

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.



EVALUACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE
PROTEÍNA, LÍPIDOS TOTALES Y DIETAS
PRÁCTICAS EN JUVENILES DE PARGO
LUNAREJO, *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1896).

Por:

KARINA HERNÁNDEZ MENDOZA

TESIS APROBADA POR LA

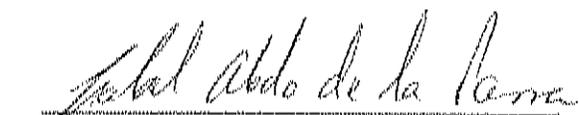
UNIDAD MAZATLÁN
EN ACUICULTURA Y MANEJO AMBIENTAL

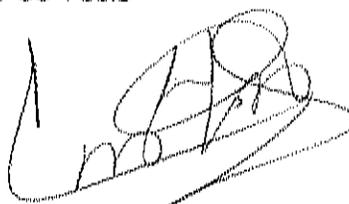
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRIA EN CIENCIAS

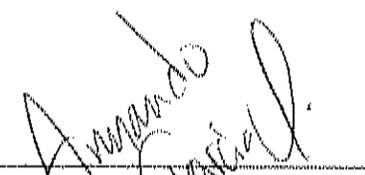
CARTA DE APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para revisar la tesis de la Ing. Karina Hernández Mendoza, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias.


M. en C. María Isabel Abdo de la Parra
Director de Tesis


M en C. Crisantema Hernández González.
Asesor de Tesis


Dr. Luis Sergio Álvarez-Lajonchère García.
Asesor de Tesis


Dr. Armando García Ortega.
Asesor de Tesis.

DECLARACIÓN DE LA INSTITUCIÓN

Se permiten citas breves sin permiso especial del autor, siempre y cuando, se otorgue el crédito correspondiente. Se podrá solicitar permiso al Director del Centro o Jefe del Área correspondiente del Centro de investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Apartado Postal 1725, Hermosillo, Sonora CP 83000 México, para citas o consultas mas completas con fines académicos. En otras circunstancias, se deberá solicitar permiso al autor.

La publicación en comunidades científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar créditos al CIAD, previa probación escrita del Director.

Dr. Ramón Pacheco Aguilar

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida a través de mis padres y por todas las cosas que me ha dado.

A mis padres Urbano Hernández García y Andrea Mendoza de Hernández, por su ejemplo de vida, por su apoyo incondicional para la realización de este proyecto, pero sobretodo por su cariño y confianza, los amo papas.

A mi esposo Jesús Humberto Pérez Cisneros, por tu apoyo y cariño, gracias por ser una luz en mi camino y el compañero de mi vida.

A mis hermanos Miguel Ángel, Tomas, Consuelo, Felipe, Martín y Elba, por ser para mí ejemplo de lucha diaria, por su cariño de hermanos y por todo lo que hemos compartido juntos, los quiero a todos.

A mis sobrinos, cuñadas y demás familiares, por ser parte de lo más importante en mi vida: mi familia, gracias por su cariño,

A mis amigas Vilma, Lupita y Lucita, por su amistad incondicional, por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas, las quiero.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado. Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. (CIAD) Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental, en particular a los Laboratorios de Nutrición y Reproducción por todas las facilidades brindadas para la realización de este trabajo.

A mi directora María Isabel Abdo de la Parra, por sus enseñanzas, apoyo y confianza en la realización de este trabajo.

A mis asesores de tesis M. en C. Crisantema Hernández, Dr. Luis Sergio Álvarez-Lajonchere y Dr. Armando García-Ortega por su apoyo en la realización de este trabajo.

Al Proyecto FOMIX: Evaluación de requerimientos nutricionales y dietas prácticas para la preengorda de juveniles de pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*), con clave de Registro: Sin-2006-C01-37105.

A mis compañeros de maestría: Catherine, Perla, Sofía, Ricardo y Aimee por todos los momentos vividos, por su amistad y porque sin ustedes esto no hubiera sido lo mismo.

A Biol. Blanca González Rodríguez, por su valiosa ayuda en la realización de todos los análisis bromatológicos requeridos en este trabajo.

A Biol. V. Patricia Domínguez Jiménez y al personal del laboratorio de Química y Productividad Acuática del CIAD Unidad Mazatlán, por su valiosa ayuda en la realización de los análisis de calidad del agua en los dos experimentos realizados en este trabajo.

A M. C. Estela Rodríguez Ibarra, por su enorme ayuda, por los consejos para la elaboración de esta tesis, pero sobretodo por su confianza y amistad.

A M. C. Gabriela Velasco Blanco, por su ayuda incondicional, por los consejos y aportaciones a esta tesis, pero sobretodo por la amistad brindada.

También agradezco a los señores: Juan Huerta, Manuel Cruz, Manuel Cruz hijo, Biol. Armando Ibarra, por la enorme ayuda técnica brindada en la fase experimental de este trabajo.

A Leonardo Ibarra por sus consejos y ayuda para hacer este trabajo, gracias Leonardo Álvarez

CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| ÍNDICE DE TABLAS..... | x |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xii |
| RESUMEN..... | xv |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. ANTECEDENTES..... | 3 |
| 2.1 Proteínas..... | 3 |
| 2.2 Lípidos..... | 4 |
| 2.3 Requerimientos de Proteínas y Lípidos reportados en peces marinos..... | 5 |
| 2.4 Requerimientos de proteínas y lípidos reportados en pargos..... | 7 |
| 2.5 Evaluación de dietas prácticas en pargos y otras especies de peces..... | 9 |
| 2.6 Importancia y Descripción de la especie..... | 11 |
| 3. HIPÓTESIS..... | 13 |
| 4. OBJETIVOS..... | 13 |
| 4.1 Objetivo General..... | 13 |
| 4.1.1 Objetivos específicos..... | 13 |
| 5. MATERIALES Y METODOS..... | 14 |
| 5.1 Experimento 1..... | 14 |
| 5.1.1 Formulación de dietas experimentales..... | 14 |
| 5.1.2 Preparación de dietas experimentales..... | 15 |
| 5.1.3 Análisis químico proximal de los ingredientes, dietas y peces..... | 16 |
| 5.1.4 Descripción de la sala de Bioensayos..... | 17 |
| 5.1.5 Origen de los Organismos experimentales..... | 18 |
| 5.2 Diseño experimental..... | 18 |
| 5.2.1 Diseño experimental para evaluar las dietas..... | 18 |
| 5.2.2 Alimentación..... | 19 |

| | | |
|----------------------|---|----|
| 5.2.3 | Parámetros ambientales..... | 19 |
| 5.2.4 | Evaluación biológica..... | 19 |
| 5.3 | Experimento 2..... | 20 |
| 5.3.1 | Formulación y Elaboración de las Dietas prácticas..... | 20 |
| 5.3.2 | Preparación de las dietas Prácticas..... | 22 |
| 5.3.3 | Análisis químico proximal de los ingredientes, dietas y peces.. | 22 |
| 5.3.4 | Descripción de la sala de Bioensayos..... | 22 |
| 5.3.5 | Origen de los organismos experimentales..... | 22 |
| 5.4 | Diseño experimental..... | 22 |
| 5.4.1 | Alimentación..... | 23 |
| 5.4.2 | Parámetros ambientales..... | 23 |
| 5.4.3 | Evaluación Biológica..... | 23 |
| 6. RESULTADOS | | |
| 6.1 | Experimento 1: | 25 |
| 6.1.1 | Análisis proximal de las dietas..... | 25 |
| 6.1.2 | Análisis proximal de la carcasa de los organismos..... | 25 |
| 6.1.3 | Parámetros ambientales..... | 26 |
| 6.1.4 | Evaluación Biológica..... | 26 |
| 6.1.4.1 | Incremento en Peso..... | 29 |
| 6.1.4.2 | Tasa de crecimiento específica..... | 29 |
| 6.1.4.3 | Supervivencia..... | 30 |
| 6.1.4.4 | Consumo de alimento..... | 33 |
| 6.1.4.5 | Tasa de Eficiencia Alimenticia..... | 33 |
| 6.1.4.6 | Tasa de Conversión alimenticia..... | 34 |
| 6.1.4.7 | Tasa de Eficiencia Proteica | 35 |
| 6.1.4.8 | Factor de Condición..... | 36 |
| 6.2 | Experimento 2: | 37 |
| 6.2.1 | Análisis químico proximal de las dietas | 37 |
| 6.2.2 | Análisis proximal en carcasa de los organismos..... | 38 |
| 6.2.3 | Parámetros ambientales..... | 38 |
| 6.2.4 | Evaluación Biológica..... | 39 |
| 6.2.4.1 | Incremento en Peso..... | 42 |

| | |
|---|-----------|
| 6.2.4.2 Tasa de Crecimiento Específica..... | 43 |
| 6.2.4.3 Consumo de Alimento..... | 44 |
| 6.2.4.4 Tasa de Eficiencia Alimenticia..... | 45 |
| 6.2.4.5 Tasa de Conversión Alimenticia..... | 46 |
| 6.2.4.6 Tasa de Eficiencia Proteica..... | 46 |
| 6.2.4.7 Factor de condición (K)..... | 47 |
| 6.2.4.8 Supervivencia..... | 48 |
| 7. DISCUSIONES | |
| 7.1. Experimento 1..... | 50 |
| 7.1.1. Parámetros ambientales | 50 |
| 7.1.2 Análisis Proximal de las Dietas | 50 |
| 7.1.3 Crecimiento..... | 50 |
| 7.1.4 Consumo de alimento | 53 |
| 7.1.5 Tasa de eficiencia alimenticia | 54 |
| 7.1.6 Tasa de conversión alimenticia | 55 |
| 7.1.7 Supervivencia..... | 56 |
| 7.1.8 Tasa de Eficiencia Proteica | 57 |
| 7.1.9 Factor de Condición (K)..... | 58 |
| 7.2 Experimento 2..... | 58 |
| 7.2.1 Formulación y Análisis bromatológico..... | 58 |
| 7.2.2 Crecimiento..... | 59 |
| 7.2.3 Tasa de crecimiento específica..... | 60 |
| 7.2.4 Consumo de alimento | 61 |
| 7.2.5 Tasa de Eficiencia Alimenticia | 62 |
| 7.2.6 Tasa de Conversión Alimenticia..... | 62 |
| 7.2.8 Tasa de Eficiencia Proteica..... | 63 |
| 7.2.7 Supervivencia..... | 63 |
| 7.2.9 Factor de Condición..... | 64 |
| 8. CONCLUSIONES..... | 66 |
| 9. RECOMENDACIONES..... | 67 |
| 10. BIBLIOGRAFIA..... | 68 |

| | |
|------------------|----|
| 11. ANEXO 1..... | 75 |
|------------------|----|

IDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Clasificación taxonómica de la familia <i>Lutjanidae</i> | 12 |
| Tabla 2. Formulación y composición aproximada de las dietas semipuras para la determinación de los requerimientos de proteína y lípidos del pargo lunarejo (<i>L. guttatus</i>), las cantidades son gramos en porcentaje del peso seco..... | 15 |
| Tabla 3. Formulación y composición de las dietas prácticas, con variaciones en las fuente proteica. Cantidades en porcentaje del peso seco..... | 21 |
| Tabla 4. Análisis químico proximal de las dietas experimentales con variaciones en los niveles de proteína y lípidos (% en base seca), los valores son en promedio \pm su desviación estándar..... | 25 |
| Tabla 5. Análisis químico proximal de los peces al final del experimento, los valores son en promedio \pm su desviación estándar..... | 26 |
| Tabla 6. Resultados obtenidos en la evaluación biológica del experimento 1. Los promedios en los mismos renglones con índices distintos presentan diferencias significativas ($P < 0.05$)..... | 27 |
| Tabla 7. Resultados obtenidos en la evaluación biológica del experimento 1. Los promedios en los mismos renglones con índices distintos presentan diferencias significativas ($P < 0.05$)..... | 32 |

| | |
|--|----|
| Tabla 8. Análisis químico proximal de las dietas prácticas y dietas control (base seca). Los valores se presentan en promedio \pm su desviación estándar..... | 37 |
| Tabla 9. Análisis Proximal de los peces finales (base seca). Los valores se presentan en promedio \pm su desviación estándar, letras distintas muestran diferencias significativas entre los tratamientos..... | 38 |
| Tabla 10. Resultados obtenidos en la evaluación biológica del experimento 2. Los promedios en los mismos renglones con índices distintos presentan diferencias significativas ($P < 0.05$)..... | 41 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Pargo lunarejo, <i>Lutjanus gultatus</i> | 12 |
| Figura 2. Procedimiento de elaboración de las dietas experimentales. a) Mezclado de los ingredientes de la dieta; b) Una vez homogenizados los ingredientes se pasa por un molino de Torrey; c) Almacenado del alimento en bolsas para su conservación..... | 16 |
| Figura 3. Sala de bioensayos, donde se llevaron a cabo los dos experimentos..... | 18 |
| Figura 4. Incrementos en peso del pargo lunarejo. Los valores (la media \pm SEM, n=3) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$)..... | 29 |
| Figura 5. Tasa de Crecimiento especifica del pargo flamenco. Los valores (la media \pm SEM, n=3) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$). | 30 |
| Figura 6. Porcentaje de supervivencia del pargo lunarejo. Los valores (la media \pm SEM, n=3) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$)..... | 31 |
| Figura 7. Consumo de alimento del pargo lunarejo. | 33 |
| Figura 8. Eficiencia Alimenticia del pargo lunarejo. Los valores (la media \pm SEM, n=3) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$)..... | 34 |

| | |
|--|----|
| Figura 9. Tasa de conversión alimenticia del pargo lunarejo. Los valores (la media \pm SEM, n=3) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$). | 35 |
| Figura 10. Tasa de eficiencia Proteica del pargo lunarejo. Los valores (la media \pm SEM, n=3) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$)..... | 36 |
| Figura 11. Factor de Condición del pargo <i>lunarejo</i> | 37 |
| Figura 12. Incremento en peso del pargo lunarejo alimentado con dietas prácticas y dietas control. Los valores (la media \pm SEM, n=3) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$)..... | 42 |
| Figura 13. Tasa de Crecimiento Especifica del pargo lunarejo alimentados con dietas prácticas y dietas control. Los valores (la media \pm SEM, n=3) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$)..... | 43 |
| Figura 14. Consumo de alimento del pargo lunarejo alimentados con dietas prácticas y dietas control. Los valores (la media \pm SEM, n=3) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$)..... | 44 |
| Figura 15. Tasa de Eficiencia Alimenticia del pargo lunarejo alimentados con dietas prácticas y dietas control. Los valores (la media \pm SEM, n=3) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$)..... | 45 |
| Figura 16. Tasa de Conversión Alimenticia del pargo lunarejo alimentados con dietas prácticas y dietas control. Los valores (la media \pm SEM, n=3) con | |

letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos (P<0.05).....46

Figura 17. Tasa de Eficiencia Proteica del pargo lunarejo alimentados con dietas prácticas y dietas control. Los valores (la media \pm SEM, n=3) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos (P<0.05).....47

Figura 18. Factor de Condición del pargo lunarejo alimentados con dietas prácticas y dietas control. Los valores (la media \pm SEM, n=3) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos (P<0.05).....48

Figura 19. Porcentaje de supervivencia del pargo lunarejo alimentados con dietas prácticas y dietas control.....49

RESUMEN

El pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) es una especie de alto valor comercial en México, y se adapta al cautiverio, lo que la hace un fuerte candidato de cultivo; sin embargo para el éxito del cultivo, es necesario conocer los requerimientos nutricionales de la especie, los cuales no han sido reportados aun. El macronutriente más importante y el más costoso en un alimento, es la proteína, por tanto se busca tener un buen balance entre proteína-energía de forma que, se eficiente el crecimiento de la especie y se disminuyan los costos de alimentación. Para el presente proyecto, se llevaron a cabo dos experimentos, en el primero se formularon 9 dietas semipuras con tres niveles distintos de proteína (40, 45 y 50%) y cada una con tres niveles de lípidos (9, 12 y 15%); se utilizó harina de pescado y caseína como fuente proteica así como aceite de hígado de bacalao como fuente lipídica. En el segundo experimento se formularon dos dietas con el nivel de proteína y lípidos en donde se obtuvo mejor crecimiento en el experimento anterior, utilizando calamar en una dieta y gónada de atún en la otra, como fuente proteica. Ambos experimentos se corrieron por triplicado durante 60 días con peces producidos en cautiverio con un peso inicial promedio de 2.36 ± 0.29 y 3.3 ± 0.17 respectivamente. Se utilizaron tanques de 600 litros con 30 peces por tanque, flujo continuo de agua y fotoperiodo natural 12:12h. Cada dos semanas se practicaba biometría a los peces de cada tratamiento para evaluar crecimiento y obtener la supervivencia. Los resultados del primer experimento se analizaron por un análisis de varianza factorial y los del segundo por un análisis de varianza de una vía ($P < 0.05$). Las medias significativamente diferentes se determinaron por pruebas de comparación múltiple de rangos de Tukey. En el primer experimento, los mejores resultados en cuanto a crecimiento y eficiencia alimenticia se obtuvieron en los peces alimentados con las dietas que contenían 45 de proteína y 9 y 12% de lípidos, presentando diferencias significativas ($P < 0.05$) con las dietas 40:9, 40:12 y 40:15; la supervivencias en todos los tratamientos fue superior al 80%. En el segundo experimento los peces alimentados con la dieta calamar obtuvieron el mayor incremento en peso, mejor tasa de eficiencia alimenticia y tasa de eficiencia proteica, siendo los resultados significativamente diferentes ($P < 0.05$) al resto de los tratamientos. En la tasa de crecimiento específica la dieta calamar y la dieta control C (camaronina) no presentaron diferencias significativas; el consumo de alimento más bajo se presentó en la dieta control N (trucha); en la tasa de conversión alimenticia no se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre la dieta calamar y la dieta control C, el factor de condición más eficiente se presentó en la dieta control C, la cual fue significativamente diferente ($P < 0.05$) al resto de los tratamientos. La supervivencia entre los tratamientos fue superior al 80% y no se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos.

1. INTRODUCCIÓN

Según la FAO (2001), el crecimiento de la población, la urbanización y el aumento de los ingresos per cápita han hecho que el consumo mundial de pescado se triplicara durante el período 1961-2001, aumentando de 28 a 96,3 millones toneladas y se proyecta que para el 2030 el consumo será de 69.5 millones y los productos obtenidos por las pesquerías serán insuficientes para satisfacer tales demandas; por lo tanto, la acuicultura tiene en este sentido el desafío de coadyuvar a satisfacer las necesidades de alimentos proteicos de la población.

En nuestro país, la acuicultura nace como una actividad complementaria de apoyo social a las comunidades rurales, la cual pretendía incrementar el consumo de proteína animal y mejorar así los niveles nutricionales de la población (Avilés-Quevedo y Castellón-Orvay 1999). En este sentido, la piscicultura marina en México, como en muchos otros países, será sin duda una alternativa viable para lograr dichos objetivos por un lado, y por el otro, tratar de minimizar la presión existente en la pesca. Por lo tanto, la piscicultura marina deberá ser eficiente y sostenible, minimizando el impacto ambiental.

Una de las principales ramas de la piscicultura es la nutrición, ya que está juega un papel muy importante en el crecimiento, en la función del sistema inmune de los peces y en su resistencia a enfermedades. Por lo cual, los alimentos artificiales que se desarrollen deberán ser altamente digeribles, cubrir los requerimientos nutricionales y tener un bajo costo, para lograr así obtener el óptimo crecimiento, mejores tasas de conversión alimenticia, minimizar el estrés, mantener la salud de los peces y evitar el desperdicio del alimento, lo cual aumentaría la contaminación del medio de cultivo y se traduciría en enormes pérdidas económicas (Webster y Lim, 2002). Además, los alimentos y las prácticas de alimentación son elementos cruciales para lograr la sustentabilidad y el beneficio económico de la

industria ya que los costos de alimentación representan entre el 30 al 60% de los costos totales de operación (NRC, 1993; Webster y Lim, 2002).

El pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) es una especie con un alto potencial para la acuicultura, tanto en México como en otros países de Latinoamérica. Esta especie es muy apreciada en el mercado nacional en el que alcanza precios de hasta \$60.00 pesos kg^{-1} ; sin embargo, su cultivo se ha limitado a la engorda de organismos juveniles del medio natural, en varios sitios de las costas del Océano Pacífico. Los juveniles de pargo lunarejo son capturados y engordados en jaulas flotantes hasta que alcanzan la talla comercial (Avilés-Quevedo y Castellón-Orvay 1999); sin embargo, para que un cultivo sea sostenible, no debe por un lado, depender de los juveniles capturados del medio ambiente y por otro lado, deben desarrollarse alimentos artificiales que cubran los requerimientos nutricionales de la especie, ya que actualmente se alimentan con dietas formuladas específicamente para trucha o camarón, las cuales, no cubren los requerimientos nutricionales del pargo. Por lo anterior y dados los esfuerzos que se realizan en algunos estados de la República Mexicana para la engorda de juveniles capturados en el medio natural, se requiere estimar los requerimientos nutricionales como son los niveles proteicos y lipídicos, para poder desarrollar alimentos artificiales específicos para esta especie desde sus fases tempranas (1g) y de esta manera contribuir al desarrollo de la biotecnología del cultivo de la especie e impulsar esta actividad tan importante y necesaria para el desarrollo de nuestro país.

2. ANTECEDENTES

La acuicultura en el mundo tiene muchos años de historia, se ha reportado que sus inicios son en Egipto desde hace más de 2500 AC; sin embargo, los primeros estudios que iniciaron el camino hacia el desarrollo de dietas formuladas para peces marinos fueron llevadas a cabo en Japón (Watanabe *et al.* 1984).

Actualmente en México son varias las especies sujetas a investigación como candidatas a ser cultivadas a niveles comerciales, como son el pargo lunarejo, botete diana, huachinango del Golfo, cabrilla arenera, esmedregal, etc.; sin embargo se carece de información de los aspectos nutricionales en la etapa de juveniles de muchas de estas especies, sobre todo en lo que respecta a proteína y lípidos, por tanto este trabajo está encaminado a determinar los requerimientos de dichos macro-nutrientes en la etapa juvenil del pargo flamenco.

2.1. Proteínas

Las proteínas están consideradas como el constituyente más importante de cualquier célula viviente y representan el grupo químico más abundante en el cuerpo de los animales, con excepción del agua, son componentes esenciales tanto del núcleo celular como del protoplasma celular y por lo tanto constituyen el tejido muscular, órganos internos, nervios y piel. (Tacon, 1989).

La función de las proteínas son: reparación del tejido dañado y desgastado (mantenimiento de tejido) y formación de tejido nuevo (síntesis de nuevas proteínas durante el crecimiento). Las proteínas suministradas en la dieta actúa como fuente de energía o puede servir como sustrato para la formación de lípidos y carbohidratos en el tejido. Se requiere para la formación de hormonas, enzimas y una variedad muy amplia de otras

substancias biológicamente importantes, tales como los anticuerpos y hemoglobina.

Los requerimientos proteicos se pueden definir como la cantidad mínima necesaria para alcanzar los requerimientos de aminoácidos y alcanzar el máximo crecimiento (Tacon, 1989). Los elevados requerimientos proteínicos en las dietas de peces marinos se atribuyen a sus hábitos alimenticios carnívoros/omnívoros y al uso preferencial de la proteína dietética sobre los carbohidratos como fuente energética. En contraste con los animales terrestres, los peces son capaces de obtener más energía metabolizable a partir del catabolismo de proteínas que de los carbohidratos.

2.2. Lípidos

Los lípidos son una fuente importante de energía metabólica (ATP). De hecho de todos los nutrientes, los lípidos son los compuestos más energéticos. Son componentes esenciales de todas las membranas celulares y subcelulares. Sirven como vehículo biológico en la absorción de vitaminas liposolubles. Son fuente de ácidos grasos esenciales, mismos que son indispensables para el mantenimiento e integridad de las membranas celulares. Se requieren para el óptimo transporte lipídico y son precursores de la hormona prostaglandina. Juegan un papel importante como colchón mecánico para el soporte de los órganos vitales y desde el punto de vista de tecnología de alimentos, los lípidos actúan como lubricante, ayudan a reducir el polvo en los alimentos y juegan un importante papel en la atracción por el alimento. (Tacon, 1989).

Determinar la mejor ración proteína-energía para lograr el efecto de "ahorro proteico" en función de los niveles de proteína y lípidos, cuando ambos se suministran por encima y por debajo de los niveles que se espera sean los requeridos por la especie, permite una utilización más eficiente de la proteína en la dieta (Ozorio *et al.* 2006). En muchos estudios realizados se ha demostrado que el crecimiento que se presenta en peces de distintas

especies ha sido altamente influenciado principalmente por los niveles de proteína y lípidos en la dieta (Catacutan *et al.* 2001; Watanabe *et al.* 2001; Miller *et al.* 2005; Kim *et al.* 2000; Lee y Kim, 2001; Hebb *et al.* 2003; Silva *et al.* 2006; Álvarez-González *et al.* 2001; Duan *et al.* 2001; Ozorio *et al.* 2006).

2.3. Requerimientos de Proteínas y Lípidos Reportados en Peces Marinos.

En varios estudios realizados con juveniles de peces marinos en el mundo se han obtenido datos como los de Jeong-Dae y Lall (2000), quienes probaron los efectos de los niveles de proteína en el crecimiento de juveniles de bacalao del Atlántico (*Melanogrammus aeglefinus*), utilizaron cinco dietas isoenergéticas que contenían 45%, 50%, 55%, 60% y 65% de proteína, los datos obtenidos mostraron que el nivel de proteína en donde se obtuvo mayor crecimiento, fue de 53.8%; así mismo, cuando los niveles de proteína se incrementaban, disminuía la relación de alimento ingerido/ganancia en ración.

En lo que respecta a los requerimientos nutricionales proteicos para juveniles de besugo, *Pagellus bogaraveo* (Brunnich) Silva *et al.* (2006), evaluaron cinco dietas isolipídicas (12%) con un contenido proteico de 20, 30, 40, 50 y 60% de proteína; al final del experimento ellos observaron que el crecimiento se incrementó significativamente cuando se incrementa la proteína por encima del 40%, pero altos niveles de proteína inducen un índice similar de crecimiento. La tasa de conversión alimenticia (TCA) decrece con el incremento de proteína en la dieta. Ellos concluyen que el mejor crecimiento y TCA se obtiene con dietas con contenidos de 40% de proteína para esta especie.

Kruger D. P. *et al.* (2000), utilizaron tres contenidos de proteína (30, 38 y 45%) y tres contenidos de lípidos (6, 8 y 12%) para formular nueve dietas diferentes, con las cuales se alimentaron juveniles cola de espada (*Xiphophorus helleri* Heckel), de 6 a 8 semanas de nacidos, durante 60 días. Ellos concluyen que un nivel de proteína de 45% y una baja concentración

de lípidos (6%) provee la tasa de crecimiento específica (TCE) y tasa de conversión alimenticia (TCA) óptimos para el crecimiento de dichos juveniles.

En el estudio realizado por Ozorio. *et al.* (2006), con juveniles de sargo (*Diplodus sargus*), determinaron los efectos en el crecimiento y composición de la carcasa, alimentándolos con diferentes niveles de proteína y lípidos en la dieta. Se elaboraron cuatro dietas, las cuales tenían 15 y 28% de proteína y 12 y 16% de lípidos. Ellos encontraron que el mejor crecimiento se dio en peces alimentados con dietas con el nivel más alto de proteína (28%), sin que los lípidos afectaran el crecimiento. El consumo de alimento disminuye conforme aumentaba el nivel de proteína en la dieta con ambos niveles de lípidos y la tasa de conversión alimenticia se mejoró conforme incrementaban los niveles de proteína y lípidos en la dieta.

Lee y Kim (2001) llevaron a cabo un experimento alimentando juveniles de salmón japonés (*Onchorhynchus masou*, Brevoort) con dietas que contenían tres niveles de proteína (30, 40 y 50%) y dos niveles de energía (19 y 21 MJ. kg.⁻¹), los peces tenían un peso promedio inicial de 21.9 g, y fueron alimentados por 10 semanas con las dietas experimentales. La ganancia en peso y la eficiencia alimenticia se mejoró conforme se aumentó el nivel de proteína y lípidos, lo que indica que una dieta con un contenido de 40% de proteína y 21MJ. kg.⁻¹, será la óptima para el crecimiento y la eficiencia proteica en juveniles de salmón cereza.

Hebb *et al.* (2003); realizaron un experimento de 10 semanas con juveniles de lenguado de invierno (*Pleuronectes americanus*), con un peso inicial de 0.8 g para determinar el efecto de disminuir los niveles de energía-proteína digestible en la tasa de crecimiento específico (TCE), eficiencia alimenticia (EA), y los rangos de respiración. Evaluaron tres dietas con niveles de proteína-lípidos de 50:10, 45:15 y 40:20%. Encontraron diferencias significativas en el peso final y el porcentaje de la ganancia en peso en los tres tratamientos, los juveniles alimentados con la dieta de 50:10 mostró la TCE más alta y significativamente diferente a la dieta 40:20; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas con la dieta 45:15, así

misma, la dieta con 50:10 presentó una EA mejor que la dieta de 40:20, por lo que concluyen que se obtiene mejor crecimiento con dietas de 45:15 ó 50:10% de proteína y lípidos, respectivamente.

2.4. Requerimientos de Proteínas y Lípidos Reportados en Pargos

Existen distintos estudios realizados acerca de los hábitos alimenticios en el medio natural de la familia Lutjanidae como los de Díaz-Urbe (1999), Santamaría-Miranda (1996, 1998), Rojas (1997a), Rojas-Herrera (1996), Santamaría-Miranda y Elorduy-Garay (1997), Saucedo-Lozano *et al.* (1999), Saucedo-Lozano y Chiappa-Carrara (2000), Chiappa-Carrara *et al.* (2004), Rojas *et al.* (2004). Rojas-Herrera *et al.* (2003) analizaron los resultados de los autores antes mencionados, estos autores concluyen que la dieta del *L. guttatus* está constituida de forma general, al integrar 88 componentes, los cuales están compuestos por peces (%P=50.8) y crustáceos (%P=43.4); Sin embargo, en cuanto a los requerimientos nutricionales para juveniles de pargo lunarejo en cautiverio, existe solo un antecedente publicado a pesar de ser esta una especie foco de investigación en varios países del sur y centro América.

Existe un trabajo realizado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Unidad Mazatlán por Villa-López, (2005), en el cual se determinaron los requerimientos de proteína y lípidos para subadultos (140g) silvestres de pargo lunarejo. En forma separada se llevaron a cabo dos experimentos para evaluar dietas con variaciones en los niveles de proteína (30, 35, 40, 45, 50, 55 y 60%) así como variaciones en los niveles de lípidos (8, 11, 14 y 17%). Los resultados obtenidos mostraron que la dieta con una inclusión de proteína del 40% promovió el mejor crecimiento de los peces; así mismo, para este nivel de proteína se observó como óptimo un contenido de lípidos del 11%.

Miller *et al.* (2005) realizaron dos experimentos con peces juveniles (5.9 g) y pre-adultos (151.5 g) de Huachinango del Golfo (*Lutjanus*

campechanus), donde evaluaron dietas que contenían variaciones en los niveles de proteína y lípidos, para el primero se formularon dietas con niveles de 32, 36, 40 y 44% de proteína, al final del experimento no se encontraron diferencias significativas en cuanto a crecimiento; en el segundo experimento, los pre-adultos fueron alimentados con dieta formuladas con variaciones de 8, 10, 12 y 14% de lípidos con 44% de proteína, obtuvieron como resultado que los peces alimentados con la dieta con un contenido de 14% de lípidos presentaron alto contenido de grasa en la masa corporal, no así los peces alimentados con un 10% de lípidos, los cuales también mostraron un porcentaje alto de proteína corporal. Se condujo un tercer experimento con huachinangos pre-adultos (178.3 g) los cuales fueron alimentados con las mismas variaciones en el nivel de proteína del experimento uno y no obtuvieron diferencias significativas en el crecimiento. En un cuarto experimento se formularon dietas con un contenido de 32% de proteína y 6 a 12% de lípidos, con las cuales se alimentaron huachinangos del Golfo pre-adultos (178.3 g) y encontraron que el porcentaje de peso ganado y la tasa de eficiencia alimenticia se incrementan en tanto se incrementa el nivel de lípidos presente en la dieta. Los autores concluyeron que una dieta con proteína del 32 al 36% y 10% de lípidos se un buen crecimiento del huachinango del Golfo.

Catacutan *et al.* (2001) llevaron a cabo dos experimentos con pargo rojo de mangle (*Lutjanus argentimaculatus*), formularon y probaron dietas que con tres niveles proteicos (35, 42.5 y 50%) y dos niveles de lípidos (6 y 12%) para cada dieta. Con un rango de energía de 14.6 MJ kg.⁻¹ a 20.5 MJ kg.⁻¹. La tasa de proteína-energía de las dietas tenía un rango de 20.6 a 27.5 mg de proteína kJ.⁻¹, la tasa de conversión alimenticia y el factor de condición no fueron afectados por los tratamiento, los peces alimentados con 50% de proteína presentaron un aumento significativo en la tasa de crecimiento específica que aquellos alimentados con 42.5% en la dieta. Los lípidos no afectaron significativamente el crecimiento de los peces. En un segundo experimento los peces (21.1±0.1g) fueron alimentados por 94 días con tres dietas (39, 44 y 49% de proteína, con raciones proteína:energía de

21.1, 23.3 y 25.5 mg proteína KJ^{-1} respectivamente), y no obtuvieron diferencia significativas. Concluyen que la dieta que contenía 44% de proteína con una proporción proteína-energía de 23.3 mg proteína KJ^{-1} fue la óptima para el crecimiento del pargo de manglar bajo sus condiciones experimentales.

Watanabe *et al.* (2001), utilizaron juveniles de pargo criollo (*Lutjanus analis*) con un peso promedio inicial de 12.2 g, en los cuales evaluaron cuatro dietas isoproteicas (45% de proteína) con variaciones en el contenido de lípidos (6, 9, 12 y 15%) con raciones de energía-proteína de 33.9, 36.3, 38.8 y 41.2 mg proteína KJ^{-1} , bajo dos temperaturas controladas (25 y 30°C), respectivamente. El máximo crecimiento y retención de energía en juveniles de pargo criollo usando dietas con contenido de proteína de 45% fue observado en dietas con niveles de 6-9% de lípidos y proporciones de E:P de 33.9 y 36.3 kJ g^{-1} de proteína y a 30°C

Olivares-Paulette y Boza-Abarca. (1999) trabajaron con pargo lunarejo (*L. guttatus*) con un peso inicial de 42 g., utilizando alimento granulado (49.61% de proteína y 11.77% de lípidos) realizando raciones de 0 (ayunas), 0.6, 1.26, 2.5 y 5% del peso corporal por día (PC día^{-1}) y alimentándolos 3 veces al día. Concluyeron que la tasa de crecimiento óptima fue de 1.09% PC día^{-1} , para factores de conversión de 0.94 y 1.86. Con una ración de mantenimiento de 0.17% PC día^{-1} ; sin embargo, los autores reportan que los peces no ganaron ni perdieron peso.

2.5. Evaluación de Dietas en Pargos y Otras Especies de Peces

Un trabajo realizado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Unidad Mazatlán por Sandoval-Valle (2005); quien evaluó una dieta experimental con un nivel de 42% de proteína y 11% en subadultos de pargo lunarejo de origen silvestre, con peso inicial promedio de 116.2 ± 1.9 g, y la comparó con dos dietas comerciales (Api-camaron y A. Lobina). Los resultados mostraron que la dieta comercial lobina presentó una mayor

ganancia en peso (30.2 ± 4.0) y fue estadísticamente diferente a la dieta experimental y a la dieta comercial Api-camaron. La Tasa de crecimiento específica y la Tasa de Eficiencia proteica también se vieron mejoradas con la dieta comercial lobina; sin embargo, no se presentaron diferencias significativas en el consumo de alimento y la supervivencia

Hernandez-González *et al.* (2004), probaron cuatro dietas experimentales en juveniles de botete diana (*Sphoeroides annulatus*), las dietas fueron formuladas con harina de pescado como fuente proteica principal, en combinaciones con otros recursos proteicos y con un contenido total de 55% de proteína aproximadamente, así mismo se utilizó una dieta comercial como dieta control, la cual presentaba 46% de proteína. Los autores no encontraron diferencias significativas en los índices nutricionales evaluados entre los 5 tratamientos.

En otras especies se han probado varias dietas como es el caso de las dietas para el sargo (*Pagrus auratus*), en las cuales se ha utilizado harina de pescado, harina de soya y piensos avícolas como fuente proteica, los resultados mostraron que el crecimiento de los peces disminuía conforme disminuía el porcentaje de harina de pescado en la dieta (Quartararo *et al.* 1998).

Así mismo Opstad *et al.* (2005), estudiaron el reemplazo parcial o total de la harina de pescado en las dietas utilizadas para alimentar bacalao del Atlántico (*Gadus morhua*), por harina de anfípodo o harina de "krill" y obtienen que el peso final en los peces disminuye conforme disminuye el porcentaje de inclusión de harina de pescado en la dieta.

Bolasina y Fenucci (2005); hicieron reemplazos de la harina de pescado en la dieta para la brótola (*Urophycis brasiliensis*) con harina de soya y harina de carne, los autores recomiendan que no se reemplace la harina de pescado por no más del 30% por cualquiera de las dos harinas. Luzzana *et al.* (2005), evaluaron la sustitución parcial de la harina de pescado por combinaciones de pescado y hemoglobina, así como por harina de soya y levadura de torula como fuentes proteicas con la lisa rayada (*Mugil cephalus*), no se encontraron diferencias significativas en el

crecimiento; sin embargo la harina de soya y levadura mostraron una tendencia baja de crecimiento y eficiencia alimenticia. Bai *et al.* 2001, utilizaron harina de pescado, soya, gluten, caseína y músculo de pez roca (*Sebastes schlegelii*), para formular dietas para el pez roca, los índices de crecimiento de los peces fueron significativamente mejores en las dietas que incluían fuente de proteína animal.

2.6. Importancia y Descripción de la Especie

Los peces marinos de la familia Lutjanidae, denominados internacionalmente como pargos o "snappers" en inglés, son un importante recurso pesquero en las regiones costeras y zonas subtropicales del mundo. Esta familia se distribuye desde el Golfo de California, México hasta Perú (Allen, 1985). Actualmente forman parte importante de la pesca artesanal en México por los elevados volúmenes de captura y por el costo-beneficio que arroja su pesca.

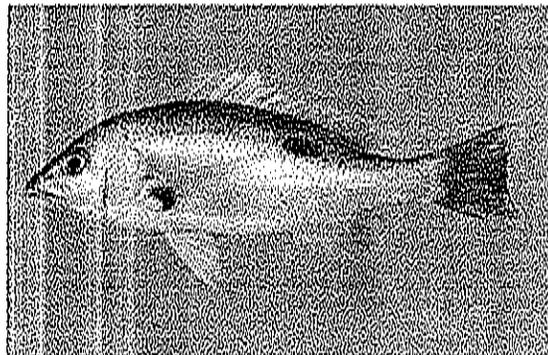


Figura 1. Pargo lunarejo, *Lutjanus guttatus*

La familia Lutjanidae se integra de 17 géneros y 103 especies, incluyendo 65 especies de *Lutjanus*, de los cuales 39 especies se encuadran en el Indo pacífico, 9 en el Pacífico Oriental, 12 en el Atlántico Occidental y 5 en el Atlántico Oriental (Doi y Singhagraiwan 1993). En el Pacífico mexicano se encuentran 8 especies de *Lutjanus* (Escobar-Fernández y Sirir, 1997) mismas que se distribuyen a través de la provincia de Panamá.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la familia Lutjanidae

| | |
|----------|-----------------|
| Reino | Animal |
| Phylum | Chordata |
| Clase | Osteichthyes |
| Subclase | Actinopterygii |
| Orden | Perciformes |
| Suborden | Percoidae |
| Familia | Lutjanidae |
| Genero | <i>Lutjanus</i> |
| Especie | <i>guttatus</i> |

La mayoría de los pargos son especies demersales, comunes especialmente en mares tropicales y subtropicales, desde aguas costeras hasta profundidades considerables; algunas especies viven en estuarios de aguas salobres, pudiendo penetrar en ríos, especialmente durante la fase juvenil (FAO 1995).

3. HIPÓTESIS

Los pargos, al ser peces marinos carnívoros requerirán altos niveles de proteína y lípidos para alcanzar su óptimo crecimiento y supervivencia. Desarrollar dietas prácticas con los requerimientos nutricionales específicos para la especie, ayudará a obtener un óptimo crecimiento y mantener en buen estado su sistema inmune y fisiológico.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

- Generar información sobre los requerimientos nutricionales (proteínas y lípidos) de juveniles de pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) producidos en cautiverio y obtener herramientas para formular dietas prácticas específicas para esta especie.

4.1.1 **Objetivos Específicos**

- 1) Formular y elaborar dietas semipuras con variaciones ascendentes de proteína (40, 45 y 50%) y lípidos totales (9, 12 y 15%).
- 2) Evaluar las dietas semipuras sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles de 2g (alevinaje) de pargo lunarejo en condiciones de cautiverio.
- 3) Con el mejor nivel de proteína y lípidos obtenido, formular y evaluar dietas practicas sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles de pargo lunarejo en cautiverio comparándolas con dietas comerciales.

5. MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental, en el estado de Sinaloa.

Se realizaron dos experimentos o bioensayos; En el primer experimento se evaluaron dietas semi-puras para determinar los requerimientos de proteína y lípidos en la dieta de los juveniles de pargo. En el segundo experimento se evaluaron dietas formuladas con el nivel de proteína y lípidos que dieron mejor resultado del experimento anterior.

5.1. EXPERIMENTO 1

5.1.1. Formulación de las Dietas Experimentales

Para el primer experimento se utilizó un diseño factorial (3 x 2). Se formularon y elaboraron 9 dietas semipuras que contenían diferentes niveles de proteína (40, 45, 50%), cada una con 3 diferentes niveles de lípidos (9, 12 y 15%), utilizando como fuente proteica harina de pescado, (80%) y caseína (20%) del total de proteína de cada dieta. Como fuente de lípidos se utilizó aceite de hígado de bacalao. El nivel de inclusión de las premezclas de minerales y vitaminas fue constante en las 9 dietas de cada fase. Se utilizó alginato (2%) como aglutinante y dextrina para completar el 100% (Tabla 2). Las dietas experimentales se formularon con el programa para Windows Mixit-2 previamente analizados los ingredientes. En la Tabla 2, se muestran las formulaciones de las dietas.

Tabla 2. Formulación y composición aproximada de las dietas semipuras para la determinación de los requerimientos de proteína y lípidos del pargo lunarejo (*L. guttatus*), las cantidades son gramos en porcentaje del peso seco.

| Ingrediente | Dietas Experimentales | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Experimento I (g kg ⁻¹) | | | | | | | | |
| | 40:9 | 40:12 | 40:15 | 45:9 | 45:12 | 45:15 | 50:9 | 50:12 | 50:15 |
| Harina de pescado ¹ | 470.4 | 470.4 | 470.4 | 529.4 | 529.4 | 529.4 | 588.2 | 588.2 | 588.2 |
| Casena ² | 88.8 | 88.8 | 88.8 | 100 | 100 | 100 | 111.1 | 111.1 | 111.1 |
| Ac. hígado de bacalao ³ | 49.9 | 79.9 | 109.9 | 44.9 | 74.9 | 104.9 | 39.9 | 69.9 | 99.9 |
| Dextrina ⁴ | 369.8 | 337.8 | 307.8 | 302.9 | 272.9 | 242.9 | 237.9 | 207.9 | 177.9 |
| Premezcla de minerales ⁵ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Premezcla de Vitaminas ⁵ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Vitaminas C ⁵ | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| Cloruro de Colina ⁷ | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Alginato ⁸ | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Proteína | 40 | 40 | 40 | 45 | 45 | 45 | 50 | 50 | 50 |
| Lípidos | 9 | 12 | 15 | 9 | 12 | 15 | 9 | 12 | 15 |
| Contenido energético kcal g ⁻¹ | 4.7 | 4.8 | 4.9 | 4.7 | 4.8 | 4.9 | 4.7 | 4.8 | 4.9 |

1 Proteínas Marinas Agropecuarias, S. A. de C.V

2 Sigma -Aldrich. St. Louis, MO, USA Libre de vitaminas, C3400-1KG

3 Droguería Cosmopolitan, S.A. de C.V.

4 Premezcla para peces marinos, elaborada por Empresa BASF, Mexicana

5 Vitamina C protegida donado por la empresa BASF, Mexicana

5.1.2 Preparación de Dietas Experimentales

Para elaborar las dietas, se molieron finamente todos los ingredientes secos utilizando un molino de martillos marca Micron. Posteriormente se mezclaron los ingredientes, en una batidora Kitchen Aid de 5 L., de capacidad. Primeramente (a), se mezclaron los ingredientes de mayor

proporción y después los micro ingredientes, para finalmente añadir el aceite y después el agua hasta obtener una mezcla homogénea. (b) Para paletizar se utilizó un molino de carne Torrey con un dado de 1mm. Los comprimidos se colocaron en charolas para secarlos a 40°C durante 8 horas. (c) Se almacenaron en recipientes herméticos previamente etiquetados y se mantuvieron en refrigeración a 0 °C para su conservación hasta su uso (fig. 2).

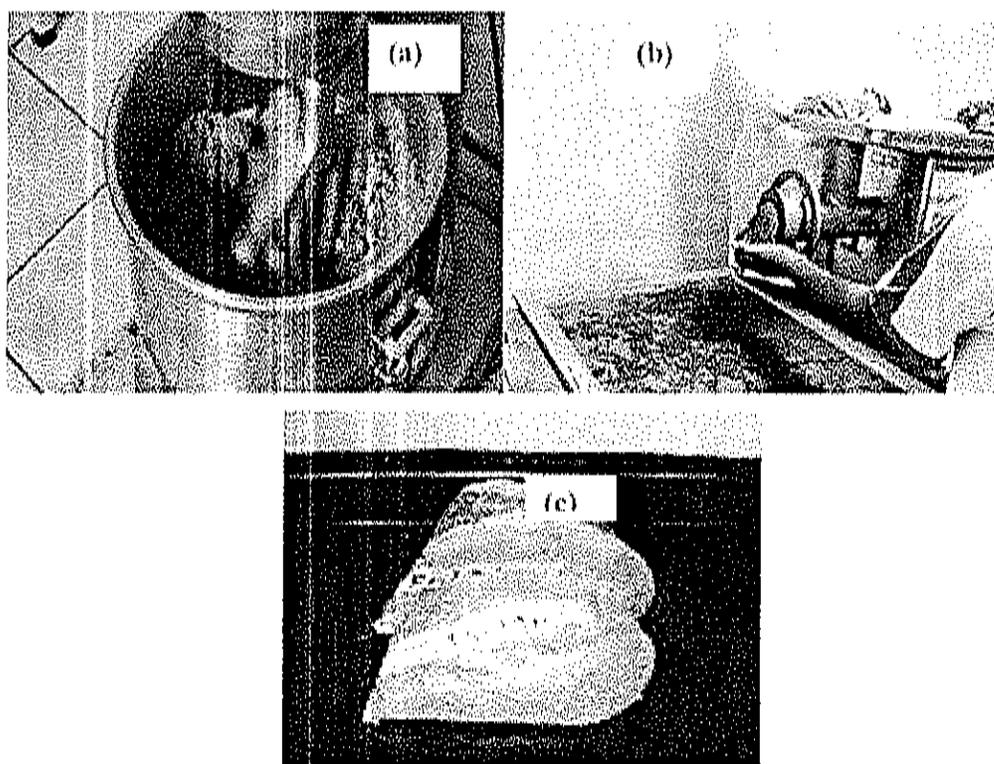


Figura 2. Procedimiento de elaboración de las dietas experimentales. a) Mezclado de los ingredientes de la dieta; b) Una vez homogenizados los ingredientes se pasa por un molino de Torrey; c) Almacenado del alimento en bolsas para su conservación

5.1.3 Análisis Proximal de los Ingredientes, Dietas y Peces

A los ingredientes y las dietas experimentales, se les realizó el análisis proximal en el laboratorio de Bromatología del CIAD Unidad Mazatlán, siguiendo los métodos de análisis proximal descrito por AOAC

(2000). La proteína se evaluó por el método de combustión utilizando un equipo Leco FP-528 (Anexo1).

Las grasas en ambos experimentos se analizaron por extracción con éter de petróleo utilizando un equipo microSoxhlet (Anexo1); para determinar la humedad se utilizó una estufa Craft a $105 \pm 5^\circ\text{C}$ por 12 horas (Anexo 1) y las cenizas se obtuvieron por calcinación de la muestra en una mufla Felissa a $550 \pm 50^\circ\text{C}$ por un período de 12 horas (Anexo1). Todos los análisis se realizaron por triplicado.

Para analizar la carcasa de los peces, al inicio de cada experimento se tomaron diez peces al azar como muestra del lote total de organismos que se utilizaron para el bioensayo, al final de este se tomaron 3 peces al azar por tanque, es decir nueve por tratamiento, y se sacrificaron por choque térmico (colocándolos en hielo), y se lavaron con agua destilada para su congelado, posteriormente se molieron hasta obtener una mezcla homogénea, para enseguida realizar los análisis proximales como se han descrito anteriormente (Anexo 1).

5.1.4 Descripción de la sala de Bioensayos.

El área donde se llevó a cabo el experimento cuenta con 27 tanques cilíndricos de fibra de vidrio color negro con una capacidad de 600 l, cada uno con un drenaje central de 50 mm, cubierto con malla de 0.51 cm. para evitar la salida de los peces y a la vez permitir la limpieza de los tanques. Cada tanque cuenta con aireación y flujo de agua continuo (6 L min^{-1} aproximadamente), con regulación según sea necesario. El agua de mar es bombeada desde playa las brujas Mazatlán y pasada a través de filtros de arena y de cartuchos de 16 micrómetros de retención relativa.

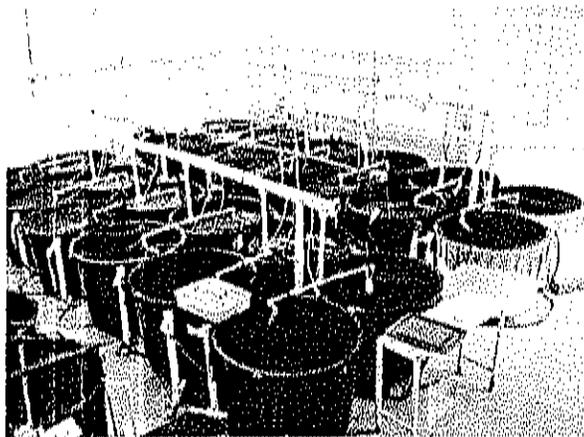


Figura 3. Sala de bioensayos, donde se llevaron a cabo los dos experimentos

5.1.5 Origen de los Organismos Experimentales

Los juveniles de pargo lunarejo para ambos experimentos, fueron producidos en la planta piloto de peces marinos del CIAD Mazatlán, siguiendo los protocolos ya establecidos para el desove y cultivo larvario (García-Ortega et al., 2005; Álvarez-Lajonchere et al, en prensa y Abdo de la Parra et al, enviado).

5.2. Diseño Experimental

5.2.1 Diseño Experimental para Evaluar las Dietas

En cada tanque experimental se colocaron 30 juveniles de pargo flamenco, con un peso promedio de 2.2 ± 0.1 g. No fue necesario un periodo de aclimatación debido a que los peces fueron criados en cautiverio y no se presentaron condiciones experimentales distintas a las ya prevalecientes durante la fase de larval. Cada tratamiento se evaluó por triplicado durante 8 semanas. La distribución de los tratamientos se realizó al azar, mediante sorteo sin reemplazo y los tanques se marcaron para su identificación.

5.2.2 Alimentación

El alimento se ofreció a cada tanque de forma manual cuatro veces al día (7:00, 10:00 a.m., 13:00 y 16:00 p.m.), ofreciéndolo poco a poco hasta saciedad aparente de los organismos. Diariamente se limpió el fondo de los tanques para eliminar restos de alimento y desechos orgánicos de los peces. Así mismo diariamente se registró el consumo de alimento de cada tanque.

5.2.3 Parámetros Ambientales

Diariamente se registró la temperatura y oxígeno disuelto utilizando el equipo YSI incorporated 550A, así como también se registró la salinidad por medio de un refractómetro Modelo SR-6, ambos dispositivos debidamente calibrados según las instrucciones del manual. Así mismo, cada semana se determinó el amonio presente en el agua bajo la norma NOM-SEMARNAT-001-SCFI-1996, por el laboratorio de Química y Productividad Acuática del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Unidad Mazatlán.

5.2.4 Evaluación Biológica

La evaluación biológica se realizó cada 14 días, los peces fueron anestesiados con el anestésico 2- fenoxietanol (Sigma) con una dosis de 0.3ml L^{-1} y cada uno se pesó en balanza con precisión de $\pm 0.05\text{ g}$ y determinó su longitud total con ictiómetro convencional de madera, para calcular los siguientes índices nutricionales:

Peso ganado (incremento): $PG = \text{peso promedio final} - \text{peso promedio inicial}$.

- Tasa de Crecimiento: $TC = \frac{\text{peso ganado}}{\text{peso inicial promedio}} \times 100$
- Tasa de Crecimiento Especifica: $TCE = 100 \times \frac{(\ln \text{ de peso en ese tiempo} - \ln \text{ peso inicial})}{\text{tiempo}}$

- Supervivencia: %S = No final / No Inicial X 100
- Tasa de Conversión Alimenticia: TCA = Alimento consumido / peso ganado

Al final del experimento se determinó:

- Tasa de Eficiencia Alimenticia: TEA = Peso ganado / alimento consumido
- Índice de Eficiencia Proteica: PER = Incremento de peso / consumo de proteína.
- Factor de condición: K = [(Peso final / (Largo total)³)] X 100.

Los datos en porcentaje (supervivencia, tasa de crecimiento específica y factor de condición) fueron transformados en arco-seno para homogenizar las varianzas. Antes de realizar el análisis estadístico se verificó la normalidad y homogeneidad de los resultados obtenidos, al ser datos paramétricos se sometieron a un análisis de varianza factorial (P<0.05), ANOVA de dos vías mediante el programa Statistica 6. Cuando se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó una prueba de rango múltiple de Duncan (P<0.05) (Puri & Muller 1980).

5.3. Experimento 2

5.3.1. **Formulación y Elaboración de las Dietas prácticas**

Se formularon dos dietas prácticas, utilizando harina de pescado, harina de camarón y pasta de soya como fuente proteica, además a una dieta se le agregó harina de calamar y a la otra gónada de atún. En ambas dietas se usó aceite de hígado de bacalao y aceite de canola como fuente de lípidos. Para alcanzar el 100% se utilizó dextrina y el nivel del resto de los ingredientes fue el mismo para ambas dietas (Tabla 3). Las dietas prácticas se formularon en base al nivel de proteína cruda y nivel de lípidos totales en la dieta en donde se obtuvieron mejores resultados del primer experimento; así mismo, se utilizaron dos dietas comerciales (Trucha y Camaronina), las

cuales fueron elegidas debido a que son utilizadas para la engorda de pargo silvestre en jaulas por los pescadores de la región.

Tabla 3. Formulación y composición de las dietas prácticas, con variaciones en las fuente proteica. Cantidades en porcentaje del peso seco.

| Ingrediente | Dietas | | Nutriente ^a | Control N | Control C |
|---|---------------|--------------|------------------------|-------------|-------------|
| | Dieta calamar | Dieta gónada | | Trucha | Camaronina |
| Harina de pescado ¹ | 393.9 | 328.7 | Humedad | 12% max. | 12% max. |
| Harina de Soya ² | 83.6 | 125.4 | Proteína | 40% min. | 44% min. |
| Harina de camarón ¹ | 169.1 | 225.5 | Grasa | 8% min. | 13% min. |
| calamar | 398.1 | ----- | Fibra cruda | 4% max. | 3% max. |
| Gónada | ----- | 366.6 | Cenizas | 10% max. | 10% max. |
| Aceite de pescado ⁵ | 15.8 | 21.0 | Calcio | 1.5% min. | 1.2% min. |
| Aceite de canola ⁶ | 57.0 | 50.3 | Fósforo | 1.0% min. | 1.0% min. |
| Dextrina | 174.0 | 137.6 | E.L.N | 20.0% P/DIF | 18.0% P/DIF |
| Premezcla minerales ³ | 1 | 1 | | | |
| Premezcla vitaminas ³ | 1 | 1 | | | |
| Vitamina C ⁴ | 0.2 | 0.2 | | | |
| Cloruro de colina ⁶ | 0.5 | 0.5 | | | |
| Alginato ⁶ | 20 | 20 | | | |
| Proteína | 45 | 45 | | | |
| Lípidos | 12 | 12 | | | |
| Contenido Energético Cal g ⁻¹ . | 4.5 | 4.4 | | | |

^a Los nutrientes son proporcionados por la empresa que elaboró el alimento

1 Proteínas marinas y agropecuarias, S.A. de C.V.

2 Alimentos de Occidente, S.A. de C.V.

3 Premezcla para peces marinos, elaborada por la Empresa BASF

4 Vitamina C protegida donado por la empresa BASF

5 Proteínas y aceites, S.A. de C.V.

6 Droguería Cosmopolitan, S.A. de C.V.

5.3.2 Preparación de las Dietas Prácticas

El procedimiento de la elaboración de las dietas fue similar al bioensayo anterior, el cual ya se explicó en el apartado 5.1.2

5.3.3 Análisis Proximal de los Ingredientes, Dietas y Peces

Cada uno de los ingredientes y de las dietas se analizaron en el laboratorio de Bromatología del CIAD Unidad Mazatlán, siguiendo el procedimiento explicado en el apartado 5.1.3.

5.3.4 Descripción de la Sala de Bioensayos

La sala donde se llevó a cabo el experimento, es la misma que fue utilizada y descrita para el primer experimento.

5.3.5 Origen de los Organismos Experimentales

Los juveniles de pargo flamenco utilizados también se obtuvieron del Laboratorio de Genética y Reproducción de la unidad Mazatlán, como se mencionó anteriormente

5.4. Diseño Experimental

En cada tanque experimental se colocaron 30 juveniles de pargo flamenco, con un peso promedio de 3.2 ± 0.1 g. No fue necesario un periodo de aclimatación debido a que los peces fueron criados en cautiverio y no se presentaron condiciones experimentales distintas a las ya prevalecientes durante la fase de larval. Cada tratamiento se evaluó por triplicado durante 8 semanas. La distribución de los tratamientos se realizó al azar, mediante sorteo y los tanques se marcaron para su identificación.

5.4.1 Alimentación

Se utilizó el mismo procedimiento que en el caso de las dietas experimentales anteriores.

5.4.2 Parámetros ambientales

Los parámetros se monitorearon y analizaron bajo el mismo procedimiento utilizado en la evaluación de las dietas experimentales (experimento 1).

5.4.3 Evaluación Biológica

La evaluación biológica se llevó a cabo cada 14 días. Cada uno de los peces de cada tanque fue anestesiado con el anestésico 2-fenoxietanol (Sigma) para ser pesados en balanza con precisión de ± 0.05 g y se midió su longitud total con ictiómetro convencional de madera, para determinar incremento en peso, tasa de crecimiento específica, tasa de conversión alimenticia, tasa de eficiencia alimenticia, supervivencia, tasa de eficiencia proteica, utilización neta de la proteína y factor de condición, mediante las fórmulas descritas anteriormente.

Los datos en porcentaje (supervivencia, tasa de crecimiento específica y factor de condición) fueron transformados en arco-seno. Se verificó la normalidad y homogeneidad de los resultados obtenidos y al ser resultados paramétricos se procedió a analizarlos mediante un análisis de varianza de una vía ($P < 0.05$), mediante el programa Statística 6. Cuando se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó una prueba de rango múltiple de Duncan ($P < 0.05$) (Puri y Muller 1980).

6. RESULTADOS

6.1 Experimento 1

6.1.1 Análisis Proximal de la dietas

Se realizaron los análisis proximales a las 9 dietas semi-puras formuladas, y se determinó que los resultados observados en cuanto a los niveles de proteína y lípidos son similares a los esperados, la variación no fue mayor del 1% proteínas como se observa en la Tabla 4

Tabla 4. Análisis químico proximal de las dietas experimentales con variaciones en los niveles de proteína y lípidos (% en base seca), los valores son en promedio \pm su desviación estándar.

| Dietas | Proteína (%) | Lípidos (%) | Humedad (%) | Ceniza (%) |
|---------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| D-40:9 | 41,4 \pm 0,1 | 9,76 \pm 0,2 | 7,7 \pm 0,1 | 8,4 \pm 0,2 |
| D-40:12 | 40,4 \pm 0,2 | 11,84 \pm 0,1 | 7,9 \pm 0,1 | 8,6 \pm 0,1 |
| D-40:15 | 41,0 \pm 0,5 | 15,70 \pm 0,1 | 7,9 \pm 0,1 | 8,2 \pm 0,2 |
| D-45:9 | 45,7 \pm 0,4 | 10,19 \pm 0,8 | 7,1 \pm 0,04 | 9,5 \pm 0,2 |
| D-45:12 | 45,5 \pm 0,2 | 11,94 \pm 0,3 | 6,9 \pm 0,5 | 9,5 \pm 0,2 |
| D-45:15 | 45,6 \pm 0,1 | 15,51 \pm 0,1 | 5,7 \pm 0,1 | 10,0 \pm 0,6 |
| D-50:9 | 53,5 \pm 0,3 | 9,25 \pm 0,2 | 6,8 \pm 0,1 | 10,2 \pm 0,1 |
| D-50:12 | 52,6 \pm 0,2 | 12,01 \pm 0,2 | 5,9 \pm 0,2 | 11,2 \pm 0,2 |
| D-50:15 | 50,1 \pm 0,1 | 15,21 \pm 0,3 | 5,4 \pm 0,1 | 11,7 \pm 0,2 |

6.1.2 Análisis Proximal de la Carcasa de los Organismos

Los resultados del análisis proximal de la carcasa de los peces (tabla 5) muestran que el contenido de proteína en los 9 tratamientos y en los peces iniciales existen diferencias significativas ($P < 0.05$) en donde el valor más alto se obtuvo en los peces iniciales. No se presenta una correlación entre el nivel de proteína ingerido y contenido en la carcasa. En cuanto al nivel de lípidos se observó que existen diferencia significativas entre los tratamientos y el valor obtenido en los peces iniciales ($P < 0.05$).

Tabla 5. Análisis químico proximal de los peces al final del experimento, los valores son en promedio \pm su desviación estándar.

| Dietas | Proteína (%) | Lípidos (%) | Humedad (%) | Ceniza (%) |
|--------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| Peces Inicio | 61.5 \pm 0.5d | 14.6 \pm 0.5c | 71.9 \pm 0.04 | 21.4 \pm 0.5c |
| D-40:9 | 57.1 \pm 0.5bc | 25.1 \pm 1.3ab | 67.5 \pm 2.1 | 16.5 \pm 0.9a |
| D-40:12 | 55.1 \pm 0.4ab | 25.9 \pm 0.9ab | 67.1 \pm 0.1 | 16.5 \pm 0.6a |
| D-40:15 | 53.5 \pm 0.8a | 26.5 \pm 0.8ab | 67.4 \pm 1.0 | 17.2 \pm 0.4a |
| D-45:9 | 54.6 \pm 2.0ab | 27.6 \pm 2.8a | 65.9 \pm 1.5 | 14.9 \pm 0.8b |
| D-45:12 | 55.2 \pm 0.7ab | 27.8 \pm 1.8a | 66.1 \pm 0.8 | 15.1 \pm 0.5bc |
| D-45:15 | 54.8 \pm 1.5ab | 28.0 \pm 1.2a | 69.2 \pm 0.8 | 16.1 \pm 0.7ac |
| D-50:9 | 59.1 \pm 0.1cd | 23.7 \pm 1.9b | 67.5 \pm 0.3 | 15.2 \pm 0.5a |
| D-50:12 | 56.5 \pm 1.5bc | 25.8 \pm 2.3ab | 66.1 \pm 0.6 | 14.7 \pm 0.4b |
| D-50:15 | 52.9 \pm 2.3a | 28.2 \pm 1.6a | 66.9 \pm 2.3 | 16.4 \pm 0.6a |

6.1.3 Parámetros Ambientales

El monitoreo diario de los parámetros ambientales durante las 8 semanas determinó que la temperatura varió de 29 a 29.8°C, la salinidad varió de 32 a 34 ‰ y el oxígeno disuelto en el agua se mantuvo en un valor promedio de 4.5 \pm 0.1 mg L⁻¹.

Se monitoreo de forma quincenal el nitrógeno soluble total como indicador de calidad de agua en los tanques variando de 0.5 a 0.9 mg L⁻¹.

6.1.4 Evaluación Biológica

Una vez obtenidos los datos de los análisis químicos bromatológicos, peso final, longitud final y el consumo total de alimento durante el bioensayo, se calculó el Peso ganado, Tasa de Crecimiento Específica (TCE), Consumo de Alimento (CA), Tasa de Conversión Alimenticia (TCA), Tasa de Eficiencia Alimenticia (TEA), Tasa de Eficiencia Proteica (TEP), Supervivencia (S), y Factor de Condición (K). Los resultados obtenidos se muestran en las tablas 6 y 7; también se presentan de forma individual.

Tabla 6. Resultados obtenidos en la evaluación biológica del experimento 1. Los promedios en los mismos renglones con letras distintas presentan diferencias significativas ($P < 0.05$)

| Dietas P:L | Peso inicial promedio (g) | Peso final promedio (g) | Incremento en peso promedio (g) | TC (%) | TCE (%) | Supervivencia (%) |
|------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------|------------|-------------------|
| D-40:9 | 2,5±0,4a | 18,1±0,9a | 15,6±1,4a | 631,6±1,6* | 3,0±0,4a | 94,4±1,9ab |
| D-40:12 | 2,1±0,1a | 19,2±1,7a | 17,1±1,7a | 817,1±0,8* | 3,5±0,2bc | 91,1±7,7ab |
| D-40:15 | 2,2±0,2a | 17,9±0,1a | 15,8±0,2a | 720,8±0,6* | 3,3±0,1ab | 86,7±4,7a |
| D-45:9 | 2,2±0,1a | 24,9±3,9b | 22,7±3,9b | 1019,6±1,8b | 3,8±0,3c | 97,8±1,9b |
| D-45:12 | 2,5±0,1a | 25,1±1,4b | 22,6±1,3b | 909,9±0,6b | 3,7±0,1bc | 95,6±1,9ab |
| D-45:15 | 2,2±0,3a | 20,2±1,28b | 18,1±1,0ab | 833,4±0,6b | 3,5±0,1bc | 96,7±5,8b |
| D-50:9 | 2,7±0,3a | 23,7±1,5b | 20,9±1,8b | 796,2±1,5b | 3,4±0,3abc | 93,3±3,3ab |
| D-50:12 | 2,3±0,4a | 23,7±2,9b | 21,4±2,5b | 918,5±0,7b | 3,7±0,1bc | 98,9±1,9b |
| D-50:15 | 2,5±0,3a | 22,9±2,3b | 20,4±2,3b | 963,2±1,4b | 3,5±0,3bc | 97,8±1,9ab |

TC = Tasa de crecimiento

TCE = Tasa de Crecimiento específico

6.1.4.1 Incremento en peso. Al final de las 8 semanas de haber alimentado a los juveniles de pargo lunarejo con las dietas a evaluar, se determinó que el mayor incremento en peso se obtuvo en las dietas 45:9 (22.6 g.) y 45:12 (22.5 g.), estos resultados fueron significativamente diferentes ($P=0.00007$) al incremento en peso obtenido en las dietas 40:9, 40:12, 40:15, sin embargo, estas mismas dietas no mostraron diferencias significativas con el resto de los tratamiento. Los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza factorial muestran que los diferentes niveles de proteína sí afectaron significativamente el incremento de peso, no así los diferentes niveles de lípidos ($P=0.07$). (Figura 4).

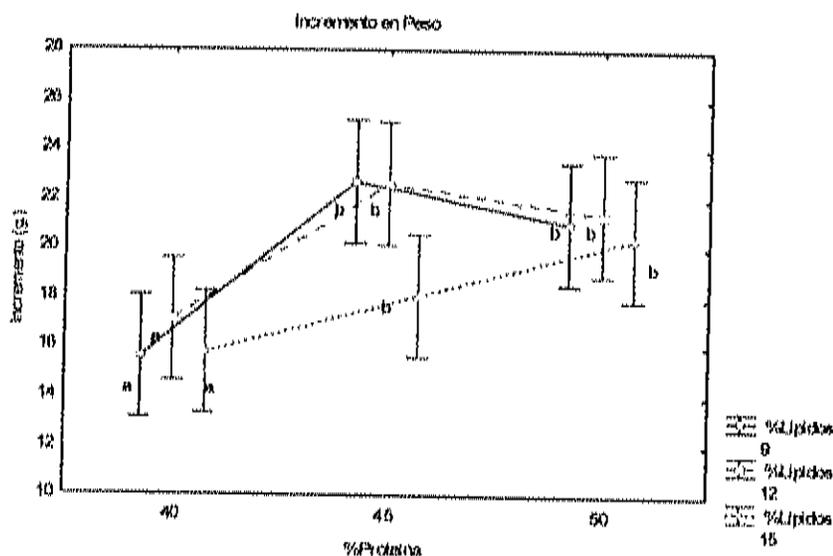


Figura 4. Incrementos en peso del pargo lunarejo. Los valores (la media \pm SEM, $n=3$) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$).

6.1.4.2 Tasa de crecimiento específica. Los animales alimentados con las dietas con 45% de proteína y 9% de grasa presentaron la mayor Tasa de Crecimiento Específica (TCE) con respecto a los animales alimentados con el resto de los tratamientos y la diferencia resultó significativa ($P = 0.006$).

con respecto a las tasas de crecimiento obtenidas con las dietas de 40% de proteína y sus tres niveles de grasa; sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre las tasas de crecimiento obtenidas con el resto de los tratamientos. La TCE fue significativamente afectada por los niveles de proteína ($P < 0.006$), no así por los diferentes niveles de lípidos ($P = 0.2$) como puede observarse en Figura 5.

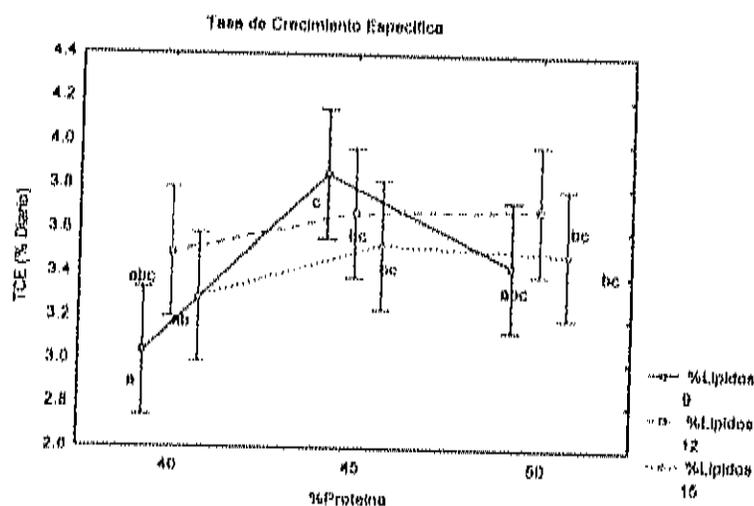


Figura 5. Tasa de Crecimiento específica del pargo flamenco. Los valores (la media \pm SEM, $n=3$) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$).

6.1.4.3 Supervivencia. En todos los tratamientos se presentó una supervivencia mayor al 90% excepto en la dieta de 40:15 que presentó una supervivencia de 86 %. El análisis estadístico determinó que la supervivencia estuvo directamente afectada por el nivel de proteína en la dieta, no así por el nivel de lípidos ya que no se encontraron diferencias significativas como se muestra en la Tabla 13 ($P < 0.5$), los datos sometidos a la prueba de Duncan indicaron que la dieta 50:12 (98.88%), 45:2 y 45:15 presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) con las dietas 40:15; sin embargo, no presentaron diferencias significativas con el resto de los tratamientos (Figura 6).

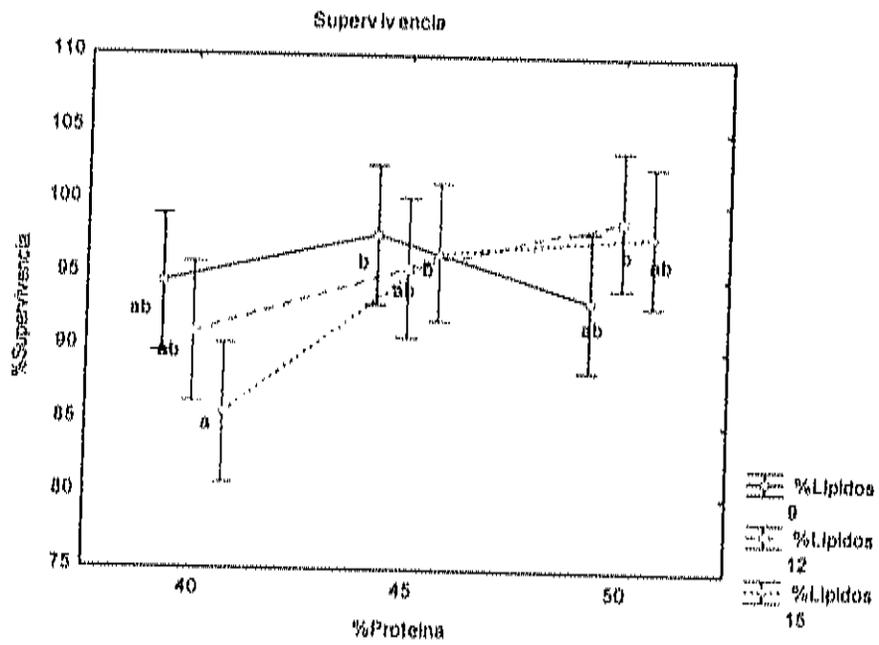


Figura 6. Porcentaje de supervivencia del pargo lunarejo. Los valores (la media \pm SEM, $n=3$) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$).

Tabla 7. Continuación de resultados obtenidos en la evaluación biológica del experimento 1. Los promedios en los mismos renglones con índices distintos presentan diferencias significativas ($P < 0.05$)

| Dietas P:L | Consumo Alimento promedio(g) | TEA | TCA | TEP | FC |
|------------|------------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| D-40:9 | 28.5±1.5a | 54.7±5.2bc | 1.8±0.2ab | 1.3±0.1bc | 1.6±0.02 |
| D-40:12 | 34.4±4.5ab | 50.4±8.7ab | 2.0±0.4b | 1.2±0.2ab | 1.6±0.03 |
| D-40:15 | 39.2±6.4b | 40.9±6.0a | 2.3±0.1c | 1.0±0.1a | 1.6±0.02 |
| D-45:9 | 32.4±3.8a | 69.7±3.9d | 1.4±0.1a | 1.5±0.1cd | 1.6±0.02 |
| D-45:12 | 34.7±0.9ab | 65.1±4.5cd | 1.5±0.1a | 1.6±0.1d | 1.6±0.03 |
| D-45:15 | 32.1±3.4a | 56.6±5.2bc | 1.7±0.1ab | 1.3±0.1bc | 1.6±0.03 |
| D-50:9 | 32.6±0.9a | 64.3±5.1cd | 1.4±0.2a | 1.3±0.1bc | 1.6±0.004 |
| D-50:12 | 31.1±1.8a | 68.5±5.3d | 1.2±0.2a | 1.5±0.1cd | 1.6±0.04 |
| D-50:15 | 32.2±3.2a | 63.6±10.6cd | 1.6±0.2a | 1.3±0.2bc | 1.6±0.1 |

TEA = Tasa de eficiencia alimenticia

TCA = Tasa de conversión alimenticia

TEP = Tasa de eficiencia proteica

FC = Factor de Condición

6.1.4.4 Consumo de alimento. En cuanto al consumo de alimento, se observó en los resultados obtenidos que no se presentaron diferencias significativas entre los nueve tratamientos ($P > 0.05$) (Figura 7); el menor consumo se presentó en los animales alimentados con la dieta 40:9 (28.5 g) y el más alto en la dieta 40:15

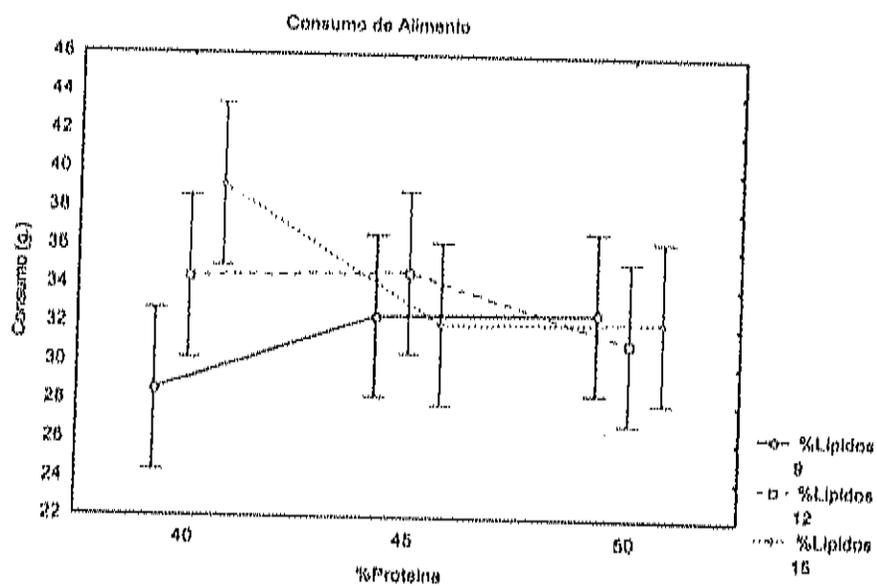


Figura 7. Consumo de alimento del pargo lunarejo.

6.1.4.5 Tasa de eficiencia alimenticia. La eficiencia alimenticia que refleja el peso ganado por los gramos de alimento consumido, fue significativamente afectada por la proteína ($P < 0.00004$), y por los lípidos ($P < 0.01$), las diferencias entre los tratamientos se analizaron mediante la prueba de Duncan ($\alpha < 0.05$). La mayor eficiencia alimenticia se presentó en la dieta 45:9 (69.6%), misma que presentó diferencias significativas con las dietas 40:9, 40:12, 40:15 y 45:15; sin embargo, no presentó diferencias significativas con las tasas de eficiencia alimenticia obtenidas con las dietas 45:12, 50:9, 50:12 y 50:15 (Figura 8).

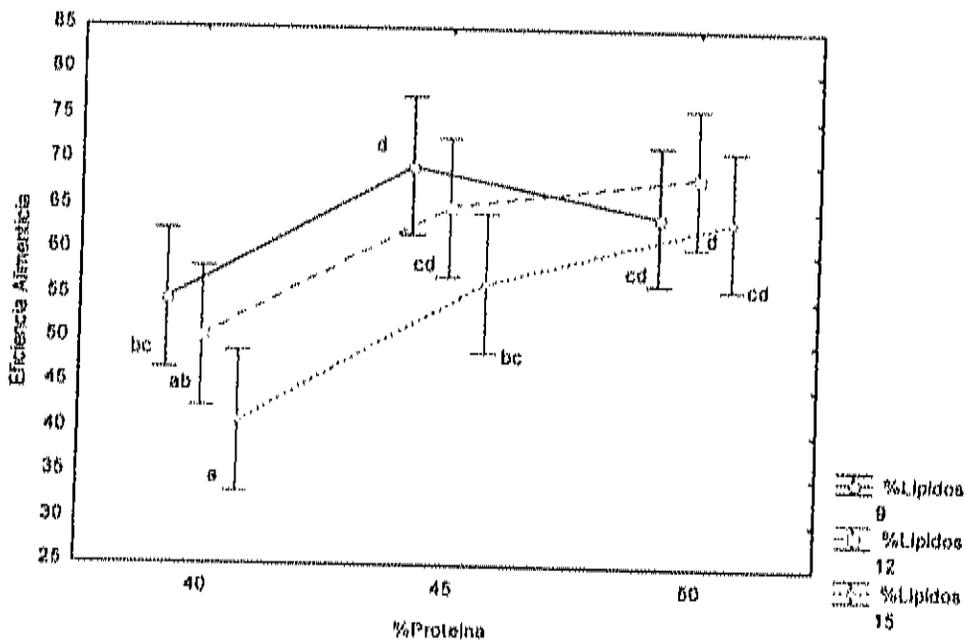


Figura 8. Eficiencia Alimenticia del pargo lunarejo. Los valores (la media \pm SEM, $n=3$) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$).

6.1.4.6 Tasa de conversión alimenticia. La tasa de conversión alimenticia estuvo directamente influenciado por los niveles de proteína ($P<0.00006$) y lípidos ($P<0.01$), se establecieron diferencias significativas entre los tratamientos mediante la prueba de Duncan ($P<0.05$); en donde las dietas con la mayor TCA fueron 40:15 (2.48) y 40:12 las cuales presentaron diferencias significativas con las dietas 45:9, 45:12, y con las dietas de 50% de proteína y sus tres niveles de grasa; sin embargo, no presentaron diferencias significativas entre las dietas 40:9 y 45:15. La mejor TCA se presentó en la dietas 45:9 (Figura 9).

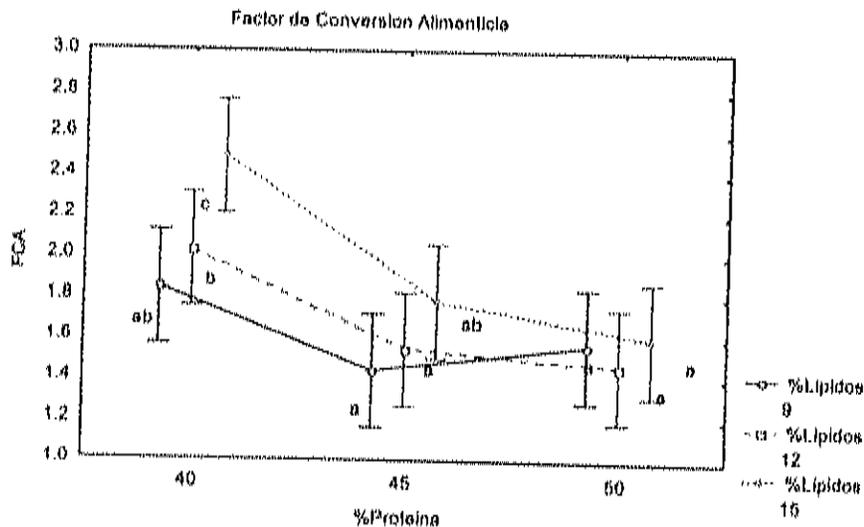


Figura 9. Tasa de conversión alimenticia del pargo lunarejo. Los valores (la media \pm SEM, $n=3$) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$).

6.1.4.7 Tasa de eficiencia proteica. La tasa de eficiencia proteica (TEP) fue significativamente afectada por el nivel de proteína presente en la dieta ($P<0.0009$), y por el nivel lípidos ($P<0.0006$). Los datos se sometieron a una prueba de Duncan para encontrar las diferencias ($P<0.05$) entre los tratamientos, el cual indicó que la dieta 45:12 (1.65) es significativamente diferente a las dietas de 40:9, 40:12, 40:15, 45:15, 50:9 y 50:15; sin embargo esta misma dieta no presentó diferencias significativas con las dietas 45:9 y 50:12 (Figura 10).

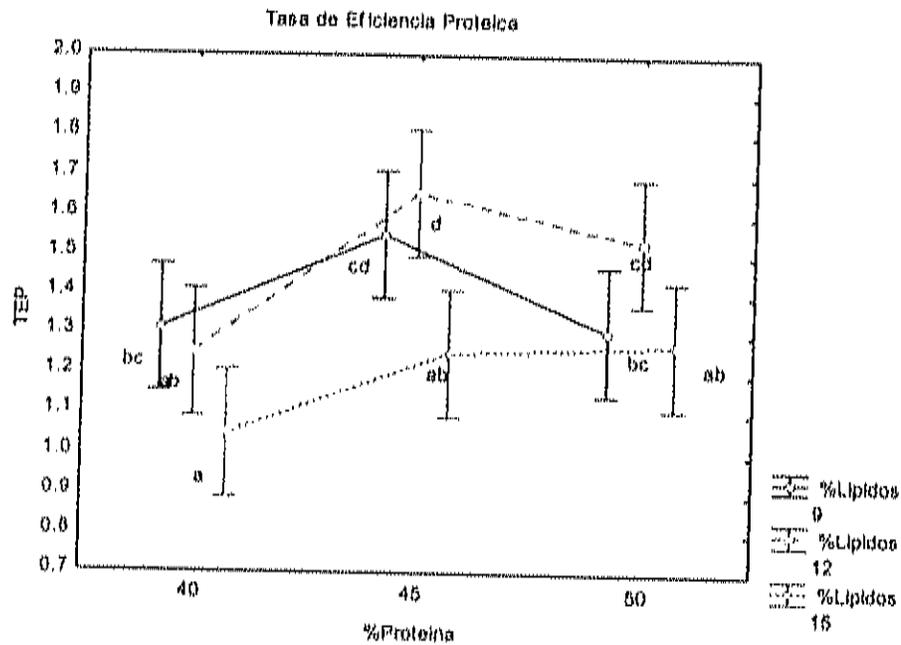


Figura 10. Tasa de eficiencia Proteica del pargo lunarejo. Los valores (la media \pm SEM, n=3) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$).

6.1.4.8 Factor de condición. El factor de condición (K) no fue afectado por los niveles de proteína ($P < 0.77$) y lípidos ($P < 0.89$) presentes en la dieta (Figura 11). Los peces de los nueve tratamientos presentaron casi el mismo valor de factor de condición.

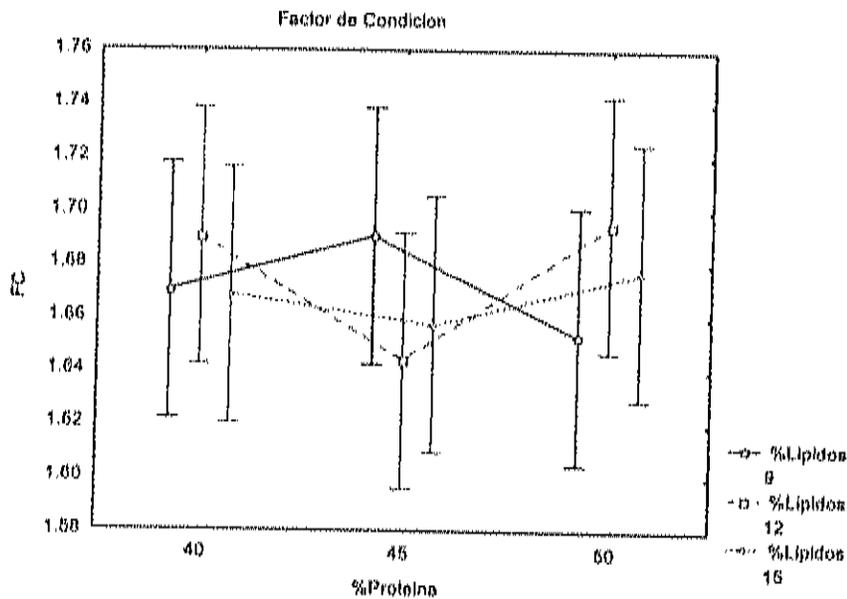


Figura 11. Factor de Condición del pargo lunarejo.

6.2 Experimento 2.

6.2.1 Análisis Proximal de las Dietas Prácticas y Dietas Comerciales Control

En Tabla 8 se puede apreciar que el nivel de proteína y lípidos obtenidos en las dietas experimentales fue similar al formulado, ya que solo varió alrededor de 1%, de igual forma el resultado es ligeramente diferente en las dietas comerciales al mostrado por los fabricantes en las etiquetas de las dietas

Tabla 8. Análisis químico proximal de las dietas prácticas y dietas control (base seca). Los valores se presentan en promedio \pm su desviación estándar.

| Dietas | Proteína (%) | Lípidos (%) | Humedad (%) | Ceniza (%) |
|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| Dieta trucha* | 44.0 | 13.0 | 12.0 | 10.0 |
| Dieta camarón* | 44.00% | 8.0 | 12.0 | 10.0 |
| Dieta calamar | 44.2 \pm 0.1 | 11.6 \pm 0.2 | 7.7 \pm 0.09 | 15.2 \pm 0.1 |
| Dieta gónada | 43.6 \pm 0.2 | 11.3 \pm 0.2 | 11.08 \pm 0.1 | 16.0 \pm 0.2 |

*Datos directamente del fabricante

6.2.2 Análisis Proximal de la Carcasa de los Peces

Al final del experimento, se sacrificaron organismos para realizar el análisis químico proximal de estos, los resultados de humedad, cenizas y proteína se presentan en la siguiente tabla (Tabla 9) y como se observa el nivel de proteína presente en la carcasa fue significativamente diferente entre los tratamientos en donde la carcasa de los animales alimentados con la dieta práctica C presentaron el valor más bajo y la dieta control trucha el valor más alto; así mismo se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el porcentaje de lípidos obtenido en la carcasa de los diferentes tratamientos, el mayor porcentaje de lípidos se obtuvo en los animales alimentados con la dieta práctica C.

Tabla 9. Análisis Proximal de los peces finales (base seca). Los valores se presentan en promedio \pm su desviación estándar, letras distintas muestran diferencias significativas entre los tratamientos.

| Peces finales | Proteína (%) | Lípidos (%) | Humedad (%) | Ceniza (%) |
|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| Dieta camarónina | 62.14 \pm 0.8a | 13.47 \pm 0.4b | 25.88 \pm 0.9 | 22.32 \pm 1.4b |
| Dieta trucha | 53.69 \pm 0.8b | 27.19 \pm 0.9d | 30.96 \pm 1.2 | 17.83 \pm 0.4a |
| Dieta práctica C | 55.89 \pm 0.8c | 24.67 \pm 0.9c | 30.29 \pm 0.6 | 17.50 \pm 0.9a |
| Dieta práctica G | 61.48 \pm 1.9a | 11.88 \pm 1.2a | 26.49 \pm 1.6 | 24.06 \pm 0.9c |

6.2.3 Parámetros ambientales

Diariamente se registraron los parámetros ambientales de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto (OD), la salinidad se mantuvo constante en 34.ppm, la temperatura varió de 23 a 24 °C y el oxígeno disuelto del agua se mantuvo entre 5.34 y 5.44 mg L⁻¹.

Así mismo se monitoreó Nitrógeno Total Soluble con muestreos quincenales, en donde se obtuvieron valores de 0.21 a 0.27 mg L⁻¹.

6.2.4 Evaluación Biológica

Una vez obtenidos los datos de consumo de alimento total durante el bioensayo, realizados los análisis químicos bromatológicos, así como los datos de peso y longitud final de los organismos se realizaron los cálculos de peso ganado, Tasa de Crecimiento (TC), Tasa de Conversión Alimenticia (TCA), Tasa de crecimiento específico (TCE), Tasa de Eficiencia Proteica (TEP), y supervivencia, como lo muestra la siguiente tabla, donde se resume el cálculo de los estándares anteriores (Tabla 10).

Tabla 10. Resultados obtenidos en la evaluación biológica. Los promedios en los mismos rengiones con índices distintos presentan diferencias significativas ($P < 0.05$)

| | Dietas | | |
|-------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| | Control N trucha | Control C camaronina | Práctica Calamar Práctica Gónada |
| Peso Inicial (g) | 3,3±0,2 | 3,3±0,1 | 3,3±0,2 |
| Peso final (g) | 7,2±0,9a | 13,2±0,9c | 8,4±0,5b |
| Incremento (g) | 3,8±0,7a | 9,8±0,9c | 5,1±0,4b |
| TC (%) | 115,6±14,4a | 298,9±32,2c | 156,1±10,9b |
| TCE (% diario) | 0,2±0,2 b | 1,8±0,1a | 0,7±0,1c |
| Consumo de Alimento (g) | 15,9±1,2 a | 23,3±2,9b | 21,3±1,2b |
| TCA | 4,2±0,6b | 2,3±0,2 a | 4,2±0,5b |
| TEA | 23,9±3,3a | 42,4±4,0b | 24,3±2,7a |
| TEP | 0,5±0,1 a | 1,0±0,1b | 0,6±0,06a |
| Factor de condición (K) | 1,7±0,1 | 1,9±0,1 | 1,7±0,04 |
| Supervivencia | 86,6±9,0 | 95,0±4,2 | 95±4,3 |

TC = Tasa de Crecimiento
TCE = Tasa de Crecimiento Específica
TCA = Tasa de Conversión Alimenticia
TEA = Tasa de Eficiencia Alimenticia
TEP = Tasa de Eficiencia Proteica
FC = Factor de condición

6.2.4.1 Incremento en peso. De acuerdo a los resultados obtenidos, el mayor incremento se presentó en los peces alimentados con la dieta de calamar (12.8 ± 0.3 g) (Tabla 10), la cual presentó diferencias significativas ($P < 0.000$) (Tabla 10, Figura 12) con el incremento obtenidos por los pargos alimentados con el resto de las dietas; por otro lado, el tratamiento con el cual se obtuvo el menor incremento en peso fue con la dieta control N (trucha) (3.8 ± 0.7 g) y con la dieta de gónada (5.1 ± 0.3 g).

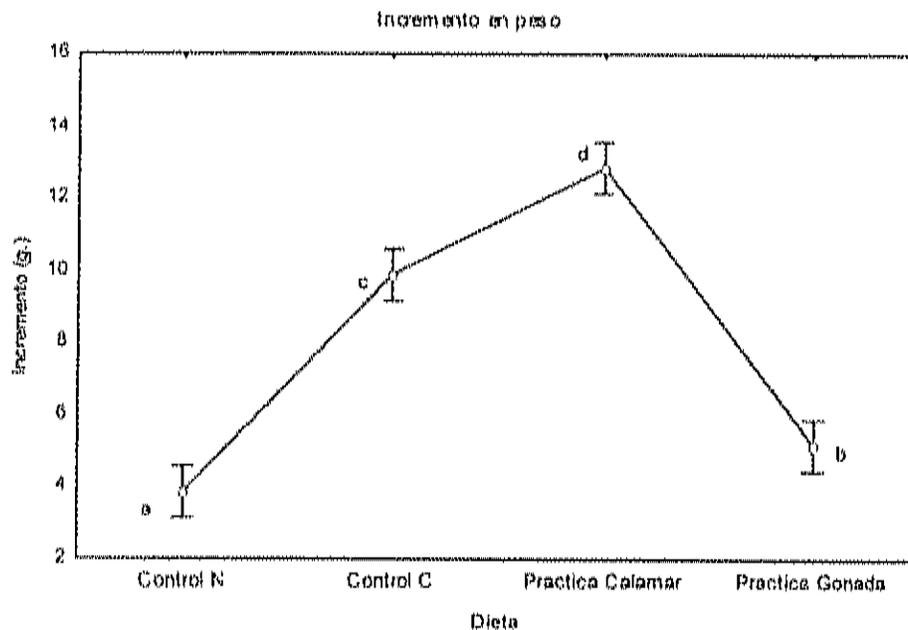


Figura 12. Incremento en peso del pargo lunarejo alimentados con dietas prácticas y dietas control. Los valores (la media \pm SEM, $n=3$) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$).

6.2.4.2 Tasa de crecimiento específica Como se aprecia en la Tabla 10, la mayor tasa de crecimiento específica (TCE) de los peces de pargo flamenco se logró con los animales que fueron alimentados con la dieta calamar ($2.3 \pm 0.1\%$) y la dieta control B (camaronina), las cuales presentaron diferencias significativas ($P < 0.000$) con las dietas gónada y la dieta control

N. Los animales alimentados con la dieta control A obtuvieron la menor TCE (0.2 ± 0.2 g) (Fig. 13).

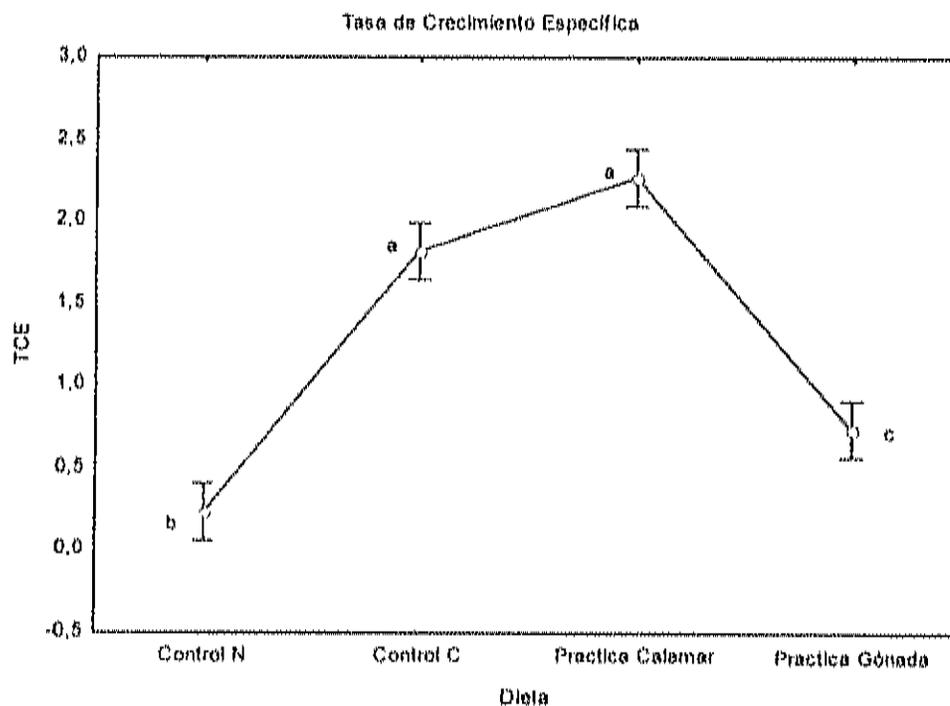


Figura 13. Tasa de Crecimiento Específica del pargo lunarejo alimentados con dietas prácticas y dietas control. Los valores (la media \pm SEM, $n=3$) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$).

6.2.4.3 Consumo de alimento. Los peces de pargo lunarejo, alimentados con la dieta gónada (Tabla 10) presentaron el mayor consumo de alimento (23.8 ± 1.1 g); sin embargo, esta misma dieta no presentó diferencias significativas ($P > 0.05$) con la dieta Control C y dieta de gónada. El menor consumo de alimento se observó en los animales de la dieta control N (15.9 ± 1.1 g) cuyo valor fue significativamente diferente al resto de los tratamientos (Figura 14).

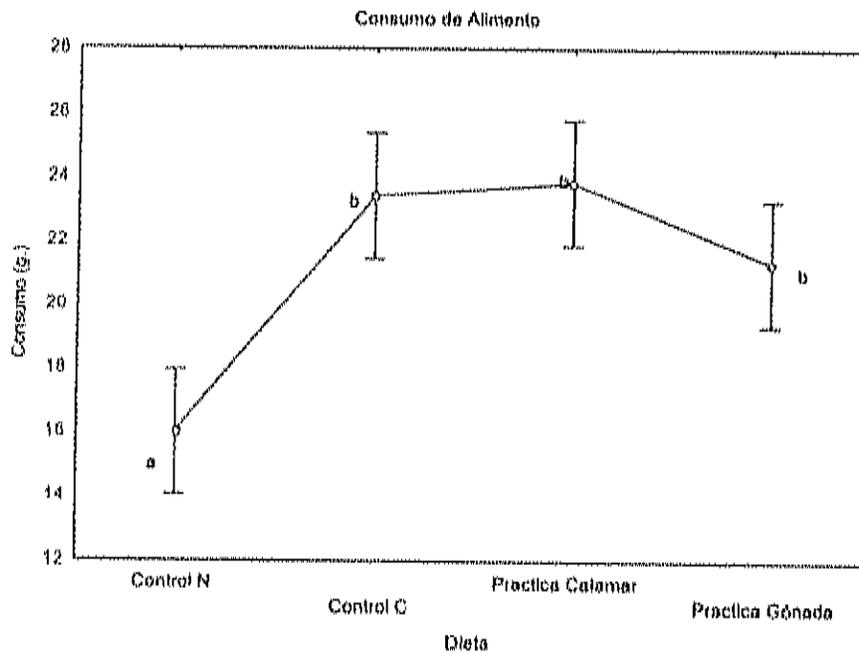


Figura 14. Consumo de alimento del pargo lunarejo alimentados con dietas prácticas y dietas control. Los valores (la media \pm SEM, $n=3$) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$).

6.2.4.4 Tasa de eficiencia alimenticia. La tasa de eficiencia alimenticia (TEA) significativamente mayor se presentó en la dieta *Práctica Calamar* (53.9 ± 3.7) (Tabla 10), la cual presentó diferencias significativas ($P<0.05$) con la dieta *Práctica Gónada* y las dietas control N y C; así mismo la dieta con TEA mas baja se presentó en la dieta Control N (23.9 ± 3.7), sin embargo, no presentó diferencias significativas ($P<0.05$) con la dieta práctica *Gónada* (Figura 15).

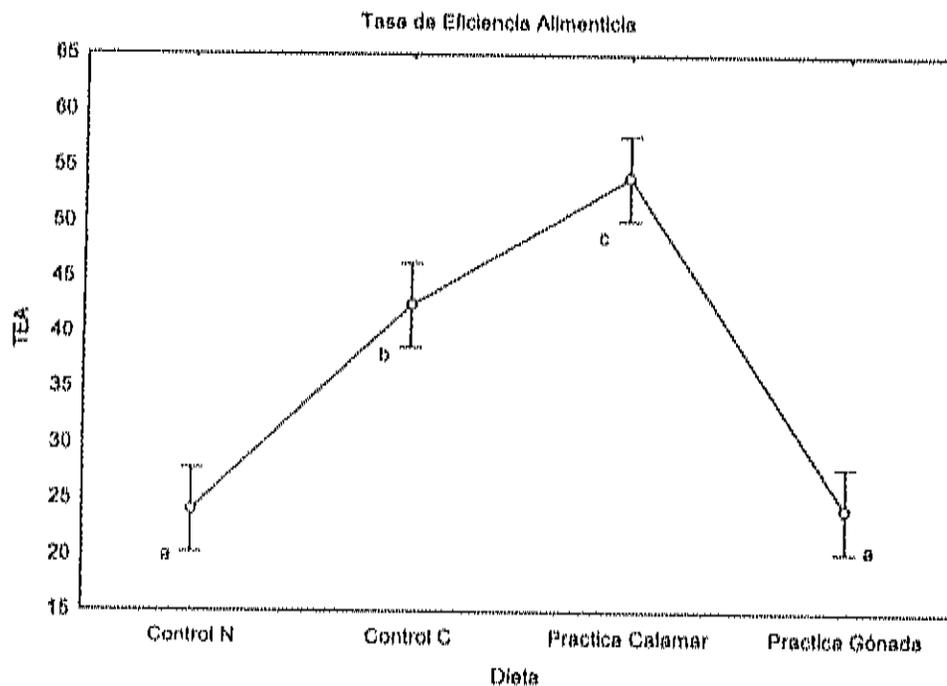


Figura 15. Tasa de Eficiencia Alimenticia del pargo lunarejo alimentados con dietas prácticas y dietas control. Los valores (la media \pm SEM, $n=3$) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$).

6.2.4.5 Tasa de conversión alimenticia. La dieta práctica Calamar (1.8 ± 0.6) presentó la tasa de conversión Alimenticia menor; sin embargo, esta no presentó diferencias significativas con la dieta Control C (camaronina), ambas dietas (práctica Calamar y control C) presentaron diferencias significativas ($P<0.05$) con las dietas control N (trucha) y Práctica Gónada; así mismo, estas últimas presentaron valores de TCA altos (4.2 ± 0.6 y 4.1 ± 0.4) (Figura 16).

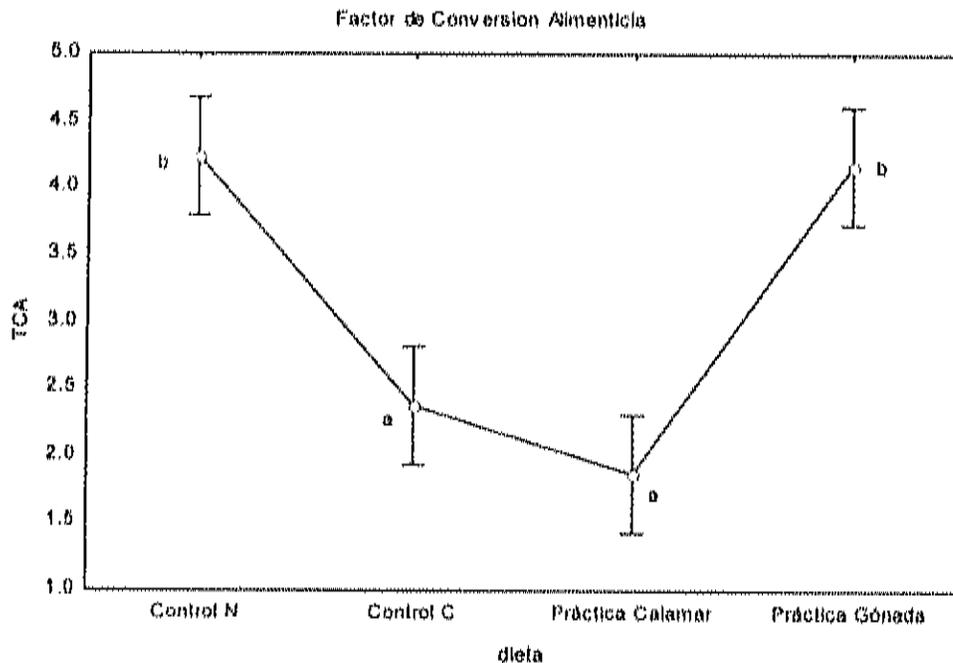


Figura 16. Tasa de Conversión Alimenticia del pargo lunarejo alimentados con dietas prácticas y dietas control. Los valores (la media \pm SEM, n=3) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$).

6.2.4.6 Tasa de eficiencia proteica. La tasa de eficiencia proteica mas eficiente se obtuvo en los animales alimentados con la dieta práctica Calamar (1.22 ± 0.09) (Tabla 10) la cual presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) con la dieta Práctica Gónada y dietas control N y C; así mismo la dieta Práctica Gónada presentó el valor más bajo de tasa de eficiencia proteica (0.56 ± 0.06); sin embargo esta misma, no presentó diferencias significativas con la dieta control N (Figura 17).

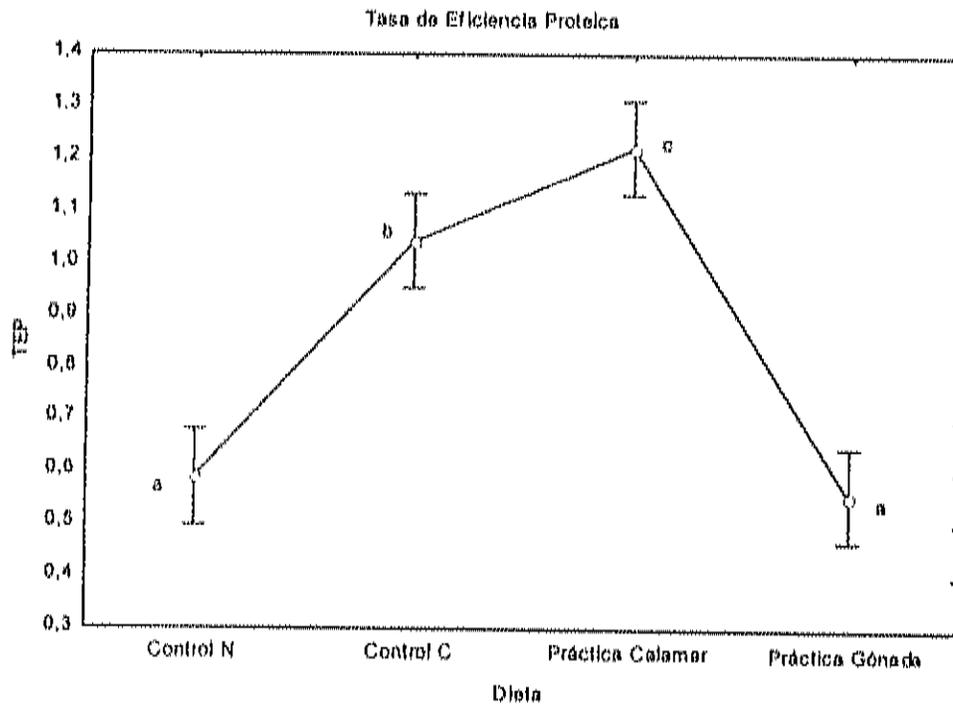


Figura 17. Tasa de Eficiencia Proteica del pargo lunarejo alimentados con dietas prácticas y dietas control. Los valores (la media \pm SEM, $n=3$) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$).

6.2.4.7. Factor de condición (K). Los peces de pargo lunarejo, alimentados con la dieta Control C presentaron un factor de condición mas alto (1.9 ± 0.10) (tabla 10); y la diferencia fue estadísticamente significativa con respecto al valor obtenido por el resto de los tratamientos ($p<0.05$) (figura 18).

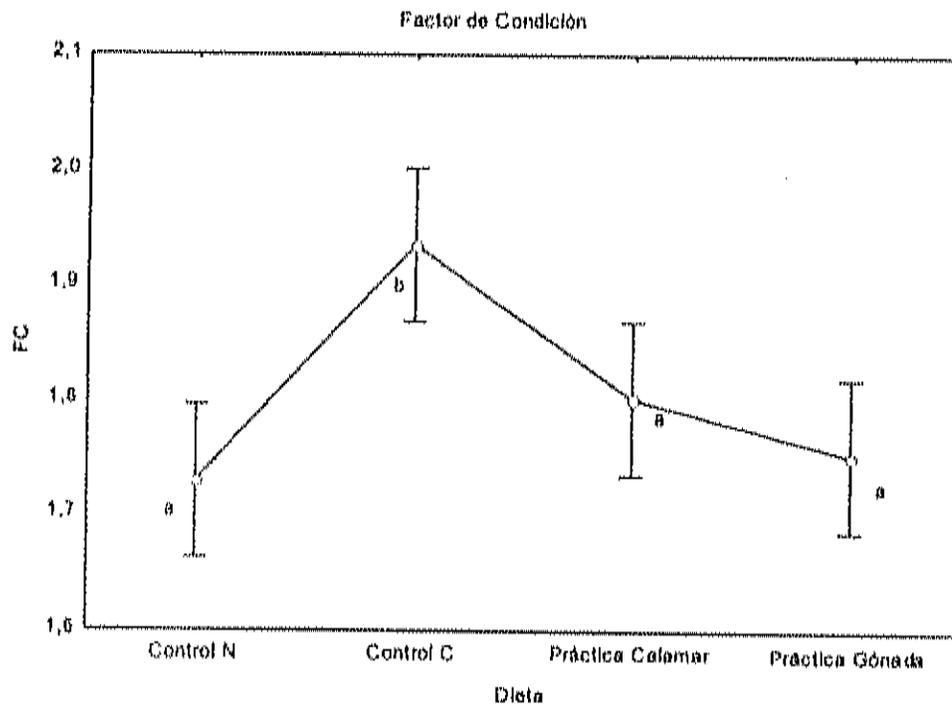


Figura 18. Factor de Condición del pargo lunarejo alimentados con dietas prácticas y dietas control. Los valores (la media \pm SEM, $n=3$) con letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$).

6.2.4.8 Supervivencia. En todos los tratamientos se obtuvieron supervivencias superiores al 95%, excepto con la dieta control N en donde la supervivencia fue de $86.6 \pm 9.0\%$; sin embargo la diferencia no fue estadísticamente significativa ($P = 0.08$) (Tabla 10, Fig. 19)

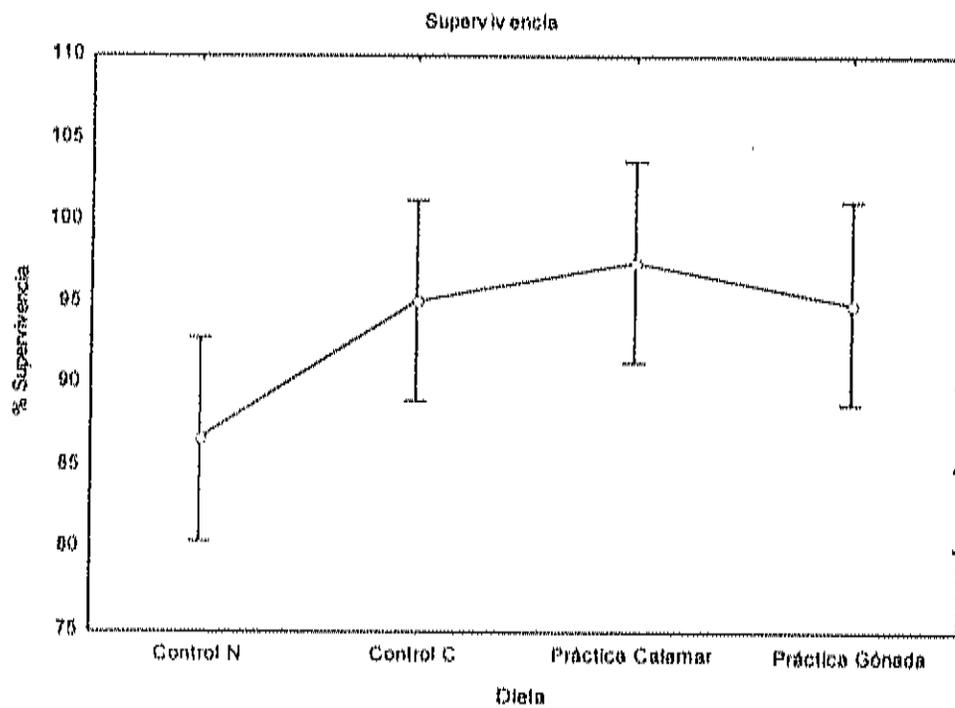


Figura 10. Porcentaje de supervivencia del pargo lunarejo alimentados con dietas prácticas y dietas control.

7. DISCUSIONES

7.1. Experimento 1.

7.1.1. Parámetros Ambientales

Los parámetros ambientales (temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y nitrógeno total soluble), considerados de gran influencia en el comportamiento de la alimentación y el crecimiento, así como, en los requerimientos nutricionales de los organismos acuáticos, no presentaron variaciones significativas durante el tiempo en que se llevó a cabo el presente trabajo y se considera que dichos valores se encuentran dentro de los rangos recomendados para no afectar el crecimiento del pargo lunarejo (Thurston *et al.* 1979)

7.1.2 Análisis proximal de las Dietas con Diferentes Niveles de Proteína y Lípidos.

En el análisis proximal realizado a las nueve dietas experimentales formuladas se obtuvo como resultado que los niveles de proteína y lípidos variaron solo en 1% en cuanto a lo formulado, lo cual no es significativo para que pueda afectar los objetivos planteados. Este comportamiento es muy común, ya que son muchos los autores que reportan estas diferencias entre lo formulado y el resultado del análisis proximal de las dietas en sus experimentos con otras especies de peces marinos (Catacultan *et al.* 2001; Watanabe *et al.* 2001; Kim *et al.* 2001; Lee *et al.* 2001; Ozorio *et al.* 2006; Silva *et al.* 2006; Hebb *et al.* 2003 y Kim *et al.* 2000).

7.1.3 Crecimiento

Es difícil comparar los resultados entre distintos experimentos, debido a las condiciones experimentales en que se desarrolla cada uno, ya que según Tacon *et al.* (1989); se tienen bien identificados los factores que influyen en el requerimiento energético de los peces, tales como temperatura del agua, tamaño del animal, estado fisiológico, flujo de agua (los requerimientos energéticos para el mantenimiento de la posición del pez en la columna de agua, aumentará conforme aumenta el flujo de agua), exposición a la luz, calidad del agua y estrés. Por tal motivo, los resultados de este experimento son comparados bajo reserva en las diferencias que ocurren en cada uno de los experimentos mencionados.

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que los juveniles de pargo lunarejo con un peso de alrededor de 2 g, pueden ser alimentados con dietas que contengan 45% de proteína y un mínimo de 9% de lípidos para alcanzar el mejor crecimiento en 8 semanas y bajo las condiciones experimentales del presente estudio. El trabajo más reciente con pargo lunarejo es el de Villa-López (2005), quien utilizó peces de pargo flamenco silvestre, en un experimento con dietas que contenían variaciones en los niveles de proteína (30-60%), sus resultados reportan que con un 40% de proteína en la dieta es suficiente para alcanzar el máximo crecimiento reportado de los organismos. El mismo autor, en un segundo experimento con peces silvestres, alimentados con dietas que contenían variaciones en los niveles de lípidos (8-17%), reporta que un nivel de lípidos del 11% es suficiente para obtener la mayor tasa de crecimiento bajo sus condiciones experimentales. El peso inicial de los peces experimentales del trabajo de Villa-López (2005) es mayor al de los juveniles de pargo del presente estudio, por tanto, considerando que el requerimiento de proteína disminuye conforme aumenta la talla, es previsible que los requerimientos de proteína sean menores a los resultados reportados en el presente estudio.

Resultados similares se han obtenido en estudios realizados con otras especies de pargo. Catacullan *et al.* (2001); mencionan para el pargo rojo de mangle (*L. argentimaculatus*), que alcanzaron el máximo crecimiento con un

nivel del 40% de proteína y 12% de lípidos en la dieta, en peces con un peso inicial de 24.8 ± 0.4 g. Por otro lado, Watanabe *et al.* (2001) corrieron un experimento con el pargo criollo, con peso inicial de 12.2g., evaluando dietas que contenían un nivel de 45% de proteína y variaciones en los lípidos (6-15%), reportan que obtuvieron los mejores crecimientos con nivel de 6-9% de lípidos, estos resultados son similares a los encontrados en el presente estudio. Según Tacon (1989), la tasa metabólica y consecuentemente los requerimientos de energía para el mantenimiento y crecimiento disminuyen al aumentar el tamaño de los animales. Miller *et al.* (2005), quienes utilizaron peces de pargo rojo del Golfo mostraron que para juveniles de 5.9 g de peso inicial, es suficiente con 32-36% de proteína en la dieta para obtener buenos resultados; estos mismos autores realizaron un segundo experimento para determinar el nivel de lípidos para alcanzar un máximo crecimiento, utilizando peces con peso inicial promedio de 8.6 g, para lo cual, los autores consideran suficiente un 10% de lípidos en la dieta, resultado que es similar al reportado en el presente estudio para el pargo lunarejo.

Resultados de crecimiento en otras especies de peces marinos como los de Kim y Lall (2000) muestran que en juveniles de haddock con peso inicial promedio de 6.9 g, y un nivel del 45% (el nivel mas bajo probado) es suficiente para alcanzar el mejor crecimiento de esta especie, ya que no obtuvieron diferencias significativas con el resto de los tratamientos (50, 55, 60, 65%), siendo este nivel igual al sugerido en el presente trabajo para el pargo flamenco. Así mismo, García-Ortega *et al.* (2002); Abdo-de la Parra *et al.* (2006) reportan para juveniles del botete diana un requerimiento de proteína en la dieta de 55%.

En cuanto a los resultados obtenidos de la tasa de crecimiento específica TCE para el presente estudio, se observó que la TCE más alta, se logró con la dieta con 45% de proteína y 9% de lípidos ($3.8 \pm 0.2\%$), aunque esta no mostró diferencias significativas con la dieta de 45% proteína y 12% de lípidos ($3.6 \pm 0.1\%$) (Tabla 6), Catacultan *et al.* (2001); obtuvieron un resultado menor que el reportado para esta especie, ya que utilizando peces de pargo rojo de mangle con peso inicial de 24.8 ± 0.4 g se

logró una TCE de 1.7 ± 0.1 g con una dieta de 42.5% de proteína y 12% de lípidos, cabe mencionar, que hay una diferencia en peso (g) entre los peces de pargo rojo de mangle y los peces de pargo lunarejo utilizados en este estudio. De igual forma, Watanabe et al. (2001), quien utilizó peces de pargo criollo, mencionan que con una dieta con un nivel de 45% de proteína y 6-9% de lípidos, en peces con peso inicial de 12.2g a 30°C, se presentó el mejor valor de TCE $1.25-1.35\% d^{-1}$, valor que de igual forma es menor al reportado para el pargo lunarejo utilizado en este trabajo, confirmando estos resultados que el requerimiento de proteína en la dieta depende de la talla del organismo.

Lee y Kim (2005); utilizaron juveniles de lenguado japones (*P. olivaceus*) con 8.9 ± 0.4 g de peso inicial y obtuvieron que con una dieta con 46-51% de proteína y 6% de lípidos se lograba la mayor TCE (2.7%), resultado que también es menor al obtenido para el pargo lunarejo. Kim y Lall (2001) mencionan que para juveniles de haddock con peso inicial de 6.9 g, la mayor TCE (3.0 ± 0.02 y $3.0 \pm 0.09\%$) se observó en los juveniles alimentados con las dietas de 55 y 60% de proteína, 13 y 11% de lípidos respectivamente, siendo estos valores de TCE muy similares a los obtenidos en el presente trabajo: sin embargo, fueron obtenidos con niveles de proteína y lípidos más altos a los reportados en este trabajo, tal vez por tratarse de una especie diferente y bajo diferentes condiciones experimentales.

Considerando que la diferencia en pesos iniciales de las especies en los estudios antes mencionados, difiere con respecto al peso inicial del pargo lunarejo utilizado en este trabajo, es claro que, según lo expuesto por Tacon (1989), las diferencias en los resultados de los índices nutricionales dependen o varían según el tamaño del pez o la temperatura del agua.

7.1.4 Consumo de Alimento

En el presente trabajo, los juveniles de pargo lunarejo de los diferentes tratamientos no presentaron diferencias significativas en cuanto al consumo de alimento; sin embargo, en las dieta con 40% de proteína y 15% de lípidos se presentó el mayor consumo de alimento, esto refuerza la necesidad de establecer un balance entre los requerimientos de proteína y lípidos, ya que los organismos buscan satisfacer a través del alimento sus requerimientos nutricionales. Silva *et al.* (2006), observaron que conforme se aumentaba la proteína en la dieta, el consumo de alimento de los juveniles de besugo (*P. bogaraveo*) disminuía, encontrando diferencias significativas en el consumo de alimento entre la dieta con mayor nivel de proteína (60%) y la de menor nivel proteico (20%), muy similar al comportamiento de los juveniles de pargo lunarejo, que a menor nivel de proteína presentaron mayor consumo de alimento. El mismo comportamiento se presentó en el trabajo de Gao *et al.* (2005); quienes obtuvieron de igual forma diferencias significativas en el consumo de alimento de los juveniles de lenguado sureño, el mayor consumo se presentó en la dieta con menor contenido de proteína (39.9%) y lípidos (14%) y el menor se presentó en la dieta con 47% de proteína y mismo contenido de lípidos. De igual, forma Ozorio *et al.* (2006) muestran que con juveniles de sargo blanco, el consumo voluntario de alimento disminuye conforme se aumentan los niveles de proteína (15 y 18%) para ambos niveles de lípidos utilizados (12 y 16%). Contrario a estos resultados están los resultados de Lee y Kim (2001) utilizando juveniles de salmón japonés, quienes reportan que obtuvieron los niveles de consumo más altos a niveles de proteína altos con niveles de lípidos bajos y mencionan que, el consumo de alimento se incrementa significativamente con un incremento de proteína en la dieta. El consumo de alimento, esta en función de que el alimento suministrado contenga un nivel energético adecuado a la especie y a su estadio, ya que, un exceso o deficiencia de energía puede resultar en una reducción o aumento en el consumo de alimento, así como en el crecimiento (NRC, 1993).

7.1.5 Tasa de Eficiencia Alimenticia

Como se observó en los resultados de la TEA, se presentaron diferencias significativas en los resultados, el mayor valor de TEA se presentó en los peces de pargo lunarejo, alimentados con 45% de proteína y 9% de lípidos, una tendencia similar se presentó en el trabajo de Villa-López (2005); quien utilizó peces de pargo flamenco con peso promedio inicial de 100 g, por otro lado, en peces de pargo rojo del Golfo, Miller *et al.* (2005), encontraron un comportamiento inverso, ya que, conforme se aumentaban los niveles de proteína (32-44%) en la dieta, la TEA disminuía, esto en peces con peso promedio inicial de 5.9 g; sin embargo, con peces de la misma especie, pero con un peso inicial de 8.6g ellos obtuvieron que con variaciones en los niveles de lípidos 8-14% y un solo nivel del 44% de proteína en dietas experimentales, no se presentaron diferencias significativas en la TEA, por lo tanto, según los resultados de los autores la proteína afecta de forma mas significativa la TEA que los lípidos en la alimentación del pargo rojo del golfo y no en el caso del pargo lunarejo, donde el análisis estadístico mostró que tanto la proteína como los lípidos afectan de forma significativa TEA.

7.1.6 Tasa de Conversión Alimenticia

Los resultados obtenidos en este trabajo indican que la tasa de conversión alimenticia (TCA) fue mejor en los niveles de 45 y 50% de proteína; así mismo, pudimos observar que conforme se aumentaba el nivel de lípidos la TCA también aumenta, esto se observó con la dieta con 40% de proteína y 15% de lípidos, la cual presentó una TCA significativamente mayor al resto de los tratamientos, incremento que también se puede observar en las dietas 45 y 50% de proteína en combinación con 15% de lípidos. En otros trabajos con peces de la misma familia podemos observar los mismos resultados, Watanabe *et al.* (2001), trabajaron con peces de

pargo criollo, con peso inicial de 12 g, los resultados mostraron una TCA más eficiente utilizando una dieta con un nivel de 45% de proteína y el mayor nivel de grasa (15%) a 30 °C; sin embargo, ellos atribuyen estos resultados a las distintas fuentes proteicas presentes en la dieta, a la baja digestibilidad de algunos de sus ingredientes y no al nivel de lípidos en la dieta. Por otro lado, Catacutan *et al.* (2001), quienes trabajaron con pargo rojo de manglar, no obtuvieron diferencias significativas entre sus tratamientos utilizando niveles de proteína de 35, 42.5 y 50% y niveles de 6 y 12% de lípidos; sin embargo, mencionan que el valor más alto de TCA lo obtuvieron con la dieta con 50% de proteína y 12% de lípidos. Por otro lado, se ha reportado por Martínez-Palacios *et al.* (2007), que no se presentaron diferencias significativas entre los valores de TCA en juveniles de pez blanco (*Menidia estor*), con peso inicial de 69.24g; formularon 7 dietas con variaciones en los niveles proteicos (25-55%) e isoenergéticas (19.9 MJ kg⁻¹); obtuvieron los valores más altos de TCA en la dieta que contenía el menor nivel de proteína (2.3), resultado que es similar al presentado por el pargo lunarejo, ya que en el estudio con esta especie, también se presentó el TCA más alto en el nivel más bajo de proteína (40%).

7.1.7 Supervivencia

La supervivencia fue mayor al 95% en todos los tratamientos, excepto en la dieta 40:15, la cual presentó la supervivencia más baja. Miller *et al.*, (2005), realizaron dos experimentos con juveniles de pargo rojo del Golfo y no obtuvieron diferencias significativas entre sus tratamientos con variaciones en los niveles de proteína y lípidos en la dieta, así mismo Catacutan *et al.* (2001) y Watanabe *et al.* (2001) no obtienen diferencias significativas (97-100 y 91.7 y 100%) en sus tratamientos con pargo rojo de mangle y con el pargo criollo, respectivamente, al evaluar dietas con variaciones en los niveles de proteína y lípidos. Así mismo, no presentan diferencias significativas en la supervivencia en sus tratamientos trabajos

como los de Allan y Boot (2004); con juveniles de perca plateada (*Bidyanus bidyanus*), Kim *et al.* (2001), con juveniles de haddock (*M. aeglefinus*), Kim *et al.* (2002), con juveniles de lenguado japonés (*P. olivaceus*), Hebb *et al.*, 2003, lenguado de invierno (*P. americanus*) y Lee y Kim (2001), con juveniles de salmón japonés (*Oncorhynchus masou*), quienes evaluaron dietas con variaciones en proteínas y lípidos, para obtener el requerimiento de estos nutrientes en las especies mencionadas.

7.1.8 Tasa de Eficiencia Proteica

Los resultados de la tasa de eficiencia proteica (TEP) de nuestra investigación indicaron que con una dieta con 45% de proteína y 12% de lípidos es suficiente para alcanzar los máximos niveles de TEP para pargo lunarejo bajo las condiciones en que este se realizó. En peces de la misma familia, Watanabe *et al.* (2005), encontraron que, para peces de pargo criollo, no se presentaron diferencias significativas entre sus tratamientos de variaciones en los niveles de lípidos, en peces con peso promedio inicial de 12.2g; sin embargo, con una dieta con 45% de proteína y 15% de lípidos obtuvieron el mayor valor de TEP, así mismo Catacultan *et al.* (2001); con pargo rojo de manglar, obtuvieron una TEP mas alta con los niveles mas bajos de proteína probados (35%), pero no obtienen diferencias significativas entre los dos niveles de lípidos probados (6 y 12%) con niveles de proteína mayores (42.5 y 50%) obtienen los valores mas bajos de TEP, resultado que es contrastante al obtenido con el pargo lunarejo; sin embargo cabe señalar que hay diferencias entre los pesos iniciales de ambas especies y puede ser esta la razón por la cual se presentan diferencias en la eficiencia proteica, ya que el metabolismo de los peces es mayor a menor edad. De igual forma, estudios en peces marinos de otras especies como los publicados por Duan *et al.*, (2001), mencionan que no obtuvieron diferencias significativas entre sus tratamientos (34-47% de proteína y 7.5-14% de lípidos) en peces de corvina amarilla (*Pseudosciaena crocea*), así mismo, Lee y Kim (2005),

obtuvieron que, con juveniles de lenguado japonés con peso inicial de 8.9g no se presentaron diferencias significativas entre sus tratamientos, los cuales contenían tres niveles de proteína (41, 46 y 51%) y tres niveles de lípidos (6, 13 y 19%); sin embargo, se puede observar una tendencia a un claro incremento en TEP conforme se aumentan los niveles de proteína (51%), en combinación con 12% de lípidos en la dieta, resultado muy similar al obtenido en este estudio. Con juveniles de salmón japonés (*O. masu*) de 21.9g de peso promedio inicial, de igual forma, señalan que los lípidos afectan de forma significativa TEP y no así la proteína (30, 40 y 50%); estos resultados difieren a los reportados en este trabajo para el pargo lunarejo, ya que según el análisis estadístico de los tratamientos, tanto proteína como lípidos afectan de forma significativa la TEP. Es importante señalar que los peces de pargo lunarejo utilizados en este estudio difieren en peso y talla, con respecto a las especies antes mencionadas, factor que es trascendente, como ya se mencionó, ya que la tasa metabólica de los peces y consecuentemente sus requerimientos de energía y proteína disminuirá al aumentar el tamaño de los animales, por tanto al satisfacer sus requerimientos nutricionales de mantenimiento, los peces podrán canalizar la proteína (según su calidad), suministrada a través de la dieta para la síntesis de tejido para su crecimiento.

7.1.9 Factor de Condición (K)

El factor de condición que expresa el estado fisiológico en términos numéricos no presentó diferencias significativas entre los tratamientos (1.64-1.69) evaluados en el presente estudio con el pargo lunarejo, resultados similares se presentaron con el pargo rojo de manglar, con peso promedio inicial de 24.8g, no se encontraron diferencias significativas (1.81-1.87) entre sus tratamientos que contenían variaciones en los niveles de proteína (35-50%) y lípidos (6 y 12%) (Catacutan *et al.* 2001). Así mismo Silva *et al.*, (2006), no obtuvieron diferencias significativas en sus tratamientos (2.2-2.4)

con graduaciones en los niveles de proteína (20-60%) y 12% de lípidos, con juveniles de besugo con peso inicial de 23g. Alvarez-Gonzales et al. (2001); encontraron que, probando dietas prácticas con la cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*), el K se mejoró conforme se aumentaron los niveles de proteína en la dieta (40-50%), sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los niveles de 45% (1.74) y 50% (1.73).

7.2 EXPERIMENTO 2.

7.2.1 Formulación y Análisis Bromatológico

De acuerdo a los resultados del primer experimento, se formularon las dietas prácticas con los niveles de proteína y lípidos que indicaron ser los más eficientes para el crecimiento de los juveniles de pargo lunarejo, con la finalidad de formular dietas prácticas de bajo costo específicas para esta especie. Por lo tanto, las dietas se formularon con 45% de proteína y 12% de lípidos para poder así mismo compararlas con las dietas comerciales para trucha (Control N) y camarón (Control C), mismas que son utilizadas para la engorda en jaulas de pargo flamenco por pescadores de la región. En cuanto a los resultados formulados y esperados la variación fue mínima de solo 1%, lo cual no es significativo para afectar los resultados.

7.2.2 Crecimiento

La dieta con calamar, presentó un incremento significativamente mayor con respecto a las dietas comerciales y a la dieta con gónada. Lo que resulta contrario a los resultados obtenidos por Sandoval-Valle (2005), quien obtuvo que la dieta comercial de lobina probada con peces de pargo flamenco con peso inicial promedio de 116.2 ± 1.9 g, presentó una mayor ganancia en peso (30.2 ± 4.0), fue estadísticamente diferente a la dieta

experimental y a la dieta comercial Api-camarón. Por otro lado, autores como Watanabe *et al.* (2001), quienes evaluaron diferentes fuentes proteicas en el pargo criollo, obtuvieron bajos resultados en incremento en peso y longitud y lo atribuyen a la digestibilidad no probada en el pargo criollo, de algunas de estas fuentes proteicas; el mismo caso se presentó con juveniles de pargo rojo del Golfo, los cuales no presentan diferencias significativas en cuanto al crecimiento de los peces alimentados con dietas con harina de soya y piensos avícolas como fuentes proteicas (Miller *et al.* 2005).

Así mismo se realizó un experimento similar con el botete diana por Hernandez-González *et al.* (2004), quienes probaron cuatro dietas prácticas y una dieta control, reportan que se mostró una mejora significativa en los índices nutricionales evaluados cuando se utilizaron las dietas prácticas, ya que valores como los de crecimiento fueron superiores cuando se utilizaron las dietas practicas, en comparación con la dieta control utilizada.

Es evidente según los resultados de los experimentos anteriores, que la fuente de proteína animal se debe conservar por lo menos en un 50% del total del recurso proteico en las dietas prácticas para peces marinos, siempre y cuando esta cumpla con los requerimientos nutricionales de la especie. En el caso del presente estudio con el pargo flamenco, ambas dietas se elaboraron con recursos proteicos de origen animal (harina de pescado, harina de camarón, calamar y/o gónada de atún) que cubrían más del 50% del total de la proteína, y como se mencionó, los animales alimentados con la dieta con harina de calamar crecieron mejor que con las demás dietas. Este resultado es un avance importante para la engorda del pargo lunarejo en el país, debido a que en la actualidad el pargo lunarejo que es engordado en jaulas por los cooperativistas pesqueros de la región es alimentado con los mismos alimentos comerciales que se probaron en este estudio y mostraron resultados más bajos en cuanto a crecimiento comparada con la dieta experimental de calamar bajo las condiciones probadas en este trabajo. El siguiente paso podría ser probar esta dieta en la engorda de juveniles de pargo en jaulas flotantes, en un estudio piloto, para

coadyuvar en el avance de la tecnología del cultivo del pargo lunarejo en el país.

7.2.3 Tasa de Crecimiento Específica

La tasa de crecimiento específica (TCE) más eficiente para el pargo lunarejo en este estudio, se presentó en la dieta con harina de calamar, misma que presentó diferencias significativas con el resto de los tratamientos. En el crecimiento del sargo la TCE presentó un incremento conforme se aumentaba el porcentaje de harina de pescado en la dieta (Quartararo *et al.* 1998); así mismo, en un experimento con lisa rayada (*M. cephalus*), se presentó la mayor TCE en la dieta control utilizada (con base en harina de pescado) y en la dieta con harina de soya (Luzzana *et al.* 2005); sin embargo, Opstad *et al.* (2005), encontraron niveles de TCE sin diferencias significativas entre sus tratamientos utilizando como fuente de proteína harina de pescado, harina de krill y harina de anfípodo. Los valores más bajos se presentaron cuando la harina de pescado se sustituyó en un 50 y 100% por harina de anfípodo. Olsen *et al.* (2006), presentó que para el salmón del Atlántico (*Salmo salar*), la TCE más eficiente se obtuvo con los peces alimentados con dietas que contenían reemplazos del 20 y 40% de la harina de pescado por harina de krill, los valores incluso superaron a los del grupo control, en el cual solo se utilizó harina de pescado como fuente proteica. Estos resultados demuestran que para obtener mejores crecimientos es necesario elaborar dietas con distintos ingredientes para poder balancear adecuadamente los nutrientes requeridos por las distintas especies. Kumar *et al.* (2007), sustituyeron parcialmente la harina de pescado por harina de soya (30%) y encontraron que los valores de TCE de la dorada japonesa (*Pagrus major*), disminuyeron en comparación con la dieta de harina de pescado al 65%. Lunger *et al.* (2007), hicieron reemplazos de la harina de pescado con levadura proteica, harina de soya, soya aislada, harina de semilla de cáñamo y combinaciones de los 4 sustitutos proteicos

anteriores, en dietas para la cobia (*Rachycentron canadum*) y obtuvieron que la TCE mas eficiente se presentó en la dieta de reemplazo del 25% de la harina de pescado por harina de levadura proteica.

7.2.4 Consumo de Alimento

En el consumo de alimento los peces del presente estudio, presentaron un consumo menor con la dieta control N (trucha), esto posiblemente fue debido a las características nutricionales propias del alimento o quizá en su composición no se encuentran suficientes sustancias químicas atrayentes para los juveniles del pargo lunarejo. De esta forma, se presentaron diferencias significativas en el consumo de alimento entre los tratamientos y la dieta control N, dieta que a su vez presentó el menor crecimiento de los peces. En estudios como los de Wang *et al.* (2006), reemplazaron la harina de pescado por harina de soya (20-100%) en la dieta para el pargo de amoy, no encontraron diferencias significativas en el consumo de alimento en los reemplazos del 20-80%; sin embargo, encontraron que los peces alimentados con la dieta con menor cantidad de harina de pescado, presentaron el mayor consumo de alimento del resto de los tratamientos. Así mismo Kaushik *et al.* (2004); hicieron reemplazos de la harina de pescado en la dieta para la lubina de mar (*Dicentrarchus labrax*), por recursos proteicos de origen vegetal (0-100%). Ellos observaron que el consumo voluntario de alimento no se vio afectado por los reemplazos con harina vegetal.

7.2.5 Tasa de Eficiencia Alimenticia

La Tasa de Eficiencia Alimenticia (TEA) mas eficiente para el pargo lunarejo en el presente estudio se obtuvo con la dieta elaborada con calamar, resultado que sustenta el crecimiento obtenido en los animales alimentados con esta dieta. Otros estudios mencionan que las dietas

probadas para el pargo rojo del Golfo, las cuales contenían piensos avícolas y harina de soya, no arrojaron diferencias significativas en TEA entre los tratamientos (Miller *et al.* 2005). En la evaluación de diferentes fuentes proteicas con la lisa rayada (*M. cephalus*) no se encontraron diferencias significativas en la eficiencia alimenticia entre los tratamientos (Luzzana *et al.* 2005). En el caso del pez roca, con peso promedio de 3.1g, se encontró que se presentó una mayor TEA cuando se reemplazó la harina de pescado por músculo de pez roca o harina de pescado blanca y se disminuyó conforme se hicieron reemplazos con harina de soya, gluten y análogos de harina de pescado (Bai *et al.* 2001).

7.2.6 Tasa de Conversión Alimenticia

La tasa de conversión alimenticia (TCA) mas eficiente del presente experimento, se observó en la dieta con calamar (1.86), resultado que también sustenta el crecimiento obtenido por los juveniles de pargo alimentados con esta dieta. Schulz *et al.* (2006), obtuvieron al probar una dieta comercial enriquecida con aceite de pescado en un 7% los mejores valores de TCA en juveniles de carpa (*Sander lucioperca*). Tomás *et al.* (2005) utilizaron sustituciones parciales de harina de pescado por harina de soya en la dieta de juveniles de jurel de cola amarilla (*Seriola dumerilli*), encontrando que la TCA es más eficiente conforme los niveles de soya disminuyen en la dieta, es decir el nivel mas bajo de inclusión de soya en la dieta (20%) arrojó los valores de TCA mas eficientes. No se encontraron diferencias significativas en la tasa de conversión alimenticia cuando se probaron diferentes fuentes proteicas con la lisa rayada (Luzzana *et al.* 2005). En los reemplazos de la fuente proteica en las dieta con el dorada, por harina de soya y piensos avícolas, la TCA mas favorable (2.1) se presentó en la dieta control, la cual contenía el mayor porcentaje de harina de pescado (Quartararo *et al.*, 1998). Trabajos con harina de soya como el de Wang *et al.* (2006); quienes utilizaron reemplazos de 20-100% de harina

de soya en la dieta de la corvina de amoy, obteniendo como resultado que las dietas con reemplazo del 60-100% presentaron valores altos y poco favorables en la TCA para la cría de la especie.

7.2.7 Tasa de Eficiencia Proteica

La Tasa de Eficiencia Proteica (TEP) mostró diferencias significativas entre los tratamientos; la TEP más eficiente se presentó en la dieta práctica con calamar. En otros estudios reportados, este índice nutricional presentó una clara tendencia a mejorar conforme se aumentaron los niveles de proteína animal (Bai *et al.*, 2001; Luzzana *et al.*, 2005). En un estudio con seriola donde se utilizó harina de soya para reemplazar la harina de pescado en la dieta, se presentó una TEP más eficiente en las dietas con los niveles más bajos de harina de soya (20 y 30%) que en aquellas donde la sustitución de la harina de pescado se hizo con 50% de harina de soya (Tomás *et al.* 2005). En dietas con sustitutos proteicos para la cobia, los autores encontraron que la dieta control (100% harina de pescado) presentó una TEP mas baja que aquellas con sustitutos, excepto la dieta con sustituto de 23% de harina con 4 combinaciones proteicas (levadura proteica, soya, soya aislada y harina de semilla de cáñamo), la cual presentó la TEP mas baja (Lunger *et al.* 2007).

7.2.8 Supervivencia

La supervivencia no fue afectada por los tratamientos que se probaron con los juveniles del pargo lunarejo en este trabajo; sin embargo, la supervivencia mas baja se presentó en la dieta control N (dieta comercial para trucha, la cual se utiliza actualmente por productores para la engorda de peces). Generalmente se observa en los estudios con esta y otras especies, que la supervivencia no se ve afectada por los tratamientos probados (Schultz *et al.* 2006; Opsatad *et al.* 2005; Olsen *et al.* 2006;

Watanabe *et al.* 2001; Quartararo *et al.* 1998; Tomás *et al.* 2005; Muzinic *et al.* 2004) siempre y cuando las características nutricionales de las dietas evaluadas se mantengan dentro o cercanos a los requeridos por las distintas especies, lo cual se corrobora en el trabajo de Lunger *et al.* (2007), con la cobla, la supervivencia fue significativamente afectada por los tratamientos, tanto que en el tratamiento donde se reemplazo totalmente la harina de pescado por una combinación de 4 fuentes proteicas en una porción de 0:25% (harina de pescado:combinación proteica) se presentó una mortalidad del 100% de los organismos y una supervivencia de solo el 53% con el mismo reemplazo pero con una proporción de 8:23.

7.2.9 Factor de Condición (K)

El factor de condición (K) presentó diferencias significativas entre los tratamientos, los peces de pargo lunarejo que mostraron un (K) mas elevado fueron aquellos que se alimentaron con la dieta control C (camaronina); sin embargo, le siguió muy de cerca la dieta práctica con calamar. Aunque el factor de condición muestra el estado de bienestar de los peces, también es importante señalar que este es influenciado por la edad del pez, madurez sexual y características fenotípicas, por tanto este factor varia según la especie y etapa de vida del pez (Rodríguez-Gutiérrez, 1992); sin embargo en estudios como el de Olsen *et al.* (2006), con el salmón del Atlántico quienes hicieron sustituciones parciales de la harina de pescado en la dieta con harina de krill (0-100), mostraron que una sustitución del 20 al 60% de harina de krill en la dieta mejora la talla y el factor de condición, que aquellos con sustituciones del 80-100%. Así mismo un estudio preliminar con el pámpano (*T. ovalus*), los autores solo mencionan que conforme transcurrió el experimento el K aumentó (1.01-1.54), utilizando dos dietas comerciales como alimento para los peces (Tutman *et al.* 2004). Con la corvina de amoy, el K fue menor conforme disminuyó la concentración de harina de pescado en la dieta (40-0%) (Wang *et al.* 2006). En un estudio con cobla se hicieron

también reemplazos de la harina de pescado (0-60%) por harina de soya y no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos; sin embargo, los valores de K mas bajos se presentaron en las sustituciones mas altas de de la harina de pescado por harina de soya (50 y 60%) (*Zhou et al. 2005*).

La mayoría de los subproductos animales tienen un adecuado balance en su perfil de aminoácidos y son recursos dietéticos adecuados en proteína, lípidos, energía y vitaminas (Tacon, 1989), esto lo han demostrado los trabajos antes mencionados y el resultado de la evaluación de dietas prácticas y dietas control, ya que a mayor incursión de proteína de origen animal se mejoraron los índices nutricionales de los animales. La dieta control N, la cual presento los índices de la evaluación biológica menos favorables, fue la que en su composición presentó ingredientes en su mayoría de origen vegetal, que si bien son buenos recursos proteicos, no cubren por sí solos los requerimientos de especies carnívoras como es el caso del pargo lunarejo, lo cual se demostró en el presente trabajo.

8. CONCLUSIONES

- Los niveles de proteína evaluados en el presente estudio afectan directamente el crecimiento y eficiencia alimenticia de los juveniles de pargo lunarejo bajo las condiciones en que se llevó a cabo el estudio.
- Los niveles de lípidos evaluados en el presente trabajo no afectaron significativamente al crecimiento y supervivencia de los juveniles de pargo lunarejo bajo las condiciones probadas.
- Por lo tanto, los juveniles de pargo lunarejo requieren de 45% de proteína y al menos 9% de lípidos en la dieta para obtener buenos resultados en cuanto a crecimiento y supervivencia, bajo las condiciones evaluadas en el presente estudio.
- Los Índices nutricionales como el Incremento en peso, Tasa de Conversión Alimenticia y Tasa de Eficiencia Proteica se vieron mejorados con la dieta con contenido de 45% de proteína y 9% de lípidos.
- La dieta formulada con calamar presentó los mejores resultados en cuanto a crecimiento eficiencia alimenticia y proteica de los juveniles de pargo lunarejo bajo las condiciones evaluadas.
- El recurso proteico de gónada de atún no presentó buenos resultados en ninguno de los índices nutricionales probados.
- Se probó que las dietas comerciales N (trucha) y C (camaronina), no pueden recomendarse para alimentar a juveniles de pargo lunarejo bajo las condiciones evaluadas en el presente trabajo.

9. RECOMENDACIONES

- Repetir el experimento con las dietas prácticas a la misma temperatura con la cual se realizó el primer experimento.
- Incluir en el experimento con dietas prácticas, la dieta semipura 45:12 como testigo.
- Evaluar más fuentes proteicas para poder desarrollar dietas específicas para el pargo flamenco.
- Evaluar las dietas prácticas en juveniles de mayor tamaño.
- Continuar las investigaciones sobre los requerimientos nutricionales de esta especie.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Abdo de la Parra, M. I., J. L. Camacho, B. Gonzalez-Rodriguez, I. Martínez-Rodriguez, C. Hernández and A. García-Ortega. 2006. A preliminary study on the effect of dietary protein level on growth and survival of juvenile bullseye puffer *Sphoeroides annulatus*. *World Aquaculture* Vol. 3 No. 1 pp: 34-37.
- Álvarez-González, C.A., Civera-Cerecedo, R., Ortiz-Galindo, J.L., Dumas, S., Moreno-Legorreta, M. y Grayeb-Dei Álamo, T. 2001. Effect of dietary protein level on growth and body composition of juvenile spotted sand bass, *Paralabrax maculatofasciatus*, fed practical diets. *Aquaculture* 194:151-159.
- Álvarez-Lajonchère, L. M. I. Abdo de la Parra, N. Duncan, A. García-Ortega, E. Fajer Ávila, L. E. Rodríguez Ibarra, G. Velasco Blanco, A. Puello Cruz, B. González Rodríguez, Z. Ibarra Zatarain, R. Guzmán Navarrete y J. L. Sánchez Téllez. 2006. Manual para la producción de huevos, larvas y juveniles del pargo flamenco, *Lutjanus guttatus*. Mazatlán, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, 114pp.
- Allan G. L. y Booth M. A. 2004. The effects of dietary digestible protein and digestible energy content on protein retention efficiency of juvenile silver perch *Bidyanus bidyanus* (Michell). *Aquaculture Research* 32:970-980.
- Allen, G.R. y Robetson D.R. 1994. *Fishes of the Tropical Eastern Pacific*. University of hawaii Press, Honolulu, USA. 332 pp.
- AOAC, 2000. *Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists*, Vol.1 17th edn. Association of Official analytical Chemists, Arlington, USA. 684p.
- Avilés-Quevedo A. Y F. Castelló-Orvay. 1999. Situación, posibilidades y perspectivas del cultivo de peces marinos en jaulas flotantes en México. Foro Internacional de Acuacultura Tropical Sustentable. Del 12 al 14 de agosto de 1999 en Villahermosa Tabasco.

- Bal S. C., Chol S. M., Kim K. W. y Wang X. J. 2001. Apparent protein and Phosphorus digestibilities of five different dietary protein sources in Korean rockfish, *Sebastes schlegell* (Hilgendorf). *Aquaculture Research* 32:99-105.
- Bolasina S. N. y Fenucci J. L. 2005. Apparent digestibility of crude protein and lipids in Brazilian codling, *Urophycis brasiliensis* (Kamp, 1858) (Pisces: Gadiformes), fed with partial replacements of soybean meal and meta meal diets. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 40(2):127-131
- Catacutan, M.R., Pagador, G.E. y Teshima, S. 2001. Effects of dietary protein and lipid levels and protein to energy ratios on growth, survival and body composition of the mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus* (Forsskal, 1755) *aquaculture research* 32, 811-818.
- Cortés, M. G. y Simoes, N. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuicola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.*
- Duan Q., Kangsen M., Huiying Z., Liegang S., y Xingqlang W., 2001. Studies on the nutrition of the large yellow croaker *Pseudosciaena crocea* R. I: growth response to graded levels of dietary protein and lipid. *Aquaculture Research*, 32, 46-52.
- FAO. 2001. *Report of the Nineteenth Session of the Coordinating Working Party on Fishery Statistics*. FAO Fisheries Report No. 656. Roma.
- FAO 1995. G.R. Allen, en guía Fao para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico Centro-Oriental. Vol. III Vertebrados – parte 2, p. 1231.
- Gao Y., LV J., Lin Q., Li L., 2005. Effect of protein levels on growth, feed utilization, nitrogen and energy budget in juvenile southern flounder, (*Paralichthys lethostigma*). *Aquaculture Nutrition* 11, 424-433
- García-Esquivel Zaul, Montes-Magallón Silvia y González-Gómez Marco A., 2007. Effect of temperature and photoperiod on the growth, feed consumption, and biochemical content of juvenile green abalone, *Haliotis fulgens*, fed on a balanced diet. *Aquaculture* 262, 129-141.

- García-Ortega, A., Hernández, C., Abdo-de-laParra, I. y González-Rodríguez, B., 2002. Advances in the nutrition and feeding of the bullseye puffer *Sphoeroides annulatus*. In: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola
- Hebb C.D., Castell J.D., Anderson D.M. y Batt J., 2003. Growth and feed conversion of juvenile winter flounder (*Pleuronectes americanus*) in relation to different protein-to-lipid levels in isocaloric diets. *Aquaculture* 221, 439-339.
- Hernández-González C., Blanco-Albarrán L., González R. B., Abdo I., Duncan N. and García-Ortega A. (2004). Evaluation in growth, feed efficiency and body composition of juvenile bellseye puffer *Sphoeroides annulatus* fed practical diets with different protein sources. *Memorias del world aquaculture society*. Honolulu, Hawaii, USA
- Huang S.S.Y., Oo A.N., Higgs D.A., Brauner C.J. y Satoh S., 2007. Effect of dietary canola oil level on the growth performance and fatty acid composition of juvenile red sea bream, *Pagrus major*. *Aquaculture* 271, 420-431
- Jeong-Dae Kim, y S. P. Lal., (2001). Effects of dietary protein level on growth and utilization of protein and energy by juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Aquaculture* 195, 311-319.
- Kaushik S. J., Covés D., Dulto G. y Blanc D. 2004. Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European seabass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture* 230:391-404.
- Kim Jeong-Dae y Lal S. P., 2001. Effect of dietary protein level on growth and utilization of protein and energy by juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Aquaculture* 195, 311-319.
- Kim K-W., Wang X J y Bai S C., 2001. Reevaluation of the optimum dietary protein level for the maximum growth of juvenile Korean rockfish, *Sebastes schlegelii* (Hilgendorf). *Aquaculture research* 32, 119-125.

- Kruger D. P., Britz P. J. y Sales J. 2000. Influence of varying dietary protein content at three lipid concentrations on growth characteristics of juvenile swordtails (*Xiphophorus helleri* Heckel 1848). *Aquarium Sciences and Conservation* 3:275-280.
- Kumar B. A., Kaku H., Seung C. J., Manabu S. y Kenji T. 2007. Use of soybean meal and phytase for partial replacement of fish meal in the diet of red sea bream, *Pagrus major*. *Aquaculture* 267:284-291.
- Lazo J.P., Allen D.D. y Arnold C. R., 1998. The effects of dietary protein level on growth, feed efficiency and survival of juvenile Florida pompano (*Trachinotus carolinus*)
- Lee S-M y Kim K-D, 2005. Effect of various levels of lipid exchanged with dextrin at different protein level in diet on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture Nutrition* 11, 435-442.
- Lee S-M y Kim K-D, 2001. Effects of dietary protein and energy levels on the growth, protein utilization and body composition of juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou* Brevoort). *Aquaculture Research* 32, 39-45.
- Lunger A. N., McLean E. y Craig S.R., The effects of organic protein supplementation upon growth, feed conversion and texture quality parameters of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture* 264, 342-352.
- Luzzana U., Valfré F., Manglarotti M., Domeneghini C., Radaelli G. R., M. Moretti Vittorio y S. Marco. 2005. Evaluation of different protein sources in fingerling grey mullet *Mugil cephalus* practical diets. *Aquaculture International*, 13, 291-303
- Martinez-Palacios C.A., Rios-Duran M.G., Ambriz-Cervantes L., Jauncey K.J. y Ross L.G. 2007. Dietary protein requirement of juvenile Mexican Silverside (*Mendia estor* Jordan 1879), a stomachless zooplanktophagous fish. *Aquaculture Nutrition* 13, 304-310.
- Muzinic L. A., Thompson K. R., Melts L. S., Dasgupta S. y Webster C. D. 2006. Use of turkey meal as partial and total replacement of fish meal

- in practical diets for sunshine bass (*Morone chrysops* X *Morone saxatilis*) grown in tanks. *Aquaculture Nutrition* 12:71-82.
- Miller, C.L., Davis, D.A. y Phelps, R.P. 2005. Effects of dietary protein and lipid on growth and body composition of juvenile red snapper *Lutjanus campechanus*. *Aquaculture Research* 36:52-60.
- Nelson J. S., (2004); Common and Scientific Names of fishes from the U. S. A., Canada and Mexico. 6th. Edition. American Fisheries Society Special Publication 29.
- NRC (National Research Council). 1993. Nutrient requirements of fish. National Academic Press. Washington; D.C. USA. 114pp.
- Olivares-Paulette, O. y J. Boza-Abarca. 1999. Crecimiento de juveniles de pargo mancha (*Lutjanus guttatus*) utilizando alimento granulado en condiciones de laboratorio. Universidad Nacional de Costa Rica. *UNICIENCIA* 15-16:45-48.
- Olsen R. E. , J. Suontama, E. Langmyhr, H. Mundheim, E, Ringo, W. Melle, M. K. Malde y G.-I. Hemre 2006, The replacement of fish meal with Antarctic krill, *Euphausia superba* in diets for Atlantic salmon, *Salmo solar*. *Aquaculture Nutrition* 12, 280-290.
- Opstad I., Suontama J., Langmyhr E. Y Olsen R. E., 2006. Growth, survival, and development of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) weaned onto diets containing various sources of marine protein. *Journal of Marine Science*, 63, 320-325
- Ozorio R. O. A., Valente L. M. P., Pousao-Ferreira P y Oliva-Teles A., 2006. Growth performance and body composition of white seabream (*Diplodus sargus*) juveniles fed diets with different protein and lipid levels. *Aquaculture Research* 37, 255-263.
- Puri S. y Mullen K. 1980. Multiple Comparisons In: Applied Statistics for Food and Agricultural Scientists, pp. 146-183, G. K. Hall Medical Publishers, Boston, MA.
- Quartararo N, Alan G.L., Bell J.D., 1998. Replacement of fish maeal in diets for Australian snapper, *Pagrus auratus*. *Aquaculture* 166, 279-295.

- Ricque D., M. I. Abdo de la Parra, L. E. Cruz Suarez, G. Cuzon, M. Cousin, M. cousin, Aquascop and I. H. Pike. 1998. Raw material freshness, a quality criterium for fresh meal fed o shrimp. *Aquaculture* 165:95-109.
- Rojas-Herrera, A.A. 1996. Análisis de la alimentación del flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) (Pisces: Lutjanidae) de la costa de Guerrero, México. Mem. Primer Encuentro Regional sobre Investigación y Desarrollo Costero: Guerrero, Oaxaca y Chiapas. p. 10.
- Sandoval-Valle J. de J. 2005., Evaluacion de Alimentos valanceados para la engorda en tanques de pargo lunarejo (*L. guttatus*). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias del Mar, Mazatlán, México. 33pp.
- Santamaria-Miranda, A. 1998. Hábitos alimenticios y ciclo reproductivo del huachinango *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) (Pisces: Lutjanidae) en Guerrero, México. Tesis de maestría, CICIMAR, La Paz, México. 64 pp.
- Schulz C., Günther S. y Wirth M., 2006. Growth performance and body composition of pike perch (*Sander lucioperca*) fed varying formulated and natural diets. *Aquaculture International* 14, 577-586.
- Silva P., Andrade C. A. P., Viriato M. F. A T., Rocha E. y Valente L. M. P., 2006. Dietary protein, growth, nutrient utilization and body composition of juvenile blackspot seabream, *Pagellus Bogaraveo* (Brunnich). *Aquaculture Research* 37, 1007-1014.
- Tacon, J.A. 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación, 1989. GCP/RLA/102/ITA proyecto Aquilla II. Documento de campo No. 4. FAO-Italla. 572 pp.
- Tomás A., F. De la Gándara, A. García-Gomez, L. Perez y Jover M., 2005. Utilization of soybean meal as an alternative Protein source in the Mediterranean yellowtail, *Seriola dumerilli*. *Aquaculture Nutrition* 11, 333-340.

- Tutman P., Glavic N., Kozul V., Bosko S. y Glamuzina B., 2004. Preliminary information on feeding and growth of pompano, *Trachinotus ovatus* (Linnaeus 1758) (Pices: Carangidae) in captivity. *Aquaculture International* 12, 387-393.
- Villa-López A. Y. 2005 Efecto de diferentes niveles de proteína y lípidos en el crecimiento y sobrevivencia del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1896) (Pisces: Lutjanidae). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias del Mar, Mazatlán, México. 61pp.
- Wang Y., Kong L.-J., Li C., Bureau D. P., 2006. Effect of replacing fish meal with soybean meal on growth, feed utilization and carcass composition of cuneate drum (*Nibea milchthoides*). *Aquaculture*, 261, 1307-1313.
- Watanabe , W.O., Ellis, S.C. & Chaves, J. 2001. Effects of dietary lipid an energy to protein ratio on growth and feed utilization of juvenile mutton snapper *Lutjanus analis* fed isonitrogenous diets at two temperatures. *Journal of the World Aquaculture Society* 32:30-40.
<http://www.mexfish.com/fish/sptrssnap/sptrssnapsnow097.jpg>
- Zhou A.-C., Mai K.-S., Tan B.-P. Y Liu Y.-J. 2005. Partial replacement of fishmeal by soybean meal in diets for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*)

ANEXO 1.

PROCEDIMIENTO DE LOS ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS

Humedad

Método: Por desecación en estufa.

Objetivo: Determinación del contenido de agua.

Precauciones: Usar bata y guantes para calor.

Procedimiento

El análisis se debe hacer por triplicado (mínimo).

No se debe redondear la pesada.

La sílica de los desecadores debe de estar completamente seca; según el tipo cambiará la coloración, ejemplo: Será azul intenso cuando esta perfectamente seca y rosa cuando tiene una gran cantidad de humedad).

- Se llevan a peso constante los crisoles o recipientes contenedores.
- Se pesa 0.5-1g de la muestra a determinar.
- Se coloca en la estufa a 105 °C hasta tener peso constante (aproximadamente 5 horas).
- Transferir el contenedor a un desecador hasta que alcance la temperatura ambiente (de 15 a 30 minutos). Pesar el recipiente con la muestra.
- Para verificar el resultado se puede dejar la muestra por 24 horas, si no hay variación en el peso, el resultado es correcto.

Cálculos

$$\% \text{ de Humedad} = [(P2-P1)/M](100)$$

Donde:

P1= peso del contenedor y la muestra seca

P2= peso del contenedor y la muestra humedad

M = peso de la muestra.

Cenizas

Método: Por calcinación en la mufla eléctrica.

Objetivo: Determinar el contenido de materia inorgánica.

Precauciones: Usar bata, guantes para color y pinzas para crisol.

Procedimiento:

- Pesar el crisol de porcelana que está a peso constante.
- Pesar en el crisol de 0.5 a 1.0 g de muestra.
- Colocar el crisol con muestra dentro de la mufla a 100°C durante 15 minutos, al cabo de este tiempo elevar la temperatura para la calcinación de la muestra a 550 °C por 18horas±1.
- Enfriar la mufla poco a poco. Se puede apagar hasta que la temperatura del interior alcance los 100 °C y entonces transferir a un desecador hasta su completo enfriamiento.
- Pesar el crisol con la muestra calcinada.

Cálculos

Porcentaje de Cenizas = $\frac{(P2-P1)}{M} \cdot 100$

DONDE:

P1 = peso del crisol vacío (peso inicial)

P2= peso del crisol con las cenizas (peso final)

M = Peso de la muestra.

Determinación de Grasas

Precauciones: Para la elaboración de dedales, pesada de muestras y matraces se debe utilizar guantes para evitar contaminación de grasa con las manos y así alterar los resultados. Se deberá además portar bata y l

momento de vaciar el éter de petróleo en los matraces, se realizará en la campana extractora y con mascarilla.

Procedimiento

- Pesar los matraces, los cuales están a peso constante
- Pesar 0.5g de muestra en cada dedal y cubrir con una porción de algodón (esto se hace por triplicado)
- Colocar éter de petróleo en el matraz
- Montar el matraz con el extractor Soxhlet y el refrigerante
- Colocar una bomba sumergible dentro de un baño con agua helada, y pasarlo por los refrigerantes. Calentar las planchas donde están los matraces para que el éter empiece a lavar las muestras por reflujo.
- Para la recuperación del éter se recomienda retirar el dedal y hacer la extracción antes que refluya e ir retirando hasta que solo quede una pequeña cantidad para que la grasa no se queme.
- Se coloca en la estufa a 105°C para que evapore el éter, NO DEBE CERRARSE EL HORNO HERMÉTICAMENTE PARA EVITAR UNA EXPLOSIÓN POR ACUMULACIÓN DE GASES.
- Una vez evaporado el éter cerrar el horno y dejar ahí hasta el siguiente día.
- Entonces colocar los matraces en un desecador y enfriar aproximadamente ½ hora, posteriormente pesar.

Cálculos:

Porcentaje de Extracto Etéreo = $\frac{(P2-P1)}{M}(100)$

Donde:

P2 = Peso del matrás con grasa

P1 = Peso del matrás sin grasa

M = Muestra

El Método Dumas

Desde su aprobación por la AOAC y la AOCS, el método de combustión directa DUMAS, está sonando muy fuerte entre los fabricantes de alimentos.

Jean Baptiste Dumas, químico y político francés, fue quien desarrolló la determinación de nitrógeno a partir del ataque de una muestra mezclándola y calentándola con óxido de ~~carbono~~ en una atmósfera de dióxido de carbono (CO₂). Los gases emanados de aquella combustión se reducían en ~~carbono~~ y el nitrógeno molecular era luego determinado volumétricamente. La empresa LECO® Corporation (Michigan USA), adoptó este método y lo automatizó sacando al mercado su modelo FP-528 DSP y el actual TruSpec N., liderando en la actualidad la fabricación de instrumentos para la determinación de N₂/Proteína..

Esencialmente, en cualquiera de los modelos LECO® la secuencia de operación, está dividida en tres etapas:

A. Pesada

La muestra es pesada (200mg a 1 g dependiendo del modelo de equipo)

B. Ciclo de análisis

1. Purga

a) La muestra pesada y envuelta en papel de estaño (Tin Foll) es colocada en el cabezal de carga y purgada de cualquier gas atmosférico que hubiera ingresado en el proceso de preparación de la misma.

b) Paralelamente el recipiente que colecta los gases de la combustión Ballast® (sistema patentado por LECO®), también es purgado.

2. Combustión

- a) La muestra ingresa al horno calentado a 1000 °C aproximadamente y gas oxígeno puro es ingresado para acelerar el proceso de combustión.
- b) Los productos de la combustión son principalmente: CO₂, H₂O, NO_x, N₂
- c) Dichos gases son pasados a través de un filtro en el horno y por un *enfriador* termoelectrónico, para quitar la humedad. Luego son recolectados en el Ballast®

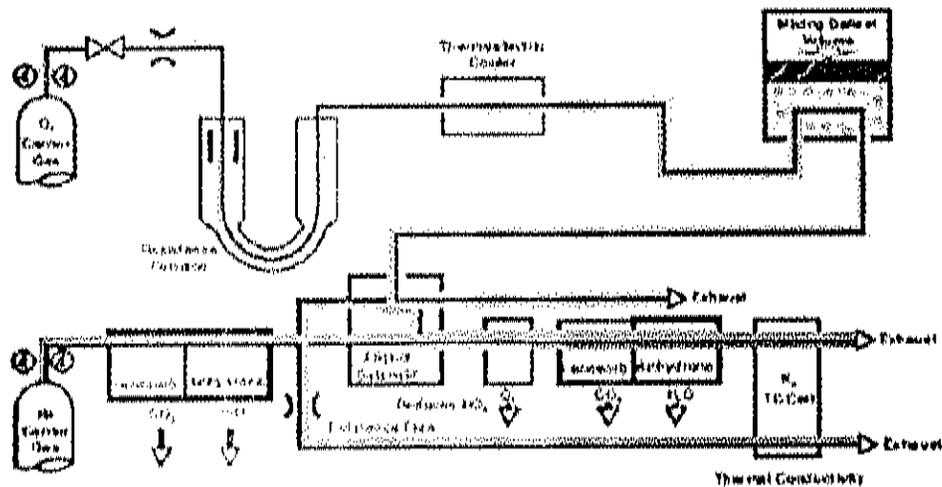
3. Análisis

- a) Los gases obtenidos en la combustión son homogeneizados en el Ballast® a través de una mezcla pasiva.
- b) Una alícuota de 3cc de muestra homogénea es capturada y el Ballast® es forzado a evacuarse.
- c) La muestra gaseosa de 3cc pasa a través de *sebor* para remover el O₂ y reducirlos NO_x a N₂.
- d) La muestra continúa su recorrido dentro del equipo pasando ahora por Lecosorb® para remover el CO₂ y por Anhidrone para retener el H₂O.
- e) Finalmente el N₂ arrastrado por una corriente de gas Helio hacia una celda de Conductividad Térmica (TC) en donde se mide la concentración de N₂ presente en la muestra.

C. Informe del resultado.

El resultado final, expresado en N₂ o N₂/Proteína, es mostrado en la computadora o el display según el modelo de equipo.

En el siguiente esquema se puede observar el diagrama de flujo de gases de los equipos LECO®



En la práctica, todo el procedimiento anteriormente detallado se reduce a:

- Pesar la muestra
- Colocarla en el horno de combustión
- Presionar el botón Start.

En menos de cuatro minutos el resultado será mostrado en la pantalla o transmitido a la red de datos.

Resultados típicos de una muestra de Pet Food utilizando el método de combustión directa LECO® DUMAS

| <i>Sample</i> | <i>Weight (g)</i> | <i>% Nitrogen</i> | <i>% Protein</i> |
|---------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Pet Food #1 | 0.2047 | 2.79 | 17.43 |
| | 0.2433 | 2.76 | 17.25 |
| | 0.3176 | 2.76 | 17.25 |
| | 0.2575 | 2.77 | 17.34 |
| | Average = | 2.77 | 17.32 |
| | Std. Dev. = | 0.014 | 0.09 |
| Pet Food #2 | 0.2859 | 3.58 | 22.35 |
| | 0.2026 | 3.58 | 22.38 |
| | 0.2193 | 3.60 | 22.50 |
| | 0.2314 | 3.60 | 22.47 |
| | Average = | 3.59 | 22.43 |
| | Std. Dev. = | 0.012 | 0.07 |

Existe cierto mito, que los usuarios de Kjeldahl han ido transmitiendo de generación en generación, referido a la obtención de valores más altos de N₂/Proteína con Dumas vs Kjeldahl.

En realidad esa diferencia existe, pero es fácilmente explicable: el método Dumas extrae con mayor eficiencia todo el N₂ presente en la muestra, por consiguiente algunos valores tienden a dar mayor concentración. Pero esto no es un error, muy por el contrario, estamos en presencia de un valor mucho más cercano al valor verdadero de la muestra. Otras variables, tales como menor incertidumbre total y calibración con estándares de sustancias puras, hacen del método Dumas un método confiable y exacto.

Existe cierto mito, que los usuarios de Kjeldahl han ido transmitiendo de generación en generación, referido a la obtención de valores más altos de N_2 /Proteína con Dumas vs Kjeldahl.

En realidad esa diferencia existe, pero es fácilmente explicable: el método Dumas extrae con mayor eficiencia todo el N_2 presente en la muestra, por consiguiente algunos valores tienden a dar mayor concentración. Pero esto no es un error, muy por el contrario, estamos en presencia de un valor mucho más cercano al valor verdadero de la muestra. Otras variables, tales como menor incertidumbre total y calibración con estándares de sustancias puras, hacen del método Dumas un método confiable y exacto.