



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EFFECTO EN EL CRECIMIENTO DE JUVENILES
SILVESTRES DE MERO ROJO *Epinephelus morio* CON
DIFERENTES PORCENTAJES DE INCLUSIÓN DE
PROTEÍNA EN LA DIETA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

DANIEL GUSTAVO ROCHER MALIACH

Dirigida por:

MC. Jesús Manuel Cortéz Sánchez.

Dra. Martha Gabriela Gaxiola Cortés

Ciudad universitaria, México, D.F, 2013





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado.

Un esfuerzo total es una victoria completa

Mahatma Gandhi

DEDICATORIA

A mis padres, quienes me han brindado todo lo necesario para formar un hombre de bien, les agradezco sus esfuerzos, enseñanzas, y sobre todo su amor. Sé que no existe manera alguna de retribuirles todo lo que me han dado, solo puedo agradecerles todo lo que hoy en día eh podido hacer mediante su apoyo.

A Teresa Jiménez “Tete” quien ha sido mi segunda madre desde el momento que nací. Te agradezco tu dulzura y ternura que siempre me has brindado.

A mi hermana que sin ella la vida habría sido aburrida, gracias por ser mi compañera de juegos de la infancia y mi amiga de toda la vida.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mi padre Alfonso Rocher por tu apoyo económico y moral, ya que sin tus esfuerzos este trabajo no habría podido realizarse.

A mi madre Cecilia Maliachi, por tus oraciones y por darme un techo donde estar seguro durante la realización de mi tesis.

A mis asesores de tesis: Dra. Martha Gabriela Gaxiola Cortés por darme la oportunidad de pertenecer al proyecto mero y la experiencia de poder laborar en el proyecto de cultivo de pepino de mar. Al Dr. Jesús Manuel Cortéz Sánchez por aceptar mi trabajo de tesis y el tiempo brindado para poder finalizarlo.

Al Dr. Xavier Chiappa Carrara por su ayuda para la realización de los análisis estadísticos de regresión lineal.

A la Dra. Adriana Ferreira da Silva profesora y amiga, por compartir una parte de su trabajo de doctorado para la realización de mi tesis, así como por su tiempo y todos aquellos buenos y difíciles momentos que pasamos durante la experimentación y mi estancia en Yucatán.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme dado la oportunidad de formar parte de la comunidad universitaria y mi desarrollo como profesionista.

A la familia Pereyra-Xoxotla por abrirme las puertas de su hogar y permitirme culminar una parte de esta tesis.

A la familia Avila-Roura, en especial a mi tía Mily por acogerme como un hijo, darme su atención, comprensión y cariño. Mis primos Julio y Ken por hacerme compañía y parte de sus actividades cuando me encontraba solo, sin olvidar todos los momentos divertidos que vivimos.

A las personas que directa o indirectamente me dieron ánimos para la culminación de mi tesis: Mis abuelos Ana del Fina Salas, Alfonso Rocher, mis tíos Pedro Rocher, Candelaria Tek, Adriana Rocher, Eduardo Rocher, Héctor Rocher, Rosario Rocher.

A mi tío y MVZ Marco Antonio Roura, quien considero mi padrino de carrera ya que gracias a sus consejos opte por formar parte del gremio de la Medicina Veterinaria.

Al MVZ Ricardo García Esquivel, por siempre estar al pendiente me di trayectoria durante toda mi carrera y fungir como mi tutor durante estos años.

A mis amigos Rafael Rodríguez, Gustavo Martínez y Enrique Cruz, con quienes compartí la gran experiencia de vivir en Yucatán durante mi servicio social y tesis así como todas las nuevas experiencias y aprendizajes que vivimos juntos.

A Cynthia Fernández Moreno, por ser mi compañera, amiga y confidente. Agradezco tu apoyo moral, los ánimos dados, cariño y aquellos momentos difíciles que me ayudaste a superar.

A mis amigos de toda la vida que siempre han estado a mi lado, Adolfo Bellaceti, Carlos Trejo, Iván Arámbula, Perla Sarabia y Monserrat Monrroy.

CONTENIDO

RESUMEN	1
I INTRODUCCIÓN	3
II REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Panorama de la acuicultura y pesca en México y el Mundo.....	5
2.2 Valor económico del Mero en México.....	6
2.3 Importancia de la proteína en la dieta.....	7
2.4 Factores que afectan el requerimiento de la proteína.....	8
2.5 Biología del Mero rojo del Golfo de México <i>Epinephelus morio</i>	10
2.5.1 Taxonomía.....	10
2.5.2 Nombres locales.....	10
2.5.3 Distribución geográfica.....	10
2.5.4 Habidad y biología.....	12
2.5.5 Características morfológicas.....	12
2.5.6 Ciclo de vida y reproducción.....	13
2.5.7 Hábitos alimenticios.....	13
III JUSTIFICACION	14
IV HIPÓTESIS	15
V OBJETIVOS	15
5.1 Objetivo general.....	15
5.2 Objetivos particulares.....	15
VI MATERIAL Y MÉTODOS	16
6.1 Realización del experimento.....	16

6.2	Procedencia de los animales.....	16
6.3	Diseño experimental.....	16
6.4	Dietas y frecuencia de alimentación.....	18
6.4.1	Dieta de aclimatación.....	18
6.4.2	Dietas de experimentación.....	19
6.5	Parámetros evaluados.....	19
6.5.1	Supervivencia.....	20
6.5.2	Ganancia diaria de peso.....	20
6.5.3	Tasa específica de crecimiento.....	20
6.5.4	Factor de condición.....	21
6.5.5	Factor de conversión alimenticia.....	21
6.5.6	Tasa de eficiencia proteica.....	21
6.6	Calidad de agua.....	22
6.7	Análisis estadístico.....	23
VII	RESULTADOS.....	24
7.1	Parámetros zootécnicos.....	24
7.2	Ganancia diaria de peso.....	26
7.1.2	Análisis de regresión.....	27
VIII	DISCUSIÓN.....	28
8.1	Supervivencia.....	28
8.2	Crecimiento.....	28
8.3	Requerimiento de proteína.....	29
8.4	Relación proteína / energía.....	30

IX CONCLUSIÓN	32
X REFERENCIAS	33
ANEXOS	35
Anexo 1. Elaboración de dietas.....	37
Anexo 2. Formula de alimento de mantenimiento “Mero lite”.....	38
Anexo 3. Formula para la elaboración de 5 diferentes dietas con distintos niveles de inclusión de PC.....	39
Anexo 4. Composición química proximal de las dietas experimentales.....	40
Anexo 5. Inclusión de fitasa en harina de canola.....	41
Anexo 6. Importancia de la enzima fitasa en la elaboración de las dietas de ecperimentación.....	42
Anexo 7. Tabla comparativa de niveles óptimos de proteína en diferentes especies de meros juveniles	43
Anexo 8. Glosario.....	44
REFERENCIAS COMPLEMENTARIAS	45

ABREVIATURAS

AC: Alimento consumido

ANOVA: Análisis de varianza

ATP: Adenosín trifosfato

EP: Eficiencia proteica

FC: Factor de condición

FCA: Factor de conversión alimenticia (K)

GDP: Ganancia diaria de peso

Ln: Logaritmo natural

N_f: Número de peces a la fase final del experimento

N_i: Número de peces al inicio del experimento

TEC: Tasa específica de crecimiento

OD: Oxígeno disuelto

PC: Proteína cruda

PG: Peso ganado

P_i: Peso inicial

P_f: Peso final

S: Supervivencia

UV: Ultra violeta

P³⁺: Fósforo

Ca²⁺: Calcio

Zn²⁺: Zinc

Mg²⁺: Magnesio

Fe²⁺: Hierro

Cu^{2+} : Cobre

Mn^{2+} : Manganeseo

Mo^{6+} : Molibdeno

Co^{2+} : Cobalto

hr: horas

l: litros

μ : micras

g: Gramos

cm: Centímetros

FIGURAS

1	Distribución geográfica del mero rojo (<i>Epinephelus morio</i>).....	11
2	Banco de Campeche. Área de distribución del Mero rojo.....	11
3	Diseño experimental.....	17
4	Diagrama del dispositivo experimental.....	18
5	Efecto del nivel de PC.....	24
6	Crecimiento en juveniles de <i>Epinephelus morio</i>	25

CUADROS

1	Taxonomía del mero rojo <i>Epinephelus morio</i>	10
2	Parámetros de calidad de agua.....	22
3	Parámetros zootécnicos.....	24
4	Cuadro comparativa a los resultados de la regresión lineal.....	27

RESUMEN

Daniel Gustavo Rocher Maliachi. EFECTO EN EL CRECIMIENTO DE JUVENILES SILVESTRES DE MERO ROJO *Epinephelus morio* CON DIFERENTES PORCENTAJES DE INCLUSIÓN DE PROTEÍNA EN LA DIETA. Bajo la dirección y asesoramiento del MC. Jesús Manuel Cortéz Sánchez y la Dra. Martha Gabriela Gaxiola Cortés

Debido a que el Mero (*E.morio*) es un pez marino con un alto valor económico pesquero en el Golfo de México, existe el interés comercial de generar tecnología para la maricultura de esta especie, la intención de este estudio fue conocer el nivel óptimo de proteína cruda en la dieta, con la finalidad de crear una dieta especializada capaz de favorecer el desarrollo y crecimiento de peces en régimen de alimentación en cautiverio.

Se utilizaron 150 juveniles con peso promedio de 170 ± 60 g y una longitud de 24 ± 4 cm. Para evaluar los parámetros zootécnicos, se realizó una biometría inicial de los 150 organismos, y posteriormente se realizaron tres biometrías más en un lapso de 30 días entre cada uno durante un periodo de 90 días de experimentación. Fue evaluado el efecto del crecimiento utilizando dietas isoenergéticas (328.7 Kcal de energía por 100g de dieta) que contenían cinco diferentes niveles de inclusión de proteína cruda (37%, 42%, 47%, 52%, 57%) en el crecimiento y supervivencia de los juveniles silvestres de Mero rojo bajo condiciones controladas en un sistema experimental de tanques en recirculación cerrada.

Los resultados obtenidos en el estudio muestran que juveniles de *Epinephelus morio* requieren al menos entre el 47 – 57% de proteína cruda (PC) para su óptimo desarrollo.

La dieta que produjo el máximo crecimiento en *E.morio* fue de 57% obteniendo una ganancia diaria de peso (GDP) de $1.08 \pm 0.14\text{g}$, tasa de crecimiento específica (TCE) 0.40 ± 0.04 y eficiencia proteica (EP) de 1.60 ± 0.23 . La supervivencia de los peces no fue afectada por los niveles de proteínas utilizadas en la dieta.

I INTRODUCCIÓN.

La piscicultura enfocada a los Serránidos de la subfamilia *Epinephelinae* en México está en desarrollo, a diferencia de otras partes del mundo. En Asia particularmente en la zona tropical del Oriente (China, Hong Kong, Taiwán) y el sudeste asiático (Indonesia, Malasia, Filipinas, Singapur, Tailandia, y Vietnam), su alimentación sigue siendo un factor limitante en la producción, pues no existe un alimento balanceado para este grupo de peces marinos.¹ Sin embargo la producción intensiva de esta especie depende de muchos factores y uno de ellos es una nutrición adecuada. Aquí la determinación del requerimiento de proteína es prerequisite para el desarrollo de esta, e influye en el adecuado crecimiento.² El desarrollo de investigación sobre nutrición en mero es mínima, debido entre otros factores a la gran diversidad de especies de mero que existen. Estudios publicados por Boonyaratpalin (1997), Chen (2001) y Lou *et al.* (2005) reportan avances a cerca de las necesidades nutricionales de *Epinephelus*³, e indican que especies carnívoras marinas como los meros requieren entre (40% - 60%) de proteína; dichos niveles han producido ganancias de peso óptimas en *E.malabaricus* con GP de $126.31 \pm 7.07g$ con una inclusión de PC de 50%. Boonyaratpalin (1997) por su parte alimentó *Epinephelus tawina* con diferentes niveles de proteína, concluye que la mejor ganancia observada fue con 50% concordado con Sukhawongs *et al.* (1978).⁴

Shi-Yen y Ching-Wan (1996), utilizaron harina de pescado isoenergética semi-purificada en un rango de 0 a 56% por 8 semanas, concluyendo que el nivel óptimo de proteína para el máximo crecimiento de *E. malabaricus* es 50.2 % con un GP de 526.3 ± 35.0 . En un segundo estudio utilizaron dos niveles de proteína (44 y 50%) y 4 niveles de

energía por cada nivel de proteína (305, 340, 375 y 410 Kcal por 100g de alimento), observando la mejor ganancia de peso al utilizar un nivel de 50% de proteína con 340-375 Kcal de energía con GP de $35.1.9 \pm 37.8$.⁵

Con base en lo anterior, podemos observar que los requerimientos óptimos de proteína son distintos para cada especie de mero, por ello es necesario que se cuente con la información adecuada a fin de estimar el requerimiento de proteína para el mero rojo del Golfo de México *Epinephelus Morio*.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Panorama de la acuicultura y pesca en México y el Mundo.

La actividad pesquera presenta dos modalidades: la pesca marítima y la producción de cultivo (acuicultura), formando parte esencial del quehacer económico y social a nivel mundial. La pesquería suministró al mundo 142 millones de toneladas de pescado en 2008, de estos 115 millones fueron para consumo, representando un consumo de 17 kg per cápita (en peso vivo) y aportó el 15,7% de aporte de proteína animal y el 6,1% del total de proteínas consumidas. La acuicultura generó el 46% del suministro total de pescado comestible, una proporción inferior a la pesca de captura.⁶

En México cifras del 2006 muestran que el volumen de pesca en peso vivo ascendió a 1,518 mil toneladas de las cuales 1,269 toneladas (83%) corresponden a captura marítima y 249 mil toneladas (16.4%) proviene del sector acuícola. En el litoral del Pacífico se realizó la captura del 79% del volumen de producción pesquera; en tanto en el litoral del Golfo y el Caribe solo el 19% del volumen, y sólo un 2% para aguas continentales. De esto, las tres entidades federativas que produjeron cerca del 60% del volumen de pesca en México son: (Baja California Sur 10%, Sonora 35% y Sinaloa 14%) equivalente al 47% del valor total de la producción del sector. Ese mismo año en el Golfo de México se capturó alrededor del 19% del volumen que equivale al 30% de valor de la producción total.⁷

2.2 Valor económico del Mero rojo en México.

En el sureste del Golfo de México, sobre la plataforma continental de la Península de Yucatán (Banco de Campeche), se distribuyen 21 especies de meros de los géneros *Cephalopholis*, *Dermatolepis*, *Epinephelus*, *Gonioplectrus*, *Mycteroperca* y *Paranthias*.⁸ Dentro de estas especies el Mero rojo (*Epinephelus morio*) es un valioso recurso pesquero, (representando el 60% de lo desembarcado) siendo la pesquería de escama marina más importante en el Banco de Campeche y el estado de Yucatán. La península de Yucatán es el mayor productor con el 71% de la captura total y reporta la mayor producción de este recurso a nivel nacional. La pesca de Mero rojo contribuye al desarrollo regional, la economía de subsistencia, genera divisas por concepto de exportaciones y da ocupación a un número importante de personas del sector pesquero e industrial.⁹ Por dicha demanda, los volúmenes de pesca de Mero han disminuido; estimaciones (2001-2005) la ubican en menos de un tercio de su biomasa, su población es catalogada como sobreexplotada.¹⁰ Por lo que es necesario buscar alternativas de cultivo e implementar tecnologías para su desarrollo bajo condiciones controladas.

El desarrollo de la piscicultura a nivel industrial no ha sido posible sino con el desarrollo y fabricación de alimentos compuesto, base de los cultivos intensivos y de algunos cultivos semi intensivos.¹¹ En otros países como Asia, estas tecnologías ya existen en la producción de especies de Mero: *Cromileptes altivelis*, *Epinephelus akaara*, *Epinephelus coioides*, *Epinephelus lanceolatus* y *Epinephelus malabaricus*.¹² Diversos estudios demuestran la posibilidad de producir juveniles de mero rojo en cautiverio. Silva (2009) menciona que a medida que se incremente la producción de semilla, los costos de producción disminuirán y habrá un cultivo y mercado adecuado. Estas y otras

características hacen que el mero rojo sea un candidato para producción intensiva en México.¹³

2.3 Importancia de la Proteína en la dieta.

Las proteínas son compuestos orgánicos complejos, formadas por cadenas de aminoácidos cuya secuencia determina su estructura y función.¹⁴ Son un nutriente esencial en la dieta de los peces debido a que son esenciales para su desarrollo y crecimiento por ser el componente principal de los tejidos en el animal, siendo de gran importancia que se encuentre presente en la dieta en cantidad y calidad adecuada para satisfacer las demandas de crecimiento y mantenimiento del organismo.¹⁵

Los peces utilizan la proteína como fuente principal de energía; aproximadamente el 85% de la energía que utilizan para llevar a cabo actividades de rutina proviene del catabolismo de aminoácidos. Este fenómeno favorece al requerimiento mayor de proteína en la dieta.¹⁶ Esta forma de aprovechamiento de la proteína es una adaptación al medio en el que viven, donde la provisión de alimento de origen proteico es elevado y baja en carbohidratos, por lo que solo una pequeña porción de la proteína ingerida es utilizada para la regeneración de tejidos, de forma tal que el requerimiento de

proteína para lograr el máximo crecimiento puede ser de 50% a 300% más alto que en animales de granja.^{17,18,19}

Los peces no presentan un requerimiento de proteína como tal, sino una mezcla adecuadamente balanceada de aminoácidos esenciales y no esenciales. Los aminoácidos que no son sintetizados por el pez son considerados esenciales y deben estar presentes en la dieta.¹⁴ Se sabe que la mayoría de los animales requieren los mismos 10 aminoácidos esenciales: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina.²⁰ Estos aminoácidos son utilizados para la síntesis de proteína tisular nueva, así como para satisfacer las demandas energéticas del organismo.¹⁴

2.4 Factores que afectan el requerimiento de la proteína.

El requerimiento de la proteína se ve afectado por diversos factores: especie, tipo de dieta, temperatura ambiente, salinidad del agua, etapa del desarrollo, estado fisiológico, fase reproductiva entre otros aspectos fisicoquímicos del ambiente.²¹

El balance proteína/energía en la dieta, su perfil de aminoácidos y su digestibilidad, así como la cantidad de energía no proteica disponible influyen directamente en la determinación del requerimiento proteico.¹⁴

Uno de los aspectos más importantes del consumo de proteína en la dieta es la edad del pez, debido a que los requerimientos disminuyen conforme avanza la edad y pueden ser satisfechos variando el consumo de alimento o ser modificados dependiendo del contenido energético de la dieta, la disponibilidad y composición del alimento, de los cuales depende la síntesis de proteína.^{22,23,24}

En cuanto al contenido energético de la dieta, se debe tener presente que los peces comen para satisfacer en primer término sus requerimientos de energía y por tanto, el exceso de energía no proteica limitará el consumo voluntario de alimento, afectando directamente el depósito de proteína necesaria para la síntesis de tejido nuevo afectando directamente el crecimiento.^{16,20}

2.5 Biología del Mero rojo (*Epinephelus morio*) del Golfo de México

2.5.1 Taxonomía

Cuadro 1. Taxonomía del mero rojo *Epinephelus morio*

Reino	Animalia
Phylum	Chordata
Clase	Osteichthyes
Superorden	Acanthopterygii
Orden	Perciformes
Familia	Serranidae
Subfamilia	Epinephelinae
Genero	<i>Epinephelus</i>
Especie	<i>E. morio</i> (Valenciennes, 1828)

2.5.2 Nombres locales.

EUA: Red Grouper; Brasil: Garoupa-de-São Tomé; México: Cherna Americana, Cherna de Vivero, Mero rojo; Venezuela: Mero paracamo.²⁵

2.5.3 Distribución Geográfica.

Se distribuye desde Massachusetts EEUU, hasta Brasil, incluyendo el Mar Caribe y Bermudas con un centro de abundancia en el banco de Campeche que comprende los estados de Campeche y Yucatán Mexico.²⁶

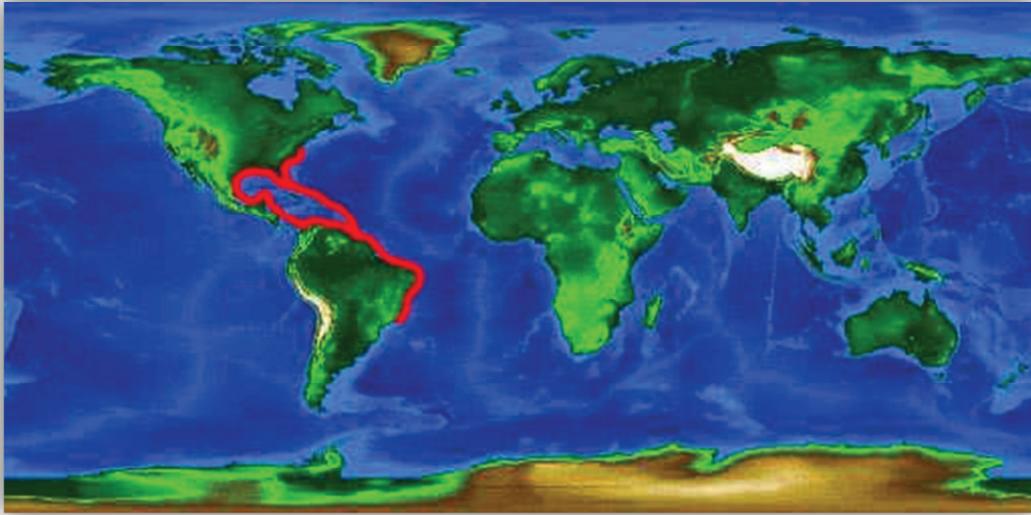


Figura 1. Distribución geográfica del Mero rojo (*Epinephelus morio*)

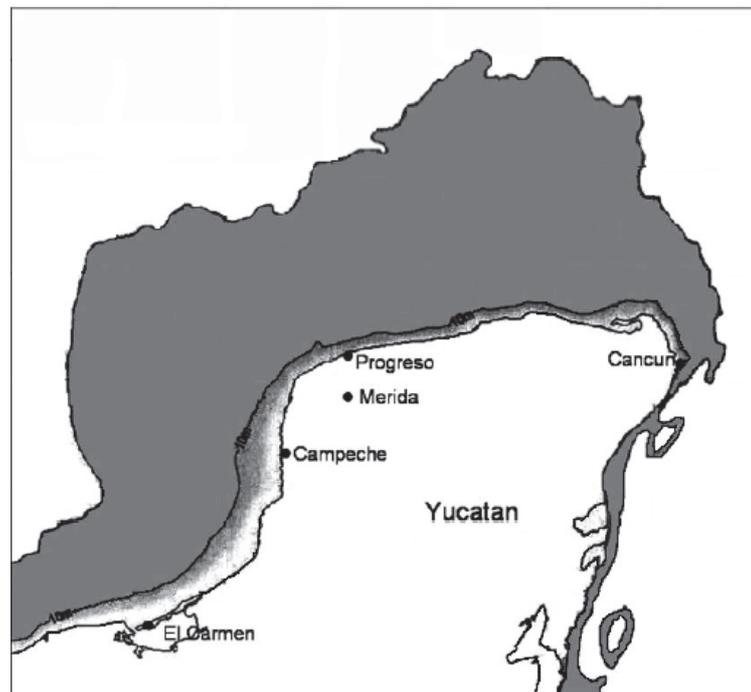


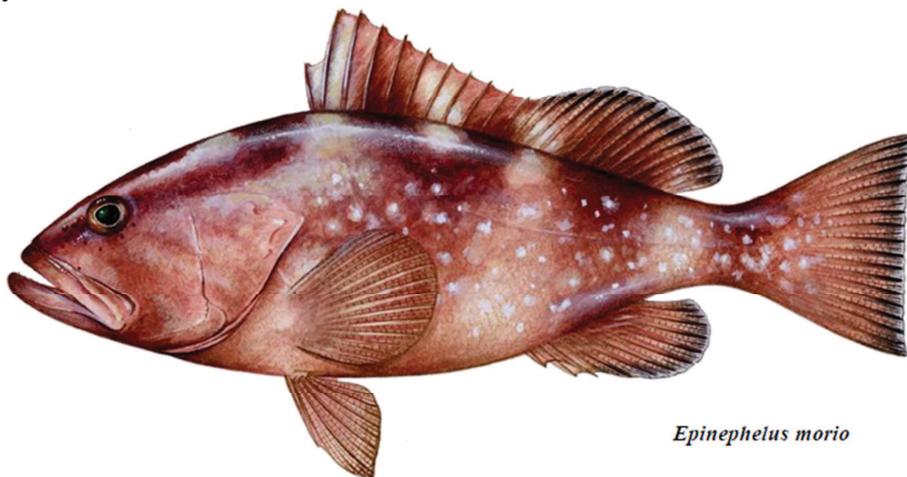
Figura 2. Banco de Campeche. Área de distribución del Mero rojo.

2.5.4 Hábitat y biología.

Los Meros son peces de hábitos de fondos rocosos, grietas, cuevas y arrecifes. Generalmente viven en ambientes donde no se encuentran otros meros, ya que son altamente territoriales. Habitan zonas con profundidades de 3 hasta 122 m con temperaturas de fondo de 15 a 30 ° C.²⁷

2.5.5 Características Morfológicas.

El cuerpo de *E.morio* presenta un color café oscuro con un ligero tono rojizo, la aleta dorsal, caudal y anal son oscuras con un estrecho borde blanco en su parte distal, tiene algunos puntos oscuros sobre el hocico. Su cuerpo está cubierto de manera uniforme con puntos blancos de forma irregular. Su longitud promedio es de 48 cm a edad adulta presenta cuerpo largo y robusto, aplanado lateralmente. El largo de su cuerpo es distinguidamente menor que la de su cabeza siendo un aproximado del 23 al 25% de su longitud total.¹⁶ Presenta una aleta dorsal con XI espinas y entre 16 a 17 radios; aleta anal con III espinas y entre 8 a 10 radios; aleta pectoral con 16 a 18 radios; línea lateral presenta 60 a 68 escamas ctenoides. Segunda espina de la aleta dorsal y primera espina pélvica, alargadas y aserradas.²⁵



Epinephelus morio

2.5.6 Ciclo de vida y reproducción.

Epinephelus morio es una especie hermafrodita secuencial con inversión protogínica, razón por la cual la proporción Macho/Hembra aumenta a lo largo de su vida. La proporción sexual (M/H) con el mayor número de hembras está en la clase de 30 cm de longitud total (Lt) (1:31.5). Esta proporción posteriormente disminuye y a partir de los 75 cm Lt, no es significativamente diferente de 1:1. La talla a partir de la cual comienza el cambio de sexo está entre 30 y 35 cm Lt. A la longitud de 40 a 50 cm y de 4 a 6 años de edad, las hembras llegan a su madurez sexual. Los ejemplares maduros se encuentran listos para el desove durante los meses de Febrero, Marzo, Abril y un pequeño porcentaje en Mayo, lo cual sitúa el desove de la especie en invierno y primavera en profundidades entre 20 y 90 m. La fecundidad individual media es de 25.3×10^4 huevos/por hembra.^{25,28}

2.5.7 Hábitos alimenticios.

E. morio como otros serránidos es considerado un pez carnívoro oportunista de arrecifes de coral. Se caracterizan por presentar una robusta constitución, boca grande y numerosas filas de dientes interiores.²⁹ El Mero rojo del golfo de México es depredador en la trama alimentaria, consume una amplia variedad de presas (peces, pequeños crustáceos y moluscos de diferentes especies asociados a zonas de arrecifes y camas de pasto marino). Estudios realizados a partir de muestras estomacales de juveniles y adultos de Mero muestran que los cangrejos, peces y camarones constituyen el 80% de presa, siendo el cangrejo de la especie *Stenorynchus seticornis* el más abundante, aunque presenta un cambio considerable en su alimentación conforme aumenta de talla ya que se convierte paulatinamente en piscívoro.³⁰

III JUSTIFICACIÓN.

La piscicultura en México es un campo en pleno desarrollo con potencial para la economía, mediante la generación de empleos y divisas. Por muchos años y a la fecha, la actividad pesquera ha dependido exclusivamente de la captura de juveniles del medio natural, sin embargo la disminución de la población y la variación estacional en la captura ha limitado su expansión natural. Actualmente son pocas las especies en las cuales existe un ciclo completo de producción en cautiverio. Para esto, es necesario contar con técnicas de cultivo adecuadas y sistemas de producción eficientes que permitan que la especie cultivada alcance un desempeño satisfactorio.

Con el presente estudio se pretende contribuir a dicho propósito al estimar el porcentaje de inclusión óptima de proteína en la dieta.

VI HIPÓTESIS.

El nivel de proteína en la dieta, no afecta el crecimiento en peso y longitud de los juveniles silvestre de *Epinephelus morio*.

V OBJETIVOS.

5.1 Objetivo general

Determinar el nivel óptimo de proteína cruda (37%, 42%, 47%, 52%, 57%) en crecimiento y supervivencia de los juveniles silvestres de *Epinephelus morio* en condiciones controladas.

5.2 Objetivos particulares.

- Comparar el crecimiento, peso, longitud, factor de condición y el factor de conversión alimenticia de los juveniles silvestres de *Epinephelus morio* alimentados con dietas con un rango del 37 al 57% de proteína.
- Determinar los requerimientos de proteína para la engorda de juveniles silvestres de *Epinephelus morio*.

VI MATERIAL Y METODOS

6.1 Realización del experimento.

El estudio fue realizado en las instalaciones de la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación (UMDI Sisal – UNAM) localizado en el puerto de Sisal Yucatán México.

6.2 Procedencia de los animales.

Se obtuvieron 150 peces juveniles de Mero rojo (*Epinephelus morio*) por pesca tradicional (uso de cordel y anzuelo), con los pesos aproximados de 170 ± 60 g, del mar del golfo de México, Yucatán Sisal. Los peces fueron trasladados a las instalaciones de la UMDI Sisal–UNAM por medio de una cisterna tipo rotoplas® con oxigenación.

6.3 Diseño experimental.

Se aclimataron durante 15 días en tinas de 500L, en un sistema de recirculación cerrado a una temperatura de 27°C , y tratados con medidas profilácticas, mediante un baño de agua dulce durante 10 minutos seguido de un baño de agua de mar con formalina al 10% a una dosis de 0.03 ml/L de agua.

Al término, los animales fueron aleatorizados a 15 tanques circulares con capacidad de 500L cada uno, en un circuito de recirculación cerrada (30 recirculaciones/24 hrs) hasta completar 10 peces por tanque, (5 tratamientos x 3 réplicas = 15 observaciones).

Se usó una bomba Emerson™ (1 hp) y sistema de aireación continua con un blower marca Sweetwater® (2 hp) y una regulación de fotoperiodo automática de 12 hrs.

Se monitoreó diariamente: la temperatura, el oxígeno disuelto, el pH y la salinidad (por la mañana y por la tarde) mediante un medidor multiparámetros de la marca Hach®, modelo HQ40d. Como análisis químico, fue medido los niveles de amonio una vez por semana por medio del método (UNESCO, 1983). Se realizaron recambios diarios de agua en el sistema del 20% aproximado del volumen total de agua.



Figura 3. Diseño experimental donde se muestra el sistema de recirculación cerrada de los juveniles de Mero rojo (*Epinephelus morio*).

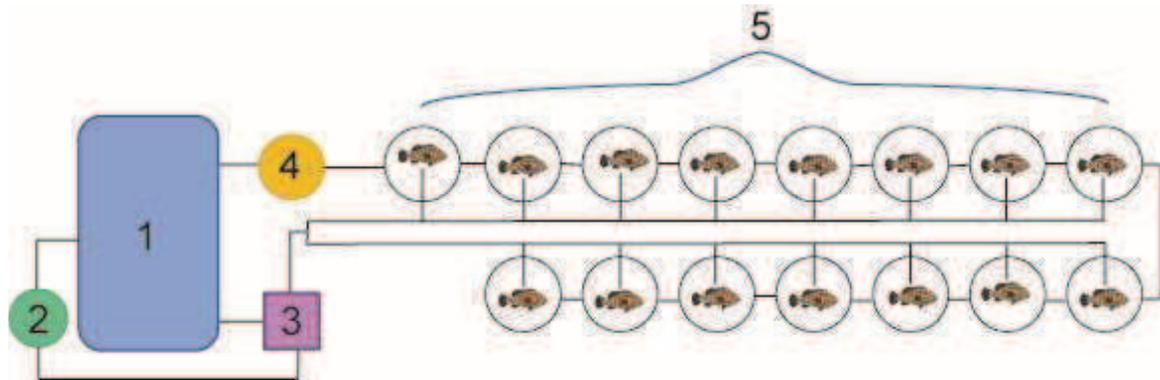


Figura 4. Diagrama del dispositivo experimental, sistema de recirculación cerrada. (1) Reservorio de agua, (2) Desfragmentador de materia orgánica (espumador), (3) Bomba de agua, (4) Filtro de arena, (5) Tanques.

6.4 Dietas y frecuencia de alimentación.

6.4.1 Dieta de aclimatación.

Durante quince días previos al inicio del experimento, los peces fueron alimentados con una dieta de mantenimiento diseñada para juveniles de *E.morio*, en una presentación de pellet semihúmedo. Esta dieta isoenergética, lleva por nombre mero lite. El alimento se ofreció a saciedad de los animales, con frecuencia de alimentación de 2 veces al día, con horarios de 9:00 hrs y 16:00 hrs. La evaluación nutricional de la dieta y su proceso de elaboración se observan en los anexos 1 y 2.

6.4.2 Dietas de experimentación.

Posterior a la aclimatación, se utilizaron 5 dietas isoenergéticas (328.7 Kcal de energía por 100g de dieta) con diferente nivel de proteína en la dieta (37%, 42%, 47%, 52%, 57%). Estas se ofrecieron 2 veces por día (9 hrs, 16 hrs) durante 90 días, proporcionando en 2 porciones la cantidad del 3% de la biomasa total por tanque.

Previo a la elaboración la pasta de canola fue tratada con fitasa recombinante producida por la levadura *Pichia pastoris* (Actividad de la FTE II: 543 U/ml) con una relación (1:1.5) de agua e incubado durante 15.5 horas a 40-50°C. La cantidad de fitasa agregada a la harina se muestra en el Anexo 5 así como su función dentro de la dieta en el Anexo 6. Fue posteriormente secada durante 12 hrs a 60°C, con la finalidad de eliminar la humedad y permitir su fácil homogenización con el resto de ingredientes hasta formar una masa que después fue peletizada. La formulación y la composición química proximal de las dietas se muestran en los anexos 3 y 4.

6.5 Parámetros evaluados.

Los parámetros zootécnicos fueron: supervivencia, ganancia diaria de peso, tasa específica de crecimiento, factor de condición, factor de conversión alimenticia y tasa de eficiencia proteica. Estos parámetros se midieron en una biometría inicial y posteriormente cada 30 días hasta la finalización del experimento por medio de los siguientes modelos:

6.5.1 Supervivencia (%): Estima el porcentaje de peces que se mantuvieron vivos hasta la fase final de experimento.

$$S = 100 (N_f / N_i)$$

S = Supervivencia

N_f = Número de peces a la fase final del experimento

N_i = Número de peces al inicio del experimento

100 = Constante para expresar el resultado en porcentaje

6.5.2 Ganancia diaria de peso (g/día): Indica el incremento de peso ganado por día en gramos.

$$GDP = (P_f - P_i) / \text{Tiempo (días)}$$

GDP = Ganancia diaria de peso.

P_f = Peso final

P_i = Peso Inicial

6.5.3 Tasa específica de crecimiento (%/día): Medida del crecimiento instantáneo.

$$\text{TEC (\%/día)} = 100 \left(\frac{(\ln P_f - \ln P_i)}{\text{Tiempo (días)}} \right)$$

TEC = Tasa específica de crecimiento

$\ln P_f$ = Logaritmo natural del peso final

$\ln P_i$ = Logaritmo natural del peso inicial

100 = Constante para expresar el resultado en porcentaje

6.5.4 Factor de condición (g/cm): El factor de condición (K) expresa en peces la relación volumétrica en función del peso.

$$K = \left(\frac{P_{f(g)} \times 100}{LP_{f(cm)}} \right)$$

K = Factor de condición (FC)

P_f = Peso promedio final

LP_f = Longitud promedio final

100 = Constante para expresar el resultado en porcentaje

6.5.5 Factor de conversión alimenticia: Indica el alimento utilizado para producir una unidad de peso de pez.

$$FCA = \frac{AC}{PG}$$

FCA = Factor de conversión alimenticia.

AC = Alimento consumido en gramos

PG = Peso ganado en gramos

6.5.6 Tasa de eficiencia proteica: Indica la ganancia de peso por unidad de proteína consumida.

$$EP = PG/PC$$

EP = Tasa de eficiencia proteica (EP)

PG = Peso ganado en gramos

PC = Proteína consumida

6.6 Calidad de agua.

El agua utilizada durante el experimento se extraía directamente del mar a un reservorio general para las instalaciones de la UMDI Sisal, esta posteriormente era filtrada para evitar el paso de organismos patógenos mediante tanques de arena silica Tagelus™, filtros de calcetín con porosidad de 100 μ y lámparas de rayos UV Watertec® que reabastecían un reservorio interno rotoplas® de 2500 L para el iglú de experimentación.

Los valores promedios de temperatura, oxígeno disuelto (mg/ml), pH, salinidad (ppm) y amonio total del agua en el sistema de recirculación (tanques y reservorio), permanecieron dentro del rango óptimo según Boyd (1982), permitiendo el adecuado crecimiento de los peces.

Cuadro 2. Parámetros de calidad de agua.

	TMD	OD	pH	A	S
Sistema	27.4 ± 3.2	5.6 ± 0.9 mg/L	7.2 ± 0.2	0.0017mg/L	36 ppm

(TMD) Temperatura Media del Agua Diaria, (OD) Oxígeno Disuelto, (A) Amonio, (S) Salinidad.

6.7 Análisis estadístico.

A partir de constatar la homocedasticidad y la normalidad de los datos de crecimiento de los peces (peso final, ganancia de peso, crecimiento y conversión alimenticia) en los diferentes tratamientos, fue aplicado el análisis de varianza de una vía (ANOVA, $\alpha = 0.05$). La diferencia entre las medias de los valores se corroboró mediante la prueba de Tukey (Sokal & Rohlf, 1969). El software utilizado fue STATISTICA® 7.0

Para el análisis de datos de crecimiento a fin de comprobar diferencias entre los cinco niveles de inclusión de proteína, se utilizó el modelo de análisis de regresión lineal a partir de los logaritmos de los datos.

VII RESULTADOS

7.1 Parámetros zootécnicos.

En el cuadro 4 se presentan las variables de crecimiento y de la eficiencia alimentaria de juveniles de *E.morio*.

Cuadro 3. Parámetros zootécnicos obtenidos posteriores a 90 días de experimentación.

	% Proteína				
	37	42	47	52	57
PI	206.1 ± 4.9 ^a	206.5 ± 9.5 ^a	212 ± 0.3 ^a	212.2 ± 8.4 ^a	209.04 ± 5.6 ^a
PF	248.11 ± 08 ^a	258.15 ± 19 ^a	258.92 ± 11 ^b	277.44 ± 15 ^b	300.50 ± 17 ^b
GDP	0.76 ± 0.07 ^a	0.81 ± 0.21 ^{ab}	0.98 ± 0.14 ^b	1.02 ± 0.20 ^b	1.08 ± 0.14 ^b
S	95 ± 7.34 ^a	100 ± 0.00 ^b	95 ± 7.34 ^a	100 ± 0.00 ^b	95 ± 7.34 ^a
TEC	0.21 ± 0.03 ^a	0.25 ± 0.08 ^{ab}	0.23 ± 0.06 ^{ab}	0.30 ± 0.1 ^b	0.40 ± 0.04 ^c
FC	0.0151 ± 0.0011 ^a	0.0155 ± 0.0009 ^a	0.0158 ± 0.0016 ^{a b}	0.0159 ± 0.0009 ^{ab}	0.0166 ± 0.0010 ^b
FCA	3.07 ± 0.28 ^a	2.60 ± 0.39 ^b	2.60 ± 0.29 ^b	2.02 ± 0.15 ^c	1.90 ± 0.12 ^c
EP	1.13 ± 0.18 ^a	1.23 ± 0.45 ^{ab}	1.24 ± 0.37 ^{ab}	1.26 ± 0.35 ^{ab}	1.60 ± 0.23 ^b

Los datos son promedios ± desviación estándar. Letras iguales en la misma línea indican que los promedios no difieren significativamente ($p > 0,05$).

Peso promedio inicial (PI), peso promedio final (PF), ganancia diaria de peso (GDP), tasa de supervivencia (S%), tasa específica de crecimiento (TEC), factor de condición (FC), factor de conversión alimenticia (FCA), y tasa de eficiencia proteica (EP) del Mero rojo sometidos a dietas con diferentes niveles de inclusión de proteína.

Los valores de supervivencia (S) fueron cercanos al 100% en todas las dietas, lo cual indica que los diferentes niveles de proteína no afectaron dicho parámetro. El peso final promedio (PF), la ganancia diaria de peso (GDP) y la tasa de crecimiento específica (TEC) fueron más bajos en los peces alimentados con las dietas de 37% y 42% de PC en comparación con el resto de los tratamientos ($p < 0,05$), lo cual sugiere que al menos se requiere un 47% de proteína para cubrir las demandas de crecimiento en los peces.

El factor de conversión alimenticia (FCA) más favorable se encontró entre las dietas de 52% y 57%, donde se observa que entre estas dietas no hay una diferencia significativa ($p>0.05$). Se puede apreciar que esta tasa se incrementa cuando el aporte proteico de los alimentos es deficiente.

Las dietas con 37 y 42% presentaron el factor de condición (FC) más bajo, mientras que la dieta con 57% obtuvo la tasa más elevada ($p<0.05$).

La tasa de eficiencia proteica (EP) fue aumentando conforme se incrementó la inclusión del porcentaje proteico en la dieta, donde el valor más alto se encontró en el 57% ($p<0.05$).

7.2 Ganancia diaria de peso.

En la figura 5 se muestra la ganancia diaria de peso de juveniles de mero rojo bajo condiciones controladas, sometidos a 5 diferentes niveles de proteína. Las medias de los tratamientos con 37% y 42% no mostraron diferencias significativas ($p>0.05$) presentando los niveles más bajos en ganancia de peso; 47%, 52% y 57% no presentaron diferencias significativas entre ellas ($p>0.05$) siendo las dietas que mostraron la mayor ganancia de peso.

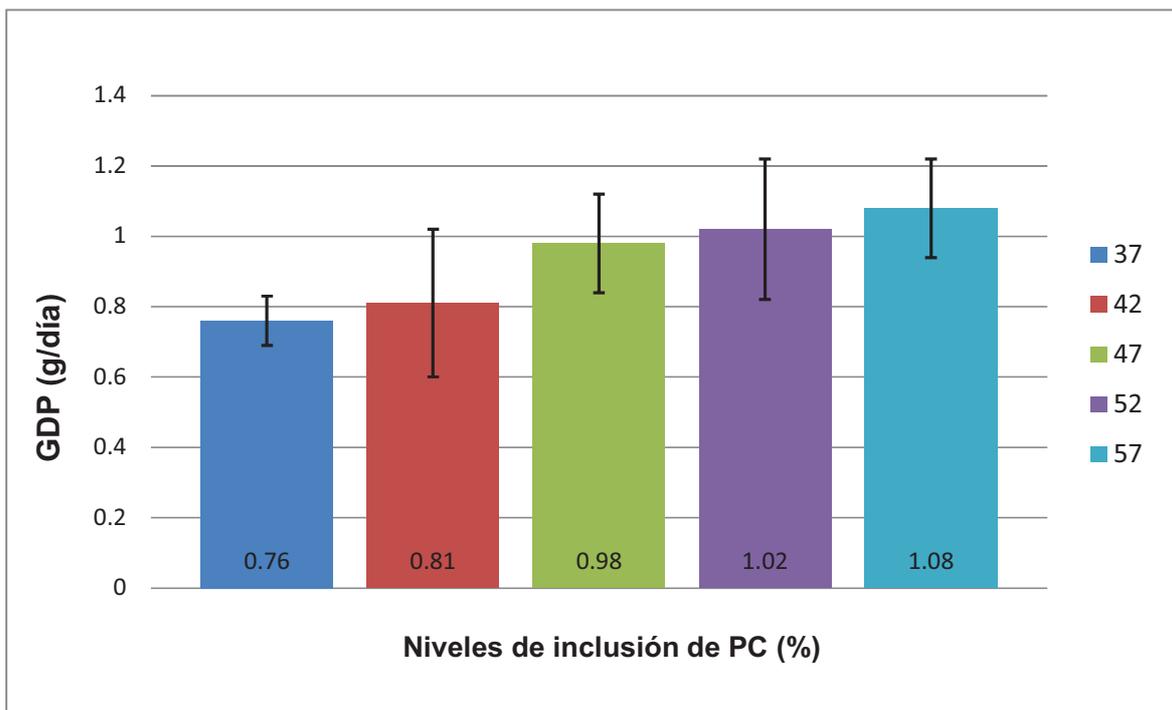


Figura 5. Efecto del nivel de PC (proteína cruda) sobre la GDP (Ganancia diaria de peso) en juveniles de mero rojo (E.morio). Cada serie muestra su desviación estándar.

7.3 Análisis de regresión.

Mediante un análisis de regresión lineal aplicada a los logaritmos de los pesos finales, las ecuaciones indican que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las pendientes mientras que se observa en las líneas un origen en común ($p > 0.05$). Se observan en el cuadro 3.

Cuadro 4. Cuadro comparativo a los resultados de la regresión lineal.

	% Proteína				
	37	42	47	52	57
b	202.2	201.2	194.5	189.2	192.2
P(X)	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05
m	0.001 ^a	0.0012 ^a	0.0015 ^b	0.0018 ^c	0.0021 ^c

Letras iguales en la misma línea indican que los promedios no difieren significativamente ($p > 0.05$).

[b] Ordenada al origen, [P(X)] Probabilidad, [m] Pendiente

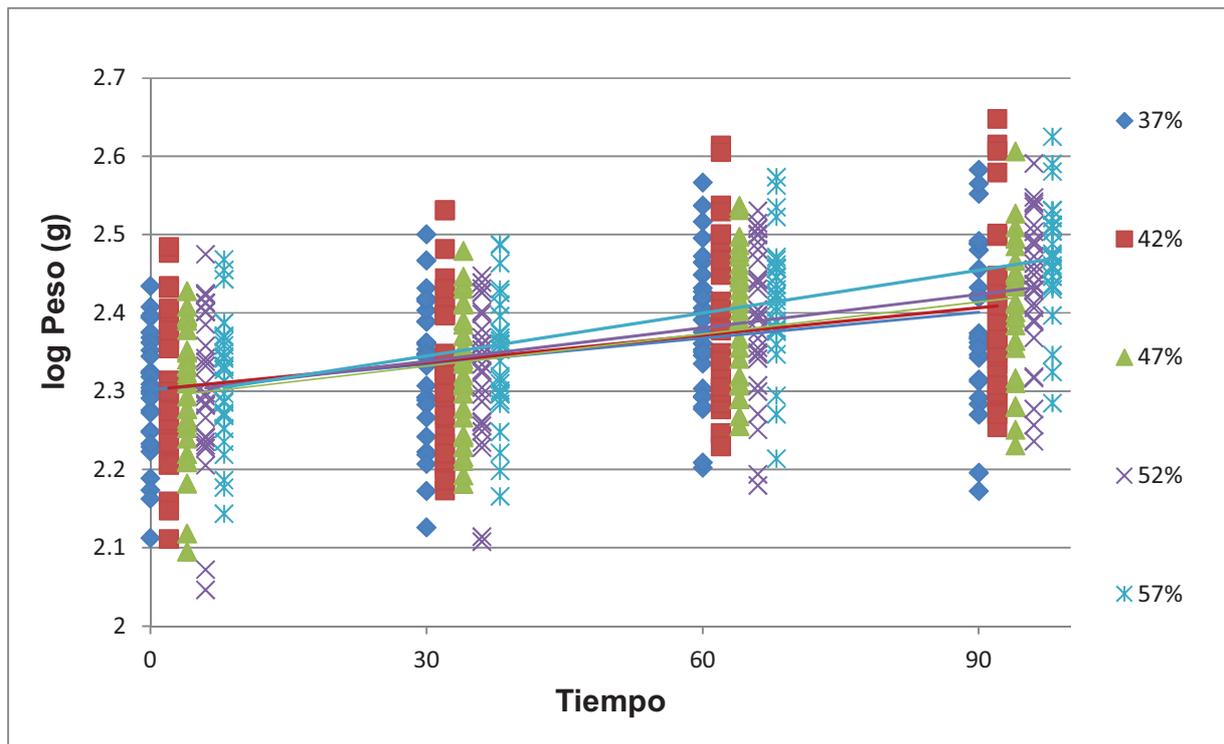


Figura 6. Crecimiento (log del peso en gramos) en juveniles de *Epinephelus morio* durante 90 días de experimentación sometidos a 5 diferentes dietas. Se observa un aumento lineal en el peso conforme aumenta el nivel de PC en la dieta ($P < 0.05$).

VIII DISCUSIÓN

8.1 Supervivencia.

Los resultados de supervivencia observados en el presente estudio fueron mayores al 90% en todas las dietas ofrecidas; la mortalidad no se vio afectada por el nivel de proteína en la dieta o enfermedad. La calidad del agua se encontró en rangos óptimos y confortables para la especie permitiendo su correcto desarrollo.³¹ El mero rojo (*E.morio*) demostró una gran capacidad de adaptación al cautiverio a pesar de que es una especie sensible al estrés del manejo y las operaciones de limpieza durante la experimentación.⁵

8.2 Crecimiento.

Los peces alimentados con la dieta de 57% de proteína presentaron los mayores resultados en crecimiento, GDP (0.76 ± 0.07), TCE (0.40 ± 0.04), FCA (1.90 ± 0.12) y EP (1.60 ± 0.23) que aquellos que fueron alimentados con porcentajes más bajos. EL rango en GDP encontrado a partir de la dieta de 37% a 57% fue de 0.76 ± 0.07 a 1.08 ± 0.14 g de PC, siendo relativamente menor a lo reportado por otros autores en diferentes especies de mero. Chen & Tsai (1994), Shiau & Lan (1996) estudiaron juveniles de *E. malabaricus* y reportan GDP de 3.79 ± 1.17 y 9.22 ± 0.11 g respectivamente con inclusión de PC de 50% a 56%⁵, y Millamena (2002) en juveniles de *E. coioides* 6.1 ± 0.55 g con PC de 45%.³² La variabilidad en resultados, pudo ser debida a características específicas de especie, peso inicial, edad o diferentes fuentes de proteína.

La GDP entre las dietas de 47% al 57% no presentó diferencias significativas, mostrando que a partir de una dieta con un 47% de PC, juveniles de *E.morio* pueden obtener ganancias de pesos favorables. Estas observación ha sido reportado previamente

por Luo *et al* (2004) quienes determinaron que a partir del 45% hasta 60% de inclusión de PC no existe diferencias para la GDP en juveniles de *E.coioides* (0.7 ± 0.2 g de peso).³³

La EP se incrementó de manera lineal conforme aumentó el nivel de proteína de la dieta ($P < 0.05$). El aumento de la EP en conjunto con el ascenso en el porcentaje de proteína, explica que al existir una mayor disponibilidad de proteína, el animal tiende a aprovechar el máximo el nutriente para cubrir sus requerimientos de crecimiento, no obstante conforme este crece reduce su tasa de crecimiento y con ello la eficiencia de la utilización del nutriente asociado al peso corporal, por lo que es indispensable conocer los requerimientos nutricionales durante las diferentes etapas del desarrollo.^{17, 23} Civera *et al* (2002) obtuvieron el mismo efecto de la eficiencia proteica en la Cabrilla arenera *Paralabrax Maculatofasciatus* con EP de 0.9 a 1.24 utilizando niveles de proteína de 25% a 55%. Chen & Tsay (1994) con *Epinephelus malabaricus* calcularon valores de 1.97 a 3.01 para un nivel de proteína de 48%. Estas diferencias van a depender del tipo de cultivo empleado, el cual permita optimizar la alimentación, evitando al máximo las pérdidas, así como de la capacidad de asimilación de proteína dietaria para cada especie.^{34,35}

8.3 Requerimiento de proteína.

De acuerdo con trabajos realizados en diferentes especies de mero en etapa juvenil, se estima que los niveles óptimos de proteína para el crecimiento oscilan entre el 40 a 60%.

Para la especie *E. malabaricus* se ha determinado un nivel óptimo de proteína en un rango del 48-50%^{5,32} Luo *et al.* (2004) Examinaron la respuesta de *E.coioides* con juveniles de 11g con rangos de 37 a 63%, donde determinaron que el nivel óptimo de proteína se encontraba en el 48%, no obstante un examen posterior de los datos (Williams, 2009)

mostró que el mejor rendimiento se encontraba en el 55.5%.^{33,36} Usman *et al.* (2005) trabajaron con 3 diferentes niveles de proteína (42, 47, 53%) comparando el crecimiento del mero jorobado *Cromileptes altivelis* (150-400g), determinando que dicha especie requiere en la dieta un nivel no menor del 53% de PC.³⁷

El nivel óptimo de proteína para las especies de mero parece ser alto, sin embargo el requerimiento de proteína puede ser afectado por la temperatura, el contenido de la energía no proteica en las dietas de prueba y por el balance óptimo de la proporción de P/E.^{38,39} Lo anterior concuerda con otras investigaciones donde observaron que a medida que aumenta el nivel de proteína en la dieta las tasas de crecimiento de los peces también incrementan, pero si el nivel de proteína es excedido, las tasas de crecimiento se mantienen constantes o decrecen, pues gran parte de la energía es obtenida de la proteína dietaria y esta es utilizada para excretar el exceso de aminoácidos y para el anabolismo de lípidos provocando la acumulación de grasas en tejidos y músculo.^{40,41}

8.4 Relación proteína / energía (P/E).

El mero rojo (*E.morio*) al ser un pez de hábitos alimenticios carnívoros utiliza la proteína como fuente principal de energía por consiguiente sus requerimientos son altos, no obstante debe cubrir estas necesidades mediante el balance de proteína /energía adecuadas ya que esta influye directamente en la determinación del requerimiento proteico. La proteína es usada en el metabolismo en lugar de ser aprovechada para el crecimiento, cuando los animales consumen dietas con un contenido inadecuado de energía.⁴²

Civera *et al* (2002), determinaron que para la Cabrilla arenera *Paralabrax Maculatofasciatus* en juveniles de 2.5g (peso promedio) requieren al menos 55% de proteína en la dieta y un 10% de lípidos para un mejor crecimiento.³⁴ Lupatsch y kissil (2005), mostraron que al utilizar una dieta basada en un nivel del 54% de proteína, se estimó que requiere entre un 9-11% de lípidos para la respuesta optima en el crecimiento del mero blanco *Epinephelus aeneus*.¹² Yu-Hung y Shi-Yen (2003) utilizando 51% de proteína y 5 diferentes niveles de inclusión de energía (0%- 16%) en la dieta, asumieron que los peces de *Epinephelus malabaricus* alimentados con el 12% de lípidos obtuvieron el mayor crecimiento.⁴³ En un estudio más reciente en juveniles (17g) de *E. malabaricus* Tuan y williams (2007) recomiendan utilizar una dieta con una relación proteína /energía de 55%/12% para el mejor desarrollo de los peces.⁴⁴

Los resultados obtenidos en el presente estudio concuerdan con las necesidades de proteína obtenidas en las diferentes especies de mero citadas, mostrando que para juveniles de mero rojo (*E.morio*) en condiciones de laboratorio con un peso promedio de 170 ± 60 g requieren 57% de PC para su máximo crecimiento utilizando un nivel de energía de 328.7 Kcal por 100g de dieta.

IX CONCLUSIÓN

Es recomendable utilizar dietas con un nivel de proteína del 47 al 57% para obtener el máximo crecimiento de juveniles de Mero rojo (*Epinephelus morio*) en condiciones de experimentación, aunque es necesario determinar de forma precisa el nivel óptimo de proteína en diferentes niveles de energía (lípidos y carbohidratos). No se obtuvieron diferencias significativas ($p>0.05$) entre los tratamientos de 47 a 57% de PC para las tasas de los parámetros de ganancia diaria de peso (GDP) y Factor de condición (FC), lo que puede indicar que la dieta con 47% de PC puede ser eficiente para obtener buenos resultados de crecimiento en una dieta utilizada a escala comercial, lo que disminuiría los costos por alimentación.

Desde el punto de vista práctico, la dieta que se utilizó es considerada adecuada en relación con la aceptabilidad que tuvo por parte de los peces, siendo una dieta aparentemente palatable para la especie utilizando una mezcla de ingredientes de origen vegetal y animal. La adaptación al cautiverio y los procedimientos de manejo durante el proceso de experimentación, nos da un panorama positivo en cuestión del cultivo y comercialización, haciendo factible la posible apertura de mercado para el mero rojo como una especie cultivable. Para ello se requiere mayor información sobre las necesidades nutricionales de la especie si se pretende generar una dieta especializada para el cultivo de mero rojo en México. Sería altamente recomendable realizar estudios nutricionales sobre la capacidad digestiva (fisiología y bioquímica) de esta especie en diferentes periodos de crecimiento, así como mejorar el uso de ingredientes para la fabricación de alimentos adecuados para el correcto crecimiento de las peces.

X REFERENCIAS

1. SIH-YANG S, RIMMER M., WILLIAMS K. *et al.* A Practical Guide to Feeds and Feed Management for Cultured Groupers. Marine finfish. Aquaculture; 2005; 1-2.
2. ELANGO VAN A, SHIM K.F. Growth response of juvenile *Barbodes altus* Fed isocaloric diets whit variable protein levels. Aquaculture 1997; 321-328.
3. WILLIAMS K. A review of feeding practices and nutritional requirements of postlarval groupers. Aquaculture 2009; 141-150.
4. BOONYARATPALIN M. Nutrient requirements of marine food fish cultured in Southeast Asia. Aquaculture 1997; 283-313.
5. SHIAU S, LAN C. Optimum dietary protein level and protein to energy ratio for growth of grouper (*Epinephelus malabaricus*). Aquaculture 1996; 259-266.
6. DEPARTAMENTO DE PESACA Y ACUICULTURA DE LA FAO. El estado mundial de la acuicultura y pesca 2010. Roma, Italia FAO 2010; 3,4.
7. JUÁREZ-TORRES M, FLORES –ESCOBAR ML, DE LUNA-MARTÍNEZ J. El sector pesquero en México. México Financiera rural, 2007; 5-8.
8. BRULÉ T, VIRGINIA E, NÓH-QUIÑONES, SÁNCHEZ-CRESPO M, COLÁS-MARRUFO T, PÉREZ-DÍAZ E. Composición de las capturas comerciales del complejo Mero-pargo en el Sureste del Golfo de México e Implicaciones para el Manejo de su Pesquería. CINVESTAV IPN. Mérida Yucatán, México 2009; 199-209.
9. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-065-PESC-2007 Para regular el aprovechamiento de las especies de mero y especies asociadas, en aguas de jurisdicción federal del litoral del Golfo de México y Mar Caribe”, Norma Oficial Mexicana. NOM-065-PESC-2007 (“03, 24, 2009”).
10. BURGOS R, MORENO V, GIMÉNEZ E. Evaluación de la población y propuestas de para la pesquería del mero (*Epinephelus morio*) en el Banco de Campeche. Informe de Investigaciones conjuntas México-Cuba sobre el mero (*Epinephelus morio*, Valenciennes, 1828) en el Banco de Campeche. Convenio de pesca México-Cuba. SAGARPA 2005; 25.
11. CASTELLO-ORVÁY F. Alimentos y Estrategias de Alimentación para Reproductores y Juveniles de Peces Marinos. Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Symposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México; 550-559.
12. LUPATSCH I, KISSIL GW. Feed formulations based on energy and protein demands in white grouper (*Epinephelus aeneus*) Aquaculture 2005; 248, 83-95.

13. FERREIRA DA SILVA A. Requerimientos de Proteína y Energía: efecto en el Balance Bioenergético en juveniles del mero rojo *Epinephelus morio*. (Tesis de Doctorado) Yucatán México: Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología. México 2009.
14. OLVERA NM, OLIVERA CL. Nutrición y Alimentación de la Tilapia. Primer Curso Internacional de Producción de Tilapia 1996; 20-22
15. OGUNJI JO, WIRTH M. Influence of dietary protein deficiency on amino acids and fatty acid composition in tilapia, *O. niloticus*, Fingerlings. The israelí Journal of Aquaculture 2002;54: 64-72.
16. COWEY CB. Aspects of protein utilization by fish. Proceeding of the Nutrition Society 1975; 34: 57-63.
17. DE SILVA SS, GUNASEKERA RM, ATAPATTU D. The dietary protein requirements of young tilapia and an evaluation of the least cost dietary protein levels. Aquaculture 1989; 80: 271-284.
18. TACON AGJ, COWEY CB. Protein and amino acid requirements. In: P. Tyler and P. Calow (Editors), Fish energetics: New perspectives. Croom Helm, London, Great Britain 1985; 155-184.
19. WALTON MJ. Metabolismo de proteínas y aminoácidos en peces. In: J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta (Editores) Nutrición en acuicultura I Plan de formación de Técnicos Superiores en Acuicultura, Madrid España 1987; 225-303. Citado por Olvera NMA 1994.
20. WILSON RP, HALVER JE. Protein and amino acid requirement of fishes. Annual Review of Nutrition 1986; 6: 225-244.
21. FURUYA WN, PEZZATO LE, BARROS MM, FURUYA VRB, MIRANDA EC. Use ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*O. niloticus* L.) Aquaculture research 2004; 35: 1110 -1116.
22. WINFREE RA, STICKNEY RR. Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea*. Journal Nutrition 1981; 111: 1001-1012
23. PHILIPS JR. AM. Nutrition, digestion and energy utilization. In: W. S. Hoar and D.J Randall (Editors), Fish Physiology, Vol. 1. Academic Press, New York, USA 1969; 391 – 432. Citado por Olvera NMA 1994.
24. LIED E, LIE O, LAMBERTSEN G. Nutritional evaluation in fish by measurement of *in vitro* protein synthesis in white trunk muscle tissue. In: C.B Cowey, A. M. Mackie and J.G. Bell (Editors), Nutrition and Feeding in Fish. Academic Press, London 1985; 169-176. Citado por Olvera NMA 1994.

25. HEEMSTRA PC, RANDAL JE. FAO Species catalogue. Vol.16 Groupers of the world. (Family Serranidae, Subfamily Epinephelinae) An Annotated and Illustrated Catalogue of the Grouper, Rockcod, Hind, Coral Grouper and Lyretail Species Known to Date. Fisheries 1993; 195-196
26. MCGOBERN JC, BURGOS CM, HARRIS PJ, SEDBERRY GR, LOEFER JOSHUA K, PASHUCK O, *et al.* Aspects of the Life History of Red Grouper, *Epinephelus Morio*. Along the Southeastern United States. South Carolina Department of Natural Resources 2002; 5
27. RENAN GALINDO X. Biología de los juveniles de serránidos (*Tribu:Epinephelini*) de las especies *Epinephelus morio*, *Mycteroperca bonaci* y *Mycteroperca microlepis* en áreas de crianza de la costa de Yucatán, México. (Tesis de doctorado) Yucatán México Centro De Investigación y De Estudios Avanzados Del Instituto Politécnico Nacional. México 2005.
28. BURGOS RR, PÉREZ PM, MENA GJC, CERVERA CK, ESPINOZA MJC, MENA AR, *et al.* Veda de la pesquería de mero (*Epinephelus morio*) en el Banco de Campeche para el 2008. México, Veracruz: SAGARPA, 2008.
29. BRULE T, LETICIA G, RODRIGUEZ CANCHÉ. Food habits of juvenile red groupers, *Epinephelus morio* (Valenciennes, 1828), from Campeche bank, Yucatán, México.
30. GIMÉNEZ E, ANDERES B, MORENO V, BURGOS R. Aspectos de la conducta alimentaria del mero (*Epinephelus morio*) del Banco de Campeche. Ciencia pesquera México, 2001; 165-170
31. BOYD EC, LICHTKOPPLER F. Water Quality Management in Pond Fish Culture. International Center of Aquaculture Agricultural Experiment Station 1988; 3- 22.
32. MILLANEMA O. Replacement of fish meal by animal by-product meals in a practical diet for grow-out culture of grouper *Epinephelus coioides*. Aquaculture 2001; 204:75-84.
33. LUO Z, LIU Y, MAI KS, TIAN LX, LIU DH, TAN XY. Optimal dietary protein requirement of grouper *Epinephelus coioides* juveniles fed isoenergetic diets in floating net cages. Aquaculture 2004; 10: 247-252.
34. CIVERA R, ORTIZ JL, DUMAS S, NOLASCO H, ALVAREZ A, ANGUAS B. Avances en la Nutrición de la Cabrilla Arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*). Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, UPIMA. México 2002; 353-406.
35. CHEN HY, TSAY J C. Optimal dietary protein level for the growth of juvenile grouper, *Epinephelus malabaricus*, fed semipurified diets. Aquaculture 1994;119, 265–271.
36. WILLIAMS KC. A review of feeding practices and nutritional requirements of postlarval groupers. Aquaculture 2009; 292: 141-152.

37. USMAN, RACHMANSYAH, LAINING A, AHMAD T, WILLIAMS KC. Optimum dietary protein and lipid specifications for grow-out of humpback grouper *Cromileptes altivelis* (Valenciennes). *Aquaculture* 2005; 36, 1285-1292.
38. COWEY CB. Aminoacid requirements of fish: a critical appraisal of present values. *Aquaculture* 1994; 124, 11.
39. WILSON RP. Aminoacids and Proteins. In: *Fish Nutrition* 3rd ed. HALVER JE, HARDY RW. editors USA: Elsevier Science 2002; 143-180
40. SWANN DL, RIEPE JR, STANLEY JD, GRIFFIN ME, BROWN PB. Cage culture of hybrids striped bass in India and evaluation of diets containing three levels of dietary protein. *World Aquaculture Society* 1994; 25, 281-288.
41. RAMSEYER LJ, GARLING DL .JR. Effects of dietary protein to metabolizable energy ratios and total protein concentrations on the performance of yellow perch *Perca flavescens*. *Aquaculture Nutrition* 1998; 217-223
42. YOUSIF OM, OSMAN MF, ANAWHI AA, CHERAIN T. Optimum protein to energy ratio for two size of groups of rabbitfish, *Signanus canaliculatus* (park). *Aquacult. Nutrition* 1996; 2, 229-233.
43. YU-HUNG L, SHI-YEN S. Dietary lipid requirement of grouper, *Epinephelus malabaricus*, and effects on immune responses. *Aquaculture* 2003; 225, 253-250.
44. TUAN LA, WILLIAMS KC. Optimum dietary protein and lipid specifications for juvenile malabar grouper (*Epinephelus malabaricus*). *Aquaculture* 2007; 267, 129-138.

ANEXOS

ANEXO 1. Elaboración de las dietas.

1. Tamizado de las harinas y demás ingredientes a menos de 250 μ .
2. Pesar los ingredientes con ayuda de una balanza, incorporarlos a un tazón para posteriormente ser mezclados.
3. Mezclado de ingredientes durante al menos 15 minutos para garantizar la homogenización correcta.
4. Agregar el aceite de hígado de bacalao y mezclar 10 minutos.
5. Agregar el carboximetilcelulosa incorporando agua caliente (cuanto baste para) (aproximadamente 50⁰C) hasta formar una pasta consistente y añadirla a la mezcla de ingredientes. Mezclar 10 minutos hasta obtener una pasta semihúmeda consistente.
6. Pasar la pasta a través de un molino de carne (TOR-REY® modelo S520) para formar los pellets.
7. Colocar los pellets en la estufa a 60°C durante 2 horas para eliminar el exceso de humedad.
8. Almacenar en frío a 4°C hasta ser utilizados

ANEXO 2. Formula de alimento de mantenimiento “Mero lite”

Dieta de mantenimiento elaborada para los juveniles de mero en el laboratorio de nutrición animal de la UMDI Sisal.

Materias primas	Cantidad
CPSP 70%	250g
Concentrado Proteico de Soya	500g
Carboximetil Celulosa	40g
Pasta de Soya	400g
Gluten de Trigo	500g
Almidón de Trigo	450g
Harina de Pescado	2175.2g
Pre mezclas Vitamínicas y Minerales	100g
Calamar	2500 g

***CPSP – Concentrado proteico soluble de pescado**

ANEXO 3. Fórmula para la elaboración de 5 diferentes dietas con distintos niveles de inclusión de PC.

Formulación para la preparación de 1kg de alimento experimental.

Materias Primas	DIETAS				
	37%	42%	47%	52%	57%
*CPSP	222.4	254.3	286.2	318.1	350
Pasta de Canola	63.2	72.4	81.6	90.8	100
Concentrado Proteico de Soya	126.4	144.8	163.2	181.6	200
Harina de Camarón	114.4	130.8	147.2	163.6	180
Calamar	190	217.5	245	272.5	300
Suero de Leche	30	35	40	45	50
Aceite de Hígado de Bacalao	40	34	20	0	0
Almidón de Maíz Crudo	323.4	246.2	168.3	100.2	30
Carboximetil celulosa	10	10	10	10	10
Vit Robimix C	20	20	20	20	20
Lisina	8.6	9	10.3	11.4	0
Leucina	3.6	0	4.2	4.8	5.1
SUBTOTAL	1000	1000	1000	1000	1005.1

***CPSP – Concentrado proteico soluble de pescado (Harina de Menhaden)**

ANEXO 4. Composición química proximal de las dietas experimentales.

Composición (%)	37%	42%	47%	52%	57%
Proteína%	36.25	41.48	46.71	51.95	57.18
Humedad%	3.78	4.33	4.87	5.42	5.97
Lípidos%	7.11	6.96	6.01	6.95	6.90
Cenizas%	8.83	10.10	11.37	12.64	13.91
Fibras%	1.84	2.10	2.37	2.63	2.90
Kcal/g	2.52	2.78	2.97	3.33	3.60
Arginina	2.12	2.42	2.73	3.03	3.34
Histidina	0.70	0.80	0.90	1.01	1.11
Isoleucina	1.43	1.64	1.85	2.06	2.26
Leucina	2.29	2.62	2.95	3.29	4.13
Lisina	2.24	2.56	2.89	3.21	4.76
Metionina	0.75	0.86	0.96	1.07	1.18
Cistina	0.27	0.31	0.35	0.39	0.43
F.Alanina	1.28	1.46	1.65	1.83	2.01
Tirosina	0.97	1.11	1.25	1.39	1.53
Treonina	1.27	1.45	1.63	1.81	2.00
Triptófano	0.28	0.32	0.36	0.40	0.44
Valina	1.58	1.81	2.04	2.27	2.49

ANEXO 5. Inclusión de fitasa en harina de canola.

➤ Unidades de fitasa/100 g de harina.

Unidades de fitasa agregadas por cada g de harina: 1.6 U/g de harina.

Por cada 100 g de alimento:

$$24.5 \text{ g canola} \times 1.6 \text{ U/g} = 39.2 \text{ U}$$

➤ Cantidad de fitasa agregada.

Actividad de la FTE II: 543 U/ml.

$$543 \text{ U} \text{-----} 1 \text{ ml}$$

$$39.2 \text{ U} \text{-----} x = 0.0721 \text{ ml} = 72.1 \mu\text{l en harina de canola}$$

➤ Cantidad de agua agregada.

Proporción harina: agua (1:1.5)

$$24.5 \text{ g de canola} \times 1.5 \text{ g de agua} = 36.75 \text{ g}$$

➤ Incubar durante 15.5 horas a 40-50°C.

➤ Después de la incubación, la harina se incluye en la elaboración del alimento.

ANEXO 6. Importancia de la enzima fitasa en la elaboración de las dietas de experimentación.

Debido a las limitantes en el uso de harina de pescado y el calamar como fuentes de proteína, por su alto costo, se busca sustituir una porción de estos ingredientes por fuentes de proteína vegetal. Al haber una baja disponibilidad de fósforo en dicha fuente, se pueden utilizar enzimas exógenas (fitasa). Esta enzima es considerada un importante aditivo en alimentos debido a la hidrólisis enzimática del ácido fítico, un factor anti-nutricional presente en la mayoría de los alimentos hechos a base de cereales o leguminosas; es considerado como un factor anti-nutricional por su acción quelante de minerales (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Mo^{6+} y Co^{2+}) y la interacción con proteínas importantes en la nutrición, convirtiéndolos en no asimilables para el organismo.⁴⁵

La fitasa (mio-inositol hexaquisfosfato fosfohidrolasa) es una enzima que degrada a los fitatos para liberar P^{3+} y otros nutrientes. Pertenece al grupo de las fosfatasas ácidas. Cataliza la unión hidrolítica de los ésteres de ácido fosfórico de inositol y por lo tanto, libera ortofosfatos que pueden ser absorbidos. Al mismo tiempo, se pueden desligar minerales como el Ca^{+2} y el Mg^{+2} convirtiéndose a formas absorbibles.⁴⁶

El P^{3+} es el componente esencial de fosfolípidos, ácidos nucleicos, fosfoproteínas y esterios de fosfato altamente energéticos (ATP), por lo que juega un papel importante en el metabolismo celular. Es esencial para el crecimiento y el mantenimiento de la homeostasis mineral.⁴⁷

ANEXO 7. Tabla comparativa de niveles óptimos de proteína en diferentes especies de meros juveniles.

Especies	Requerimiento estimado (%)	Referencia
<i>Cromileptes altivelis</i>	53%	Usman <i>et al.</i> (2005)
<i>Epinephelus aeneus</i>	54%	Lupatsch <i>et al.</i> (2005)
<i>Epinephelus coioides</i>	55.5%	Williams (2009)
<i>Epinephelus malabaricus</i>	51%	Yu-hung <i>et al.</i> (2003)
<i>Epinephelus tawina</i>	50%	Boonyaraptalin (1997)
<i>Paralabrax maculatofaciatus</i>	55%	Civera <i>et al.</i> (2002)

ANEXO 8. GLOSARIO

Dietas isoenergéticas: refiere que las dietas empleadas tuvieron el mismo valor energético entre ellas.

Serránido: Los Serranidae (serránidos) es una familia de peces marinos incluida en el orden Perciformes. Conforman una familia cosmopolita de peces carnívoros marinos, que habitan en aguas tropicales, subtropicales y templadas. Conocidos como meros, cabrillas, serranos, chernas, garopas y baquetas, son especies que se distribuyen en hábitats costeros e insulares.

Litoral: son las grietas y fisuras que crea el oleaje del mar al golpear un acantilado. Comprende zonas costeras y es la parte de la plataforma continental más cercana a tierra firme.

Escamas ctenoides: Del griego "cteno" = peine, en referencia al borde espiculado de la escama, la cual presenta crecimientos óseos distintos del cuerpo de la escama.

Inversión prtogónica: Se refiere a los individuos que presentan primero un sexo femenino y posteriormente cambian de sexo a masculinos según características de edad, peso o la relación macho/hembra presente.

Inositol: Inositol o ciclohexan-1,2,3,4,5,6-hexol es un compuesto orgánico de fórmula a $C_6H_{12}O_6$ o $(CHOH)_6$. Participa en el metabolismo del calcio, colesterol, transporte de grasas y formación de Lecitina.

Fitato: El ácido fítico es un ácido orgánico que contiene fósforo, presente en los vegetales, sobre todo en semillas y fibras

Ortofosfato: son las sales o los ésteres del ácido fosfórico. Tienen en común un átomo de fósforo rodeado por cuatro átomos de oxígeno en forma tetraédrica. Son compuestos indispensables en la formulación de los abonos de minerales.

REFERENCIAS COMPLEMENTARIAS

45. GUERRERO M, RODRÍGUEZ L, VIADER J. Producción de una fitasa recombinante en *Pichia pastoris*. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal 2007; 10:413-418.
46. VALLARDI GM. Efecto de la fitasa en dietas para gallina de postura como fuente de energía, aminoácidos y fósforo (tesis de maestría). Colima (Colima) México: Universidad de Colima, 2000.
47. CABRERA M, PUERTO M, RAMOS A, SAADOUN A, MARCHESONI A. Evaluación de la biodisponibilidad del fósforo orgánico e inorgánico a través de la solubilidad in vitro y utilización in vivo. Agrociencia 2002; 6:69-78.