento del 88.63%, seguido por el grupo Control (77.27%), la Dieta I (76.85%), y finalmente la Dieta II (69.23%). Esto calculado a través de un índice como es la Tasa de Crecimiento Específico (TCE) confirmó los resultados antes señalados, con valores máximos de 1.06% para la Dieta con 30% de insecto y mínimos de 0.88% para la Dieta con 20% de *P. americana* L.

Del mismo modo la Tasa de Conversión Alimenticia (TCA), reflejo que la mejor conversión del alimento la obtuvieron los peces alimentados con la Dieta III (30%) con valores de 2.2, seguida por los de la Dieta I (10%) con 2.5 y por último la Dieta Control con 2.6, considerando de acuerdo a esto a la Dieta II (30%) como la de menor conversión con valores de 2.8.

Mientras que por lo que se refiere a la evaluación del aprovechamiento de la proteína a través de la Tasa de Eficiencia Proteica (PER), se observó que los peces alimentados con la Dieta III, aprovecharon mejor la proteína del alimento (1.70) acuerdo a los otros lotes a los que se les suministró harina de cucaracha. Así mismo, los lotes correspondientes a la Dieta Control y Dieta I registraron iguales niveles de aprovechamiento (1.59), lo cual no se observó con los peces a los que se les suministró la Dieta II, ya que presentaron una eficiencia de sólo el 1.45, o que se manifestó en los parámetros antes mencionados.

De acuerdo a lo anterior podemos decir que los resultados obtenidos fueron alentadores, ya que Kestemont (1995) al alimentar organismos de *C. auratus* L alimentados con pellets y nauplios de *Artemia* hace referencia a valores de PER de 0.78 y 0.95, a temperaturas de 28 °C. Por su parte Lochmann (1994) reportó para la misma especie cifras que oscilaron entre el 2.6 y el 3.3. Steffens (1987) menciona que Murai (1982) al utilizar caseína en la alimentación de carpas jóvenes observó eficiencias del 2.55, y Luquet (1971) también citado por Steffens (1987) reporta valores de PER de 0.98 para trucha arco-iris.

En función a la evaluación del crecimiento obtenido por *C. auratus* L., a través de la TCA, TCE y PER las dietas que mejores rendimientos ofrecieron fueron la Control y la Dieta III (30%), las cuales fueron significativamente iguales de acuerdo al análisis de contrastes.

Por otro lado con relación a la sobrevivencia promedio obtenida de 73 organismos, se considera que esta se debió por una parte a la mortalidad natural, pero principalmente al estrés provocado por la manipulación al que fueron sometidas los organismos durante las mediciones métricas quincenales.

Con respecto a las variaciones de peso de los diferentes lotes experimentales a lo largo de las 8 semanas de experimentación se observó que los peces de *C. auratus* L alimentados con las Dietas Control, II y III, en general presentaron un comportamiento semejante, a diferencia de la Dieta I donde a los 30 días de iniciado el bioensayo los organismos registraron un menor incremento. De acuerdo a la última lectura es evidente el efecto que las dietas tuvieron sobre el incremento en peso, ya que de acuerdo a esto el mejor crecimiento se obtuvo con la Dieta III, seguida por las Dietas Control y I.

Sin embargo con respecto al parámetro altura los peces alimentados con las diferentes dietas a lo largo del bioensayo presentaron diferencias de ± 0.1 mm, y sólo al los 60 días de experimentación se presentó una diferencia promedio de 10 mm de incremento entre los peces a los que se les suministró la Dieta Control y los alimentados con las otras tres dietas ensayadas.

Así mismo de acuerdo a los registros métricos quincenales, el incremento en longitud de los organismos alimentados con la Dieta III (30%) a los 30 días de experimentación se observó una diferencia de 0.25 mm de ganancia en comparación al resto de los grupos alimentados con las otras dietas proporcionadas, sin embargo esta diferencia disminuyó a 0.2 mm a los 60 días de iniciado el ensayo.

Con base a lo anterior puede concluirse que el grupo de peces alimentados con la Dieta II concluyeron el experimento siendo organismos delgados y largos, sucediendo lo opuesto con los alimentados con la Dieta III (30%), que obtuvieron el mayor incremento de peso y longitud. Sin embargo, de acuerdo al Factor de Condición calculado, los lotes que observaron mayor grado de bienestar fueron los alimentados con las dietas III (30%) y I.

(10%), mientras que los organismos cuyas dietas fueron la Control y la II (20%) alcanzaron menores niveles de robustez o bienestar respecto a las primeras

De acuerdo al valor de "b" obtenido de la ecuación peso-longitud, se determinó para todos los lotes un crecimiento de tipo "alométrico", significando esto un crecimiento no proporcional entre el peso y la longitud, de acuerdo al valor de 3 convencionalmente utilizado para determinar la simetría de las especies. Sin embargo, esto no se ajusta en la práctica para todas las especies, ya que existen especies como *C. auratus*, *Paralichthys* sp, *Manta* sp, *Trachinotus* sp, etc, cuyo crecimiento no es simétrico lo cual no es síntoma de anomalía o deficiencia nutricional.

Por lo que se refiere a los costos de las diferentes dietas empleadas en el presente estudio, cabe mencionar que a medida que se incrementaron las proporciones de harina de *P. americana* L, en las dietas, estas incrementaron su costo en 5%, 9% y 14%. Sin embargo, de acuerdo a la TCA observada el costo para producir un kilogramo de pez, fue muy semejante al utilizar la Dieta Control (\$2.32 M N), que la Dieta I (\$2.35 M N) que incluía un 10% de harina de *P. americana* L, lo cual para el productor podría no parecer muy atractivo, ya que implica además de una elevación en los costos un proceso adicional.

Sin embargo, los organismos de *C. auratus* L. alimentados con la Dieta III, registraron una TCA de 1.22, implicando esto un costo de \$2.56 M N. para elevar en una unidad el peso de los organismos en las condiciones del presente trabajo. Considerando lo anterior los costos se elevan \$0.24 M N, lo que a niveles precomerciales y comerciales pueden representar mayores costos de producción por alimentación. No obstante se puede considerar que el proporcionar una dieta que ofrezca un crecimiento de los organismos con adecuado grado de bienestar bajo condiciones de cultivo en un menor tiempo, representa a su vez reducción en los tiempos de producción y de operación. Así mismo, es importante considerar que el contar con peces bien alimentados, se reflejará en organismos sanos y más resistente a las enfermedades, lo que reducirá los gastos por concepto de adquisición de medicamentos. Además muchos de los organismos sobrevivientes llegan a presentar secuelas de las enfermedades lo que detrimenta su calidad y precio en el mercado.

A parecer los niveles de lípidos en las dietas experimentales no ocasionaron problemas nutricionales, de hecho se observaron los mejores parámetros de crecimiento en la Dieta III que contenía los niveles más altos de lípidos. Esta observación se apoya en las investigaciones realizadas por Appleford (1997), el cual señala que en pruebas realizadas con *C. carpio* L alimentada con niveles del 10% al 15% de lípidos a partir de aceite de atún no se presentaron alteraciones en la digestibilidad de la proteína de la dieta. De acuerdo a Lochman y Phillips (1994) más que afectar en la nutrición de los organismos la incorporación de lípidos, estos ejercen una acción ahorrativa de proteínas cuando se trata de dietas pobres en energía, reduciendo de esta manera las pérdidas de peso de los organismos. Igualmente, Steffens (1987) reporta que Eckhardt en 1981 obtuvo buenos

rendimientos al alimentar *C. carpio* con una dieta compuesta en un 42% de proteína y una tasa de grasa del 12%, observando los mejores resultados con un 18% de grasa. Por su parte, Watanabe (1995b), ensayó con dietas que incluían 3 niveles de lípidos (12%, 18% y 21%) a partir de hígado de bacalao, observado un mejor aprovechamiento de la dieta en aquellas que contenían el 21% de lípidos.

Así mismo, es importante considerar que debido a los hábitos omnívoros de *P. americana* L. y la aceptación que presenta esta para el consumo de diferentes alimentos, nos permite pensar en la posibilidad de adecuar el contenido de proteínas y lípidos de este insecto de acuerdo al tipo de alimento que se le suministre durante su cultivo, lo cual nos permitiría producir cucarachas con diferentes contenidos nutricionales en función del consumidor objetivo que pretendamos alimentar.

Haciendo una recopilación del análisis antes expuesto podemos expresar que la harina de *P. americana* L., debido a su contenido de proteínas, perfil de aminoácidos, y alto grado de digestibilidad de proteínas la hacen ser un atractivo ingrediente no convencional para la alimentación de *C. auratus* L. y que su aparentemente alto nivel de lípidos no es realidad una limitante para su uso, sino más bien una importante fuente de lípidos de buena calidad, ya que de acuerdo a Rockstein (1974) y Rees (1977), al parecer son grasas del tipo de los triacilglicérols.

Finalmente, es recomendable realizar bioensayos de alimentación previos a la aplicación de dietas con harina de *P. americana* a niveles precomerciales o para su uso con otras especies. Además, de la necesidad de estudiar con mayor detalle la composición química de los lípidos que se encuentran presentes en este insecto para la elaboración de dietas balanceadas, ya que de acuerdo a las características de las mismas podemos determinar con mayor seguridad las bondades de este insecto en la alimentación animal.

CONCLUSIONES

- 1 Las condiciones de humedad relativa (80%), temperatura (29 °C) y alimentación a base de croquetas para perro (Purina) en las que se mantuvieron los cultivos de *P. americana* L. fueron adecuadas para cerrar el ciclo de vida de este insecto en 128 días
- 2 Bajo estas condiciones de laboratorio se pueden producir 273.27 g de proteína y 209 g de lípidos (peso seco), a partir de 100 hembras adultas de *P. americana* L.
- 3 A partir de los resultados de crecimiento de *C. auratus* L., se observó que no existió diferencia significativa entre la Dieta Control (API-TILAPIA) y la Dieta III (30% de *P. americana* L.)
- 4 *P. americana* L. puede ser una buena fuente de lípidos de buena calidad, reflejándose en la obtención de mejores valores de TCA, TCE y PER, tal y como sucedió con la Dieta III (30% insecto).
- 5 Dietas con 30% de harina de *P. americana* L. y 70% de alimento balanceado API-TILAPIA se consideran adecuadas para la alimentación de organismos juveniles de *C. auratus* L., en función de que los peces alimentados con esta dieta registraron el mejor crecimiento con respecto a los alimentados con las otras dietas experimentales.
- 6 El empleo de la harina de *P. americana* L. es económicamente factible, dado que su precio es menor al que presenta la harina de pescado y otros alimentos utilizados tradicionalmente como fuentes de proteína en la alimentación animal

LITERATURA CITADA

- Alliot, E., H.J. Ceccaldi, J.D. Celada, G. Echevarria. 1987 *Nutrición en Acuicultura II* Feuga, Madrid 317 pp
- Aguilera Hernandez, P y Guzman Chan J, 1986 *La trucha y su cultivo*. SEPESCA México 60 pp
- Anonimo 1975 Peces de Ornato. Fideicomiso para el desarrollo de la fauna acuática Serie de Divulgación No 1, 12 pp
- A O A C 1980 *Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists* Washington, D C
- Appleford P y T.A. Anderson 1996 Apparent digestibility of tuna oil for common carp, *Cyprinus carpio* - effect of inclusion level and adaptation time. *Aquaculture* 148 143-151
- Armijo Ortiz, A 1996 Situación actual del acuarismo en México. Datos estadísticos y su importancia en la economía nacional. En Enfermedades de peces de ornato y su importancia en sanidad acuícola. Fac de Med Vet y Zoo. UNAM
- Arredondo Figueroa, J.L. y J.R. Juárez Palacios *Ciprinicultura. Manual para el cultivo de carpas* SEPESCA. 121 pp
- Bodenheimer, F. S. 1951. *Insects as human food*. W. Junk Publishers The Hague. 352 pp
- Boonyaratpalin, M Y R.T. Lovell. 1977 Diet preparation for aquarium fishes *Aquaculture*. 12:53-62.
- Buenrostro Pablos, J 1993. Importación-exportación de ingredientes para alimentos balanceados. En. Memorias del Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura Univ. Autón. Nuevo León
- Chow, K W Y J E. Halver. 1980. Carbohidratos. En: *Fish feed technology*. FAO/UNDP ADCP/REP/80/11 56-66
- Conconi, R.E.M 1993 Estudio comparativo de 42 especies de insectos comestibles con alimentos convencionales en sus valores, nutritivo, calorico, proteínico y de aminoácidos, haciendo énfasis en la aportación de los aminoácidos esenciales y su papel en el metabolismo humano Tesis de Licenciatura Fac de Ciencias. UNAM
- Cruz-Suarez, E, Alonso-Martinez, G, y Denis Ricque-Marie 1992 Utilization of cricket meal (*Pterophylla beltrani*) as a protein source for shrimp feeds *Publicaciones Biológicas-F.C.B./U.A.N.L.* México, 6(1):18-23

- Curtis, J. B. 1984. Introducción al análisis de residuos. En: *Biología Biótica* 9(3):271-278
- Fajardo Manscal, J. E., 1990. Empleo de *Periplaneta americana* L. (Dictyoptera: Blattidae) en el reciclaje de desechos orgánicos en condiciones de laboratorio. Determinación de su ciclo de vida. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias. U.N.A.M.
- FAO 1984. Informes nacionales sobre el desarrollo de la acuicultura en América Latina. Informe de Pesca no 294. 65pp
- 1996. List of animal species used in aquaculture. Fisheries circular no 914. 38
- Flores, F. J. M. 1981. Evaluación de la harina de mosca doméstica (*Musca domestica* L.) como sustituto de harina de carne en una ración para pollos de engorda. Tesis de licenciatura. División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas. I.T.E.S.M. Monterrey N.L. 95 pp
- Goolish, E. M. y Adelman, I. R. 1984. Effects of ration size and temperature on the growth of juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture* (36):27-35
- Griffiths, J. T. y Tauber, O. E. 1942. The nymphal development of the cockroach *Periplaneta americana* L. *L.F.N.Y. Ent. Soc.* 50:263-272
- Halver, J. E. 1980. The vitamins. en: *Fish feed technology*. FAO/UNDP. ADCP/REP/80/11. 65-103 pp
- Harwood, R. F. y M. T. Jaime. 1987. *Entomología médica y veterinaria*. Limusa México. 615 pp
- Hasan, M. R. y D. J. Macintosh. 1992. Optimum food particle size in relation to body size of common carp, *Cyprinus carpio* L. fry. *Aquaculture and fisheries management* 23:315-325
- Hastings, W. H., 1976. Fish nutrition and fish feed manufacture. En: *Advances in Aquaculture*. FAO/FISHING New Books. London.
- Holtschmit, K., 1988. Nutrición y preparación de dietas para langostino. *Acuavisión*, 3(14): 11-15.
- Hemsted, W. R. T. 1974. Locus as a protein supplement for pigs. *East Afri. Agric. J.* April: 225-226
- Hernández-Aviles, J. S. y J. L. García-Calderón. 1991. La acuicultura. Hacia el manejo integrado de los recursos. En: *La Acuicultura en México: de los conceptos a la producción*. UNAM. 15-37
- Hsu, H. W. D. L., Vavak, L. D., Satterlee, G. A. y Miller, G. A. 1977. A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *Journal of Food Science* 42(5):1269-1273
- JICA, 1988. *Fish nutrition and mariculture*. Text book general aquaculture course. 224-225

- Kerstemont P. 1995 Influence of feed supply temperature and body size on the growth of goldfish *Carassius auratus* larvae *Aquaculture* 341-349
- Ladron de Guevara O., P. Padilla, L. Garcia, J. M. Pino y J. Ramos-Elorduy. 1993. Efficiency of the rphlc analytical method for determination of essential amino acids in some edible insect species *Amino Acids*. 5(1):134
- 1995 Amino acid determination in some edible mexican insects. *Amino Acids*. Ed Springer Verlag Austria. 9 161-173
- Lall, S P 1979 Mineral in finfish nutrition Proc World Symp on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology Berlin. Vol. 1 85-97
- Laszlo Horvath, G Tamas y Seagrave 1992. *Carp and pond fish culture* ed Fishing News Book. 158 pp
- Lenko, K y N. Papavero (1979). *Insectos no folclore.*, Conselho Estadual de Artes e Ciencias Humanas São Paulo Camara Brasileira do Livro S P 54-59
- Lochmann, R.T. y H. Phillips. 1994 Dietary protein requirement of juvenile golden shiners (*Notemigonus crysoleucas*) and goldfish (*Carassius auratus. L*) in aquaria *Aquaculture* 128:277-285
- Marañon Herrera, S (1992). El factor de condición en relación con algunas características reproductivas en carpa (*Cyprinus carpio specularis*) L hembras en estado de madurez V (Nikolsky, 1963) Manuales Técnicos de Acuicultura. Departamento de Pesca. México 34 pp
- Martinez-Palacios, C. y M C Chavez, 1988. Algunos aspectos de la nutrición de las tilapias *Acuavisión* 3(14) 4-5
- Martinez Palacios C, Chavez Sanchez, C y E Varsı 1993 La nutrición y la alimentación en la acuicultura de América Latina y el Caribe. Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación -FAO México Documento de Campo no 9 176 pp
- Meade, J W., Krisc, W F y Ort, T 1983 Effect of temperature on production of tiger muskellunge in intensive culture. *Aquaculture* (32).157-164
- Medina, G M 1982 El factor de conversión económico del alimento en la evaluación del alimento En IV *Simp. Lat. Am. de Acuicultura* Panamá R. de Panamá, 25-29 pp
- Metcalf, C. L y Flint, Q P. 1980 *Insectos destructivos e insectos nocivos útiles, sus costumbres y su control* CELSA México 1308 pp
- Mills, Dick. 1993 *Aquarium fish* Dorling kindersley, Inc. Singapore 304 pp

- Morales Ventura, J. 1988. Uso de ingredientes no convencionales en la formulación de alimentos para peces. *Acuavisión* 3(14) 35-37
- National Research Council (NRC) 1993 *Nutrient requirements of fish*. National Academy Press Washington, D.C. 114 pp
- Ogino, C., Chiu, J.Y. y T. Takeuchi 1976. Protein nutrition in fish VI. Effects of dietary energy source on the utilization of protein by rainbow trout and carp. *Bull. Japan. Soc. Scient. Fish* 42:213-218
- Palacios C y M.L. Jiménez. 1996. Plagas domésticas. Las cucarachas. Cuaderno de educación ambiental No 11. CIBNOR. 11 pp
- Patton, R.L. 1963 *Introductory insect physiology* W.B. Saunders Co. 245 pp
- Petrovick'y. 1988 *La Gran Enciclopedia de los Peces de Acuario* Ed. Susaceta Aventinum, Praga. 500 pp
- Ramos-Elorduy J. 1981. Informe de actividades del proyecto de investigación interinstitucional Fertimex-Instituto de Biología (UNAM). Reciclaje de gallinaza con el empleo de insectos (*Musca domestica*) y su aprovechamiento en la alimentación de aves. Inédito. 30 pp
- 1982a. los insectos comestibles de México. Presente y futuro. *Rev. Tec. Alm. Mex* 18(6) 19-22
- 1982b. *Los insectos como fuente de proteína en el futuro*. Limusa México. 143 pp
- 1982a. Los insectos comestibles de México. Presente y futuro. *Rev. Tec. Alm. Mex* XVIII(6), 19-22
- 1983. Las cucarachas como fuente de proteínas. Inédito. 32
- 1988. Contenido de Tiamina, Riboflavina y Niacina en algunos insectos comestibles de México. Prog. XIX Cong. Nac. Cient. Tec. Alm. (anexo 85)
- (1990). Nota sobre el uso de insectos como una alternativa en la acuicultura. En: *La Acuicultura en México: de los conceptos a la producción*. UNAM.
- Ramos-Elorduy J., J.M. Pino Moreno y O. González Meza. 1982. Digestibilidad *In vitro* de algunos insectos comestibles en México. *Folia entomológica Mexicana* 49: 141-154
- Ramos-Elorduy J., J.M. Pino Moreno y C. Marquez Mayaudon. 1984. Edible insects in México and their protein content. *J. Ethnobiol* 4, 61-72

- Ramos-Elorduy, J. B., y Morales de L. 1986. Utilización de los insectos comestibles provenientes o no de reciclaje de materia orgánica, como una fuente de proteínas en la elaboración de raciones para alimentación animal *PUAL. Inst. Biol. U.N.A.M.* Inédito 47 pp
- Ramos-Elorduy J, J. M. Pino Moreno. 1990. Contenido calorico de algunos insectos comestibles en México *Rev. Soc. Quím. Méx* 34(2).56-68
- Ramos-Elorduy, J., R. J. Villegas y J. M. Pino 1992. The efficiency of the insect *Musca domestica* L. In recycling organic wastes as a source of protein. En *Biodeterioration* U.S.A. 805-809 pp
- Ramos-Elorduy, J., J. L. Muñoz López y M. J. M. Pino 1993. Determinación de minerales en algunos insectos comestibles de México *Rev. Soc. Química de México* En prensa.
- Reyes, Garza C., 1975. Empleo de insectos como complemento alimenticio para bagre (*Ictalurus punctatus* Raf) Tesis de licenciatura. División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas I.T.E.S.M. 89 pp
- Reyes, M.R. 1979. Estudio preliminar de la larva de mosca (*Musca domestica*) como fuente de proteína en dietas para pollo. Tesis profesional. Depto. Zool. U.A. Chapingo México. 95 pp
- Rees, H.H. 1977. *Insect Biochemistry*. Chapman and Hall a Hasted Press Book. John Willey & Sons Nueva York 23-24
- Richards O. W. y R. G. Davies. 1984. *Tratado de Entomología IMMS* Ed Omega Barcelona. 998 pp
- Rockstein, M. 1974. *The Physiology of Insecta*. Academic Press Inc. USA 256-257
- Rodríguez, G.M. 1975. *Efectos de algunos alimentos sobre el crecimiento de crías y juveniles de trucha arco-iris (Salmo gairdneri, Richardson)* FIDEFA 92 pp
- Sánchez, C.M., C.I. Caro C., E. Martínez P., A. Mendoza 1994. Desarrollo de una granja de producción de peces de ornato. SEPESCA México 29 pp
- SEMARNAP. 1995. *Programa nacional de acuicultura 1995-2000*. Diagnóstico y lineamientos generales México 87 pp
- 1996. *Programa de pesca y acuicultura 1995-2000* Poder Ejecutivo México 96 pp
- SEPESCA. 1982. *El cultivo de la Carpa* 64pp.
- Steffens, W. 1987. *Principios fundamentales de la alimentación de los peces* Ed Acriba. 1ª ed Zaragoza, España. 275 pp

- Takeuchi, T y Watanabet, T 1977. Requirement of carp for essential fatty acids *Bull. Japan Soc. Scient. Fish* 43 541-551
- Takeuchi, T y Watanabet, T 1979 Availability of carbohydrate and lipid as dietary energy source for carp *Bull. Japan Soc. Scient. Fish.* 43:541-551
- Taylor, R. L 1975 *Butterflies in my stomach or insects in human nutrition*. Woodbrige Press Publishing Co. Sta Barbara, Cal. U.S A 224 pp
- Trias, A M 1986 "Doña cucaracha" esa eterna dama nocturna *Rev. Geo. Univ. Méx* 21(1).38-47
- Torres, R.E y B Orozco. 1991 *Los peces de México* Editor AGT S A México
- Velazquez, P. G., 1988 *Manual técnico para la operación de centros acuícolas productores de trucha (Salmo gairdneri)* SEPESCA, México, 115 pp
- Watanabe T, T Takeuchi, S Satoh y V. Kiron 1995a Digestible energy metodological influences and a mode of calculaton *Scie. Fish.* 52(2)288-292
- 1995b Digestible crude protein contents in various feedstuffs determined with four freshwater fish species *Scie. Fish* 52(2) 278-282
- Weatherley A.H y H S Gill. 1989. The biology of fish growth Academic press limited. London 1-21
- Zendejas, H J 1993. Situación actual y perspectivas de la industria de alimentos balanceados para acuicultura en México En. Memorias del Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura Univ. Autón Nuevo León 491 pp
- Zuñiga Moreno, A 1988. Empleo de harina de pupa de mosca (*Cochliomyia hominivorax*), como fuente de proteína en la fase de cría de la trucha arco-iris (*Salmo gairdneri*) Tesis de licenciatura Fac. de Medicina Veterinaria y Zootecnia U.N A M 112 pp
- Zuñiga, Jonitud C. 1978. Empleo de harina de mosca *Anastrepha ludens* (Loew) en la dieta alimenticia del bagre (*Ictalurus punctatus*, Raf), en fase de alevin y juvenil. Tesis de licenciatura. División de Ciencias Agropecuarias y Maritimas I.T.E.S M Monterrey N L. 99 pp