

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS



**SUSTITUCIÓN DE LA HARINA DE PESCADO CON
SUBPRODUCTOS DE ATÚN, EN DIETAS PRÁCTICAS
PARA JUVENILES DE PARGO FLAMENCO *LUTJANUS
GUTTATUS* (STEINDACHNER, 1869)**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

BEATRIZ LÓPEZ MOLINA

Diciembre de 2010, Xalisco, Nayarit;



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

DR. J. DIEGO GARCÍA PAREDES
COORDINADOR DEL POSGRADO (CBAP)
P R E S E N T E

Asunto: Liberación de la Tesis de la
C. Beatriz López Molina

Los que suscribimos, integrantes del Consejo tutorial de la C. Beatriz López Molina, declaramos que hemos revisado en forma y contenido la Tesis "Sustitución de la harina de pescado con subproductos de atún, en dietas prácticas para juveniles de pargo flamenco *Lutjanus gultatus* (Steindachner, 1869)", y en nuestra opinión cumple el requisito parcial para obtener el grado de maestría en el área de Ciencias Pesqueras.

CONSEJO TUTORIAL

DIRECTORA

Dra. Crisantema Hernández González

CO-DIRECTOR

Dr. Sergio G. Castillo Vargasmachuca

ASESORES

Dr. Roberto Gómez Aguilar

Dr. Emílio Peña Messina



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
ÁREA DE CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS Y PESQUERA
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

CBAP/250/10

Xalisco, Nayarit., 17 de diciembre de 2010

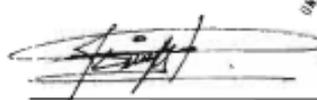
Ing. Alfredo González Jáuregui
Director de Administración Escolar
P r e s e n t e.

Con base al oficio de fecha 17 de diciembre de 2010, enviado por los CC. Dra Crisantema Hernández González, Dr. Sergio Gustavo Castillo Vargasmachuca, Dr. José Roberto Gómez Aguilar y Dr. Emilio Peña Messina donde se nos indica que el trabajo de tesis cumple con lo establecido en forma y contenido, y debido a que ha cumplido con los demás requisitos que pide el Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Nayarit, se autoriza al C. Beatriz López Molina, continúe con los trámites necesarios para la presentación del examen de grado de Maestría.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente

"Por lo Nuestro a lo Universitario"



Dr. J. Diego García Paredes
Coordinador del Posgrado

C.c.p.-Minutario.
C.c.p.-Expediente.
JGGP/rel.

DEDICATORIAS

"A dios,

...por su infinita gracia y misericordia.

"A mis padres,

...por enseñarme el amor al estudio.

"A mi esposo y maestro Mike,

...por su infinito amor, apoyo incondicional e inspiración en mi vida.

"A mis hijos y nieta,

...por contribuir a mi empeño de ser mejor ser humano cada día.

"A mis hermanos y sobrinos,

...por su apoyo moral.

"A mis profesores del Posgrado CBAP,

...por su ejemplo de profesionalidad que nunca olvidaré.

UNIVERSIDAD ANDALUZA DE ESTADÍSTICA

"A mi tutor,



...por su guía

"A mi tutora,

SISTEMA DE BIBLIOTECAS

...quien directamente, me hizo redoblar esfuerzos para hacer posible la confección y elaboración de este trabajo.

"A mis compañeros y amigos...

...y todos aquellos que con su granito de arena hicieron posible este sueño.

¡Mil Gracias!

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis de maestría, si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación por parte de la autora y su comité de tesis, no hubiera sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que a continuación citaré y muchas de las cuales han sido un soporte muy fuerte en momentos de angustia y desesperación.

Primeramente agradezco a Dios por darme la vida, por estos años vividos, por la experiencia y sabiduría adquirida, por la dicha de ser esposa, madre, abuela y profesionista, por el amor de los míos, por tener a mis padres, por los sueños que me ha brindado, y por permitirme escribir estas líneas.

Quedo especialmente agradecida con mis dos directores de tesis, el Dr. Sergio Gustavo Vargasmachuca, quien me ha ayudado y apoyado en momentos decisivos y la Dra. Crisantema Hernández González Investigador Titular "A" en Nutrición y Alimentación de Peces y Camarones en el CIAD Unidad Mazatlán, por su gran calidad científica y humana, por haberme acogido en su grupo de trabajo y abrirme las puertas de ese mundo fascinante y apasionante de la investigación. Le agradezco de todo corazón su apoyo incondicional y su amistad, pero principalmente; las lecturas, comentarios, direcciones, sugerencias, correcciones y su infinita paciencia, pues, gracias a sus acertadas y oportunas intervenciones he podido elaborar una adecuada memoria de todo el trabajo individual y en equipo realizado durante estos últimos meses.

Mi más sincero agradecimiento al Dr. Diego García Paredes, Coordinador del Posgrado de Ciencias Biológicas Agropecuarias y pesqueras de la Universidad Autónoma de Nayarit, por velar por la integridad de sus estudiantes y darles seguimiento con sumo interés hasta su titulación, como es mi caso.

Pero un trabajo de investigación es también fruto del reconocimiento y del apoyo vital que nos ofrecen las personas que nos estiman, sin el cual; no

tendríamos la fuerza y energía que nos anima a crecer como personas y como profesionales. Por esto, cabe mencionar y agradecer al M.C Gerónimo Rodríguez Chávez Director de la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera de ésta nuestra alma mater, por su apoyo institucional, de amistad y de compadrazgo.

Así mismo, al Secretario General del Sindicato de Personal Académico de la Universidad Autónoma de Nayarit (SPAUAN) al M.C. Porfirio López Lugo, por haberme brindado la oportunidad de figurar orgullosamente entre sus agremiados, y reiterarle de antemano mi reciprocidad ante cualquier situación.

Gracias a mis amigos, que siempre me han prestado un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles de este trabajo y esta profesión; principalmente a la T.S. Diana Sandoval Ceja, por ser más que mi amiga mi hermana; y a la Sra. María Concepción García Rivera por su amistad y trato amable durante su desempeño laboral como encargada de credencialización y afiliación en el área de servicio médicos universitarios.

Quiero recordar también a los estudiantes que al igual que yo realizaron sus proyectos de tesis en la Planta de Alimentos del CIAD-Mazatlán, a cargo de la Dra. Crisantema Hernández y que en orden cronológico han sido: Alan (mi sobrino), Martín, Paul, Cintya, Daniela, Lorena, Yazmín y Asael. Su trabajo y compañerismo también ha sido importante para que esta tesis llegara a buen puerto.

A Diana Caviedes, Vasti Zavalza, Carlos Ramos, al Ing. Rodolfo Valdenebro Esquer, por el apoyo técnico y profesional durante la implementación del laboratorio de biotecnología costera de la Universidad Autónoma de Nayarit. Mil gracias.

Al Capitán Alberto Parra Zamora y al Ing. Pesq. Idelfonso Carrillo propietario del Laboratorio de producción de postlarva de camarón ACUACULTURA INTEGRAL S.A. DE C.V., por sus incondicionales muestras de solidaridad.

La mayor parte del soporte emocional que he necesitado para realizar esta tesis me lo ha proporcionado mi maestro de maestros M. C. Miguel Regalado de Dios (mi esposo); quien además colaboró durante todo el trayecto en mis estudios de maestría, así como en la parte experimental, dedicando muchos fines de semana al trabajo entre laboratorios y bioensayos. No puedo hacer a un lado todo su apoyo, sus comentarios y, sobre todo, la gran ayuda que me ha brindado, consiguiendo que, en la recta final, mi dedicación a la tesis pudiera llegar a ser del 100%. Gracias amor, por tu tolerancia ante mis malos ratos de depresión, stress y problemas que siempre estuvieron latentes durante mis estudios, y por la forma inteligente con que siempre los manejaste, logrando que una y otra vez recuperará el optimismo y el entusiasmo para seguir adelante.

Gracias a mi familia, a mis padres el Sr. Reymundo López Lizárraga y la Sra. Sabina Molina Torres y a mis hermanos Lupita, Raymundo, Rosendo y Ani, por la infancia feliz que con ellos compartí, la cual guardo en el recuerdo como mi más valioso tesoro, por el presente que nos ha tocado vivir lleno de bendiciones y por esa fuerza de voluntad que nos mantiene en pie frente a la lucha de ser y seguir siendo una familia unida y plena; además de ser un aliento para seguir caminando siempre hacia adelante.

A mis abuelos que desde el cielo me protegen abogando por mí ante dios y porque en todo momento no me haga falta esa luz que me guía día a día en mi paso por esta corta vida, ¡abuelita Beatriz va por ti y para ti (como siempre)!.

Pero, sobre todo, a mis hijos (Chayito, Valeria y Miguelito (mi chispy), por su paciencia, comprensión y solidaridad con este proyecto, por el tiempo que me han concedido, un tiempo robado a la historia familiar. A mi nietecita, Aramara por su inocencia y por creer en algún momento que la estaba dejando de querer, porque eso me hacía pisar el suelo y recordar que la maestría no lo era todo en mi vida y que era momento de parar y rescatar mi lado humano. Sin sus apoyos FAMILIA este trabajo nunca se habría escrito y, por eso, este trabajo es también el suyo.

Esta investigación se realizó mediante el proyecto: "Desarrollo y validación de alimentos balanceados para el cultivo intensivo de pargo flamenco y botete diana en jaulas flotantes". Aprobado por fondos de SAGARPA-CONACYT # 109673 y a National Renderers Association, Inc. (NRA) Dirección Latinoamérica, quien funge con fondos concurrentes del proyecto SAGARPA-CONACYT # 109673.

Al Proyecto de Fortalecimiento del Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias de la UAN. Proyecto Nayarit 2006. C01-66170, y

A la empresa MAZINDUSTRIAL S.A de C.V. Por facilitar la harina de atún utilizada en la elaboración de las dietas.

CONTENIDO

PÁGINA

LISTA DE TABLAS

LISTA DE FIGURAS

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1 Clasificación taxonómica de <i>Lutjanus guttatus</i> .	4
2.2 Morfología de la especie	5
2.3 Importancia y descripción de la especie	6
2.4 Hábitos alimenticios reportados en pargos silvestres	7
2.5 Requerimientos nutricionales cuantitativos en la dieta de los organismos marinos	8
2.5.1. Proteína	8
2.5.2. Aminoácidos	9
2.5.3. Carbohidratos	10
2.5.4. Lípidos	11
2.5.5. Vitaminas	11
2.5.3. Minerales	12
2.6. Requerimientos nutricionales reportados en pargo lunarejo.	12
2.7. Evaluación de dietas prácticas en pargos y otras especies marinas.	13
3. HIPÓTESIS	17
4. OBJETIVOS	17
4.1. Objetivo general	17
4.2. Objetivos específicos	17
5. MATERIALES Y MÉTODOS	18
5.1. Área de estudio.	18
5.2. Descripción del sistema experimental.	19
5.3. Parámetros ambientales.	20
5.4. Origen de los organismos.	20
5.5. Diseño experimental.	20

5.6. Análisis químico proximal de los insumos y peces.	21
5.7. Formulación de las dietas experimentales.	22
5.8. Análisis químico proximal de las dietas.	23
5.9. Perfil de aminoácidos de las dietas experimentales	23
5.10. Preparación de las dietas experimentales	23
5.10.1. Diagrama de elaboración de dietas experimentales.	27
5.11. Biometrías y suministro de alimento	28
5.12. Colecta de alimento remanente.	28
5.13. Evaluación Biológica	28
5.14. Análisis estadísticos	29
5.15. Análisis económico	30
6. RESULTADOS	31
6.1. Análisis proximales de las dietas experimentales	31
6.2. Perfil de aminoácidos de las dietas experimentales	32
6.3. Análisis proximal de la carcasa de los organismos	34
6.4. Calidad del agua	35
6.5. Evaluación Biológica	35
6.5.1. Curvas de crecimiento	35
6.5.2. Supervivencia	36
6.5.3. Peso ganado	37
6.5.4. Tasa específica de crecimiento	39
6.5.5. Consumo de alimento individual	41
6.5.6. Tasa de conversión alimenticia	42
6.5.7. Tasa de eficiencia proteica (PER)	43
6.5.8. Utilización aparente del nitrógeno (UAN)	44
6.5.9. Análisis de costos	45
7. DISCUSIÓN	47
7.1. Parámetros Ambientales	47
7.2. Análisis proximal de las dietas experimentales (nutrientes básicos)	47
7.2.1. Proteínas y Lípidos	47
7.2.2. Contenido de Ceniza	47
7.2.3. Humedad	48

7.3. Requerimientos de aminoácidos	49
7.4. Evaluación biológica	51
7.4.1. Peso ganado (PG%), tasa de eficiencia de crecimiento (TEC%), tasa de conversión alimenticia (TCA), tasa de supervivencia (S%) y tasa de retención proteica (PER).	51
8. CONCLUSIONES	56
9. RECOMENDACIONES	58
10. BIBLIOGRAFÍA CITADA	59
11. ANEXOS	73

LISTA DE TABLAS

PÁGINA

Tabla 1. Métodos utilizados para evaluar el crecimiento y eficiencia de utilización del alimento en los experimentos de alimentación de organismos acuáticos.	29
Tabla 2. Composición de las dietas con diferentes inclusión de harina de subproducto de atún (TBM) en sustitución de harina de pescado para pargo flamenco <i>L. guttatus</i> .	32
Tabla 3. Perfil de aminoácidos de las dietas experimentales (AA g 100 g ⁻¹)	33
Tabla 4. Composición del cuerpo de los peces de pargo lunarejo alimentados con dieta a base de harina de pescado y suplementadas con TBM.	34
Tabla 5. Resultados de crecimiento y eficiencia de utilización de alimento por juveniles de pargo lunarejo alimentadas con dietas a base de harina de pescado e incluidas con harina de subproducto de atún (TBM), durante un periodo experimental de 42 días.	36
Tabla 6. Costo específico por Kg de dietas experimentales.	45
Tabla 7. Costo específico por Kg de pez producido M/N	46

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Pargo lunarejo, <i>Lutjanus gultatus</i> .	5
Figura 2. Localización geográfica del CIAD Unidad Mazatlán	18
Figura 3. Sistema experimental para el bioensayo	19
Figura 4. Equipo LECO® FP-520, para determinar proteínas	21
Figura 5. Aparato de extracción marca Foss Tecator Soxtec A vanti 2050.	21
Figura 6. Estufa Craft temperatura 105 °C	22
Figura 7. Mufla Felisa a 550 ± 50° C	22
Figura 8. Molino de martillo utilizado en la molienda	24
Figura 9: Pesaje y mezclado de los ingredientes secos (harinas y microingredientes).	24
Figura 10: Dilución de la lecitina de soya.	25
Figura 11: Proceso de peletización y secado de la dieta base para pargo.	25
Figura 12: Embazado y conservación de la dieta base para pargo.	26
Figura 13: Crecimiento en peso promedio individual de juveniles de pargo flamenco alimentados con dietas a base de harina de pescado suplementadas con harina de subproductos de atún TBM.	35
Figura 14. Tasa de supervivencia de los peces durante los 42 días del experimento.	37
Figura 15. Peso ganado (g) en los peces durante los 42 días del experimento.	38
Figura 16. Peso ganado (%) en los peces durante los 42 días del experimento.	39
Figura 17. Estimador de la velocidad de crecimiento en peso en los peces durante los 42 días del experimento.	40
Figura 18. Análisis de regresión polinomial de segundo orden o cuadrática que relaciona el crecimiento en incremento en peso, con	41

respecto al nivel de reemplazo de harina de pescado por harina de subproducto de atún ($R^2=0,55$; $F=0,35$; $P=0,56$).

Figura 19. Consumo de alimento individual en los peces durante los 42 días del experimento. 42

Figura 20. Tasa de conversión alimenticia en los peces durante los 42 días del experimento. 43

Figura 21. Tasa de eficiencia proteica en los peces durante los 42 días del experimento. 44

Figura 22. Utilización aparente de Nitrógeno (%) en los peces durante los 42 días del experimento. 45

"Sustitución de la harina de pescado con subproductos de atún, en dietas prácticas para juveniles de pargo flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869)"

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó el efecto de sustituir harina de pescado con subproductos de atún (TBM), en el crecimiento, eficiencia del alimento y composición del pargo flamenco *Lutjanus guttatus*. Se formularon y prepararon seis dietas sustituyendo TBM por harina de pescado con niveles de 0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50%, respectivamente. Alimentando ad libitum tres veces al día por 42 días. Los bioindicadores de crecimiento y eficiencia alimentaria evaluados; peso ganado en gramos (PG) y porcentaje (PG%), la tasa de crecimiento específico (TEC) no fueron significativamente diferentes entre los peces que se alimentaron con la dieta D-TBM30, D-TBM20 y D-TBM10 (inclusión de TMP de 30%, 20% y 10%). Sin embargo, estos parámetros disminuyeron significativamente ($P < 0,05$) en peces alimentados con las dietas que contienen TMP en 0%, 40% y 50%. Los peces alimentados con la dieta D-TBM30 obtuvieron la mejor tasa de conversión alimenticia (TCA) con un menor consumo de alimento individual (CAI). Mientras que la tasa de retención proteica y utilización aparente de nitrógeno (UAN) fue estadísticamente igual en todos los tratamientos.

Con los resultados de este estudio se demostró que los subproductos de atún reducidos en harinas (TBM) son nuevos ingredientes alternativos para la sustitución de harina de pescado en alimento para pargo flamenco *Lutjanus guttatus*, sin afectar negativamente el crecimiento y la supervivencia de los organismos.

Palabras claves: fuentes alternativas de proteínas, subproductos de harina de atún (TBM), *Lutjanus guttatus*.

1. INTRODUCCIÓN

Según la FAO el crecimiento de la población, urbanización y el aumento de los ingresos per cápita han hecho que el consumo mundial de pescado se triplicara durante el periodo 1961-2001, aumentando de 28 a 96,3 millones de 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.

Tal crecimiento ha provocado que la explotación de muchas especies marinas haya alcanzado su rendimiento máximo sostenible, mientras que otras especies son sobre-explotadas y están en peligro de extinción. Por eso, el hombre ha recurrido al cultivo artificial de algunas de ellas, como una forma de preservar las poblaciones naturales y lograr el incremento en la producción de alimentos que se requiere (Rosenberry, 2004).

Aunado a ello; la demanda de alimentos balanceados en la acuicultura a escala mundial ha tenido un incremento notorio. No obstante que todos los ingredientes son importantes, la proteína de origen animal es el insumo que se incrementa de manera sustancial y por lo tanto repercute en la rentabilidad del cultivo, ya que puede representar entre un 40 y 60% de los costos de operación.

Considerando lo anterior, existe un progresivo interés tanto de la industria de los alimentos como de los acuicultores para tratar de disminuir el costo del alimento, y por ello, se han venido formulando objetivos en torno a la identificación de nuevas fuentes de proteína, certificación de su valor nutricional e innovación de métodos para su transformación. Esto deberá repercutir en la disminución de los niveles de harina de pescado en los alimentos acuícolas mediante la sustitución, aunque sólo en forma parcial, por las fuentes de proteína alternativas (De la Higuera, 1985).

La búsqueda de nuevas alternativas para sustituir parcial o totalmente la proteína de origen animal, ha dado lugar a diversas investigaciones que se han enfocado básicamente en aquellos productos que se generan por un lado en las actividades agrícolas tales como las semillas de plantas y los granos de leguminosas, y por el otro lado, el uso de subproductos derivados de las actividades pesqueras (El-Sayed, 1999).

En México por ejemplo, la industria atunera procesa un promedio de 35,000 t anuales de atún aleta amarilla (*Thunus albacares*) y atún barrilete (*Euthynnus pelamis*). De éstas el 52-54% son descartadas como subproductos que incluyen cabezas, aletas, piel, carne negra y vísceras (Hernández *et al.*, 2004), señalándose a las vísceras (intestino y estómago) como el material de mayor contenido proteínico (70.77%) que representan aproximadamente del 5-6% del total de los desechos producidos que se depositan en el ambiente, sin recibir tratamiento alguno afectando severamente el entorno ecológico.

Debido a la escases de investigaciones enfocadas a la utilización de subproductos generados de las actividades pesqueras en dietas balanceadas para especies marinas cultivadas de interés comercial; se ha motivado el presente trabajo de investigación en el que se evaluó nutricionalmente el uso de subproductos de atún como sustituto de harina de pescado en dietas prácticas para juveniles de pargo flamenco *Lutjanus guttatus*.

2. ANTECEDENTES

La acuicultura tiene una historia de 4.500 años, pero ha sido desde hace 50 cuando se ha convertido en una actividad económica relevante. Su contribución al suministro mundial de pescado, crustáceos y moluscos crece imparable año tras año. Según estadísticas de la FAO, ha pasado del 5,2% de la producción total en 1970 al 34,1% en 2002.

En México la acuicultura ha adquirido mayor importancia en los últimos años, arrojando beneficios sociales y económicos, los cuales a su vez se han traducido en una fuente de alimentación con un elevado valor nutricional. Sin embargo, el 80% de los cultivos que se llevan a cabo son de tipo extensivo de rendimiento bajo. La acuicultura dulceacuícola es la que más se ha desarrollado y se tienen algunos casos de cultivo de especies de aguas marinas y salobres (Álvarez, 1999).

Respecto al cultivo comercial en jaulas en el mar este tuvo su inicio en Noruega en la década de 1970 con el surgimiento y desarrollo de la cría de salmón (Beveridge, 2004). El sector de la acuicultura en jaulas ha crecido rápidamente en la actualidad velozes cambios como respuesta a las presiones de globalización y a la creciente demanda de productos acuáticos tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados. Se prevé que el consumo de pescado en los países en desarrollo se incremente un 57%, de 62,7 millones de toneladas en 1997 a unos 98,6 millones en 2020 (Delgado *et al.*, 2003).

En nuestro país dicha actividad se lleva a cabo en la modalidad de engorda de peces marinos en jaulas y se está ampliando en las costas del Pacífico. Los atunes, *Thunnus albacares* y *T. thynnus*, y el jurel, *Seriola lalandi*, son por el momento las especies que más se trabajan principalmente frente a las costas de ensenada, seguida del cultivo de pargo raicero (*Lutjanus aratus*); pargo alazán (*L. argentiventris*); pargo flamenco (*L. guttatus*) y huachinango del Pacífico (*L. peru*) en jaulas flotantes, en nueve estados del Pacífico mexicano:

Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca (Ávilés *et al.*, 1995; 2000).

Hasta la fecha, el estado del cultivo de los pargos, a nivel nacional, ha sido de ciclo incompleto, pues, depende de la captura de juveniles silvestres, de su distribución y temporalidad en el área de colecta y de la inestabilidad de su pesca, sumando la ausencia de un alimento específico, que garantice la calidad (color, sabor y textura del músculo de los pargos), de una estandarización y protocolos de cultivo para la obtención de un producto de calidad a la cosecha.

Sin embargo, centros de investigación como el CIAD (Centro de Investigación de Alimentación y Desarrollo) Unidad-Mazatlán, actualmente cuenta con la operación de una planta de reproducción de pargo flamenco, y por consiguiente, la producción de "semilla" de esta especie. Además, de una planta de alimentos en la que se ha elaborado el tipo de alimento con los aspectos nutricionales que la especie requiere; la instalación de un módulo de jaulas flotantes (previa caracterización del área de cultivo, capacitación y entrenamiento práctico a los productores en la aplicación de buenas prácticas de alimentación, higiene, sanidad y responsabilidad con el ambiente para mantener la calidad del área de cultivo y del producto a cosechar durante la ejecución del proyecto) frente a la costa de La Isla de la Piedra en el que se dará seguimiento al crecimiento y engorda del pargo, con el fin de avalar la calidad de la procedencia al producto cosechado y darle valor agregado.

2.1 Clasificación taxonómica de *Lutjanus guttatus*

Clasificación correspondiente al pargo flamenco según Thomson *et al.*, (2000) es la siguiente:

Phyllum:	Chordata
Subphyllum:	Vertebrata
Superclase:	Gnathostomata
Grado:	Teleostomi
Clase:	Actinopterygii
Subclase:	Neopterygii
División:	Teleostei
Subdivisión:	Elopomorpha
Orden:	Perciformes
Suborden:	Percoidei
Superfamilia:	Percoidea
Familia:	Lutjanidae
Subfamilia:	Lutjaninae
Género:	Lutjanus
Especie:	guttatus (Steindachner, 1869)

2.2 Morfología de la especie

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT



SISTEMA DE BIBLIOTECAS



Figura 1. Pargo flamenco *Lutjanus guttatus*.

Es un pez de Cuerpo oblongo, moderadamente comprimido; cabeza triangular con hocico puntiagudo y boca terminal; ligeramente protráctil y labio grueso, provista de fuertes dientes coniformes en ambas mandíbulas y otros más pequeños en el paladar, la aleta dorsal es única y sus porciones anteriores

(compuestas por espinas) y posterior (formada por radios blandos) estas son claramente distinguibles, la anal posee tres espinas anteriores bien desarrolladas y es de forma similar a la parte blanda de la dorsal; la caudal es truncada o ligeramente escota; las pélvicas son torácicas y el péndulo caudal robusto. Su coloración variable y facilita la identificación de las distintas especies; unas de las características de los juveniles de pargo es la presencia de una mancha oscura por debajo del extremo de la porción blanda de la dorsal.

2.3 Importancia y descripción de la especie

Los pargos constituyen una familia grande (alrededor de 21 géneros y 125 especies) de peces marinos de aguas templadas y que son altamente preciados como alimento. La mayoría de los pargos son habitantes de arrecifes poco profundos, pero varias especies, especialmente en su etapa juvenil, habitan en estuarios de manglar. Algunos, tales como los pargos rojos explotados comercialmente, son peces de fondos de agua profundos y muy poco habitan aguas medianas. Sus requerimientos de alimento y hábitat son bastante generalizados y por lo general ellos vagan por la ribera sobre una variedad de tipos de fondos. Los juveniles son encontrados en estuarios y lagos, alrededor de muelles en puertos y en zonas rocosas de marea.

En México la pesquería de pargos o huachinangos se compone de 13 especies, de las cuales existen 7 en el Océano Pacífico y 6 en el litoral del Golfo de México.

En el Océano Pacífico se distribuyen: el huachinango ojo amarillo (*L. viridis*) desde Cabo San Lucas, B.C.S. hasta la Isla Galápagos; el huachinango verdadero (*L. peru*), desde las costas de Baja California hasta las de Ecuador; el pargo amarillo o coyotillo (*L. argentiventris*) de Baja California al norte de Perú; el pargo colorado o listoncillo (*L. colorado*) de Baja California a Panamá; el pargo lunarejo (*L. guttatus*) del Golfo de California a Isla Galápagos.

En las costas del Golfo de México se localizan el huachinango del golfo o pargo colorado (*L. campechanus*) que se distribuye desde Cabo Hateras, Estados

Unidos, hasta las costas del Golfo de México; el huachinango aleta negra o pargo criollo (*L. analis*) que se encuentra desde las costas de Massachusetts hasta Río de Janeiro, Brasil; el pargo caucha (*L. synagrus*) de Carolina del Norte y Bermudas a las costas del Golfo de México y Brasil; por último la rabirrubia o rubia (*Ocyurus chrysurus*) que se distribuye desde Massachusetts hasta Brasil (Cifuentes *et al.*, 1997).

2.4 Hábitos alimenticios reportados en pargos silvestres

Los miembros de la familia Lutjanidae son depredadores con hábitos alimentarios diferentes, según determinaron Polovina y Ralston (1987). Todos son carnívoros, principalmente ictiófagos, aunque consumen una gran variedad de organismos bentónicos, entre ellos los crustáceos (Randall, 1967). Por otro lado, Sierra y Popova (1997) mencionan que los juveniles de cinco especies de pargos del Golfo de Nicoya, Costa Rica, presentan una alta similitud en la composición de sus dietas.

En el Pacífico sur de México, Santamaría Miranda y Rojas-Herrera (1994b) observaron un descenso marcado de la intensidad de alimentación al inicio de la actividad reproductiva de *L. guttatus* en la costa del estado de Guerrero. Santamaría-Miranda y Rojas-Herrera (1994a) encontraron una estrecha relación entre la alimentación y la actividad reproductiva de *L. peru* en la costa del estado de Guerrero. Díaz-Urbe (1994) determinó que *L. peru* en las bahías de La Paz y la Ventana, en B.C.S., basa su alimentación en organismos planctónicos.

Allen (1985) menciona que los pargos son depredadores activos y que se alimentan principalmente durante la noche de una gran variedad de organismos, pero fundamentalmente de peces pequeños.

2.5 Requerimientos nutricionales cuantitativos en la dieta de los organismos marinos

La investigación en nutrición dulceacuícola ha avanzado mucho en los últimos años, en contraste, con la poca información concerniente a los requerimientos nutricionales cuantitativos en la dieta de los peces marinos principalmente. Las líneas de investigación actuales se enfocan a requerimientos nutricionales de las larvas al iniciar su alimentación, durante la fase de engorda en cultivos semi-intensivo o intensivo y a los reproductores en cautiverio.

Alimentar significa suministrarles a los organismos todos los nutrientes y cantidades que precisan para cada estadio de acuerdo a la especie y sus hábitos alimenticios. Nutriente es cada sustancia que sirve como fuente de energía metabolizable que utilizan para el crecimiento, reparación de los tejidos o para el mantenimiento de las funciones corporales (Fernández *et al.*, 1993).

2.5.1. Proteína

De acuerdo a Tucker (1998), el pez debe de consumir la suficiente cantidad de proteína para satisfacer sus requerimientos durante el crecimiento. En conformidad a los resultados reportados, para la mayoría de los peces marinos de hábitos carnívoros, el rango que necesitan es de 50 a 60 % de contenido proteico en la dieta. Aunque algunas especies pueden requerir una mayor cantidad de proteínas en el alimento en tanto la temperatura se incremente.

Los requerimientos proteicos para el crecimiento varían con la especie y la talla, por ejemplo, la dorada de un año requiere del 40% de proteínas en la dieta; mientras que la lubina requiere el 52%.

La razón de producir alimentos ricos en proteínas animal es por su aporte de energía, sin embargo, su costo es elevado, por lo que se están evaluando la eficiencia de fuentes alternas de proteína vegetal y subproductos pecuarios y marinos para la elaboración de la dieta y abaratar el costo de producción.

2.5.2. Aminoácidos

Los aminoácidos desempeñan un importante papel en el metabolismo celular, ya que todas las reacciones bioquímicas son catalizadas por enzimas constituidas por residuos de aminoácidos. Los aminoácidos son esenciales para el metabolismo lipídico y de carbohidratos, para la síntesis de proteína tisular y de otros compuestos muy importantes (p. ej. adrenalina, tiroxina, melanina, histamina, porfirinas-hemoglobina, pirimidinas y purinas - ácidos nucleicos, colina, ácido fólico y ácido nocitínico-vitaminas, taurina-sales biliares, etc.) y como fuente metabólica de energía (Tacon, 1989).

El contenido de aminoácidos en las dietas, depende de los ingredientes ya que estos se diferencian unos de otros no sólo en el contenido de proteína bruta, sino también y de una forma sustancial en su composición de aminoácidos.

Los ingredientes de origen animal como por ejemplo la harina de pescado, se caracterizan por su excepcional contenido de lisina y aminoácidos azufrados, mientras que los insumos de origen vegetal y muy especialmente las tortas de soya se caracterizan por ser deficitarios en metionina y cistina.

Los aminoácidos esenciales deben suministrarse necesariamente en la dieta, puesto que el organismo no puede sintetizarlos por sí mismo.

Las especies salmonídeas tienen un requerimiento de al menos 10 aminoácidos esenciales. Además, cada especie acuícola animal requiere una combinación de aminoácidos determinada. El requerimiento en aminoácidos no es una cantidad fija, sino que depende de factores como la edad, sexo, variedad genética, nivel de rendimiento, entre otros.

Los principales aminoácidos esenciales en nutrición acuícola son: la arginina, lisina, metionina y el triptófano (Castro, 1994).

2.5.3. Carbohidratos

Los carbohidratos son un grupo muy numeroso de compuestos energéticos que los peces no pueden asimilar con efectividad como los animales terrestres (los peces segregan insulina en muy bajas cantidades provocada por la lenta actividad de las enzimas α -amilasas), según Young, 2005.

Así, para especies tales como la trucha, conforme aumenta la proporción de almidón en la dieta, disminuye su digestibilidad (Singh y Nose, 1967; Bergot y Breque, 1983). Aún más, en ensayos de alimentación de mayor duración con peces carnívoros (p. ej. salmónidos) se ha observado que elevados niveles de carbohidratos en la dieta, disminuyen el crecimiento, elevan los niveles de glucógeno en hígado y eventualmente causan mortalidad. Por el contrario los peces omnívoros o herbívoros de agua caliente, tales como la carpa (*C. carpio*), bagre de canal (*I. punctatus*), tilapia (*O. niloticus*) y la anguila (*A. japonica*) han mostrado ser más tolerantes para niveles elevados de carbohidratos; siendo utilizados más eficientemente los carbohidratos como fuente de energía o bien el exceso es almacenado en forma de lípidos corporales (Chiou y Ogino, 1975; Robinson y Wilson, 1985; Anderson et al., 1984; Degani, Viola y Levanon, 1986).

Debido a esto, en peces y camarones no se ha determinado un requerimiento absoluto de carbohidratos en la dieta, en contraste con lo establecido para las proteínas y lípidos, nutrientes para los cuales ya se han establecido requerimientos dietéticos específicos para ciertos aminoácidos y ácidos grasos esenciales.

A pesar de que los carbohidratos pueden ser considerados nutrientes no esenciales en la dieta de peces y crustáceos, su inclusión en las dietas de engorda está garantizada debido, a que representan una fuente económica de energía dietética muy valiosa para aquellas especies de peces y crustáceos no carnívoras; a que mediante su uso cuidadoso en dietas para engorda puede representar un ahorro en la utilización de proteína; al ser empleados como

ligantes sirven como constituyentes dietéticos esenciales, para la elaboración de dietas estables en el agua (por ejemplo: almidón gelatinizado, alginatos, gomas) y por último, porque ciertas fuentes de carbohidratos sirven como constituyentes dietéticos que aumentan la palatabilidad del alimento y disminuyen el contenido de polvo el alimento terminado (p. ej. melaza de caña o remolacha) (Tacon, 1989).

2.5.4. Lípidos

Se ha determinado que los peces toleran elevados contenidos grasos, aunque un exceso en la dieta provoca una disminución de la calidad del pescado. Por lo que el nivel de grasa recomendable en la dieta se encuentra en el rango de 10 a 20% dependiendo de la especie. El alimento deben contener entre un 0.01 y 0.02 % de antioxidantes para evitar la oxidación de los lípidos, la que puede ocurrir durante su elaboración, el almacenamientos, o al suministrar el alimento.

Los ácidos grasos son una categoría especial de lípidos que tienen una función muy importante, ya que intervienen en el crecimiento al formar las membranas celulares y porque tienen funciones metabólicas. Existen una serie de ácidos grasos esenciales, los cuales son los ácidos grasos poliinsaturados de 20 átomos de carbono en su molécula (Castelló-Orvay 1993).

2.5.5. Vitaminas

Los peces, al igual que el hombre, necesitan vitaminas para su metabolismo. Si hay carencia de estos nutrientes en la ración se pueden producir enfermedades carenciales que pueden ocasionar una gran tasa de mortalidad.

Cabe destacar que si las deficiencias vitaminas son menores se producen pérdidas económicas difícilmente detectables en el momento, pero se refleja al obtenerse una menor conversión del alimento.

Los requerimientos cuantitativos de vitaminas no están claramente definidos además, la composición de vitaminas puede variar notablemente entre las dietas, según la especie en la que se vaya a suministrar.

Normalmente se recomienda usar un premix comercial para reducir la probabilidad de deficiencia de vitaminas (Castro, 1994).

2.5.6. Minerales

Los minerales tiene funciones estructurales (crecimiento) y metabólicas. Proceden de alimentos y del agua en donde viven los organismos, éstos pueden denominarse como macrominerales (Cloruro, sodio, calcio, fósforo, magnesio, potasio, azufre) y microminerales que suelen actuar como coenzimas (hierro, iodo, cobalto, cobre, flúor, manganeso, molibdeno, selenio, zinc). Los macrominerales se adicionan en un rango de 0.1% y 2% del peso seco de la dieta, mientras que los microminerales se adicionan en menos del 0.0008% de la dieta (Castelló-Orvay, 1993).

Al igual que las vitaminas se recomienda usar un premix comercial para reducir la probabilidad de deficiencia de minerales.

2.6. Requerimientos nutricionales reportados en pargo lunarejo.

En cuanto a los requerimientos nutricionales para juveniles de pargo flamenco en cautiverio existen algunos trabajos realizado en el CIAD-Mazatlán; Villa-López, (2005) determinó los requerimientos de proteína y lípidos para subadultos (140g) silvestres de flamenco. En forma separada llevaron a cabo dos experimentos para evaluar dietas semi-puras con variaciones en los niveles de proteína (30, 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 de 11%.

Sandoval-Valle, (2005); formuló una dieta experimental con un nivel de 42% de proteína y 11% de lípidos para probarla alimentando peces de pargo flamenco de origen silvestre con peso inicial promedio de 116.2 ± 1.9 g, observar la respuesta de esta especie a la dieta y al mismo tiempo probarla con dos dietas comerciales (Api-camarón y A. Lobina). Los resultados mostraron que la dieta comercial A. 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-camarón. La tasa de crecimiento específica y la tasa de eficiencia proteica también se vieron mejoradas con la dieta comercial A. Lobina, sin embargo no se presentaron diferencias significativas en el consumo de alimento y la supervivencia.

García-Ortega, (2009), menciona que *Lutjanus guttatus* y el botete diana tienen hábitos alimenticios carnívoros y requieren niveles altos de proteína en sus dietas, de 40% a 45% (peso seco) en *Lutjanus guttatus* y alrededor del 50% para el botete diana, que en etapas más jóvenes requieren niveles de proteína más altos.

Abdo et al., (2010); determinaron los requerimientos nutricionales evaluando el efecto de diferentes niveles de proteína y lípidos totales en la dieta sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles de pargo flamenco (peso promedio = 2.2 ± 0.1 g) producidos en laboratorio. Formulando nueve dietas semi-puras con tres niveles de proteína (40, 45 y 50%) y tres niveles de lípidos (9, 12 y 15%), con las cuales alimentaron durante ocho semanas. Resultando que los juveniles de pargo flamenco requieren por lo menos 45% de proteína y 9% de lípidos totales en la dieta, para su mayor crecimiento y supervivencia.

2.7. Evaluación de dietas prácticas en pargos y otras especies marinas.

Existen investigaciones realizadas en el CIAD-Mazatlán realizadas por:

Hernández-Mendoza, (2007), formuló dos dietas con el nivel de proteína (45%) y lípidos (12%), utilizando calamar en una dieta y gónada de atún en la otra, como fuente proteica, observando que los pargos flamencos alimentados con la

dieta de calamar obtuvieron el mayor incremento en peso, mejor tasa de conversión alimenticia, tasa de eficiencia proteica y una supervivencia mayor al 80% en todos los tratamientos.

Hernández *et al.*, (2010), evaluaron bajo condiciones experimentales la eficiencia nutricional y económica de dietas practicas con ingredientes proteicos de origen marino y pecuario para la alimentación de juveniles de pargo flamenco (*Lutjanus gultatus*), con un peso promedio de $8.23 \pm 0.02g$, producidos en laboratorio; alimentados con cuatro dietas isoproteicas (51%) e isolipídicas (18%), utilizando como fuente proteica harina de pescado (HP), harina de subproductos de atún (TBM), harina de subproductos de ave (PBM) y harina de subproductos de carne y hueso (MBM). Además, de una dieta comercial como dieta referencia (KONA) como grupo de comparación. Los autores reportaron que el mayor incremento en crecimiento en peso se presentó en los peces alimentados con la dieta PBM ($61.2 \pm 1.5g$), la cual no presentó diferencias significativas con el incremento obtenidos por los pargos alimentados con el resto de las dietas experimentales; por otro lado, el tratamiento con menor incremento en peso fue el que se alimento con la dieta comercial ($33.3 \pm 2.3g$) el cual si presentó diferencias significativas al resto de las dietas ($P < 0.001$). La tasa de crecimiento ($743.9 \pm 17.35\%$), tasa de crecimiento especifica ($2.37 \pm 0.02\%$), la tasa de conversión alimenticia (1.19 ± 0.02), consumo de alimento (72.71 ± 0.88) y una supervivencia del 100%, favorecieron a la dieta PBM, sin embargo, no se presentaron diferencias significativas con el resto de las dietas experimentales, pero si con la dieta referencia.

Hernández *et al.*, (2010), determinaron los coeficientes aparentes de digestibilidad (ADCs) de proteína cruda (ADC-CP), lípidos crudos (ADC-LC) y materia seca ADC-MS, evaluaron siete ingredientes proteicos (harina de pescado (FM); harina de canola (canola); harina de subproductos de carne y hueso (MBM); harina de subproducto de atún (TBM); harina de subproductos de cerdo (PM); harina de subproductos de ave (PBM) y harina de soya (SBM), utilizando un método indirecto, con dietas que contenían un 0.5% de oxido de

cromo como un indicador non-absorbable. La dieta referencia fue formulada con los requerimientos de proteina y lipidos para pargo flamenco. Las dietas experimentales fueron preparadas utilizando 700 kg⁻¹ de la dieta referencia y 300 kg⁻¹ de cada ingrediente proteico. Resultando que los coeficientes de digestibilidad aparentes (ADCs) de proteina cruda (ADC-CP), lipidos y materia seca, fueron significativamente más altos en la harina de pescado, seguido por la harina de subproductos de atún (TBM), PBM y harina de soya; mientras que el coeficiente de digestibilidad aparente de proteina cruda fueron más bajos para la MBM y PM que el resto de los ingredientes. Esto último debido a un alto contenido de ceniza, lo que pudo afectar directamente en su digestibilidad.

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

Hernández *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 proteina aproximadamente, así mismo, se utilizó una dieta comercial como dieta control, la cual presentaba 46% de proteina. Los autores no encontraron diferencias significativas en los índices nutricionales evaluados entre los cinco tratamientos.

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 anfipodo o harina de "krill" y obtienen al igual que con el pargo australiano que el peso final en los peces disminuye conforme disminuye el porcentaje de incursión 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 remplace la harina de pescado por no más del 30% por cualquiera de las dos harinas.

Uyan *et al.*, (2007), evaluaron la sustitución de TBM (harina de subproducto de músculo de atún) por harina de pescado para evaluar su calidad, nivel de la sustitución y carga de fósforo para juveniles de Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) con un peso promedio de $(3.60 \pm 0.04g)$ durante 40 días. Formularon cinco dietas con diferentes niveles de inclusión de subproductos de atún, para reemplazar 0%, 25%, 50% y 100% de la harina de pescado, reportando que la ganancia en peso, la tasa de crecimiento específica y el consumo de alimento no presentó diferencias significativas entre los peces alimentados con la dieta control (0% TMP), el 25% y el 50% TMP que contenían las dietas. Sin embargo, estos parámetros disminuyeron significativamente ($P < 0.05$) en los peces alimentados con las dietas con niveles de sustitución de TMP de 75% y 100% con o sin los suplementos de fósforo. Observando también que el nivel de histidina libre en el músculo de los peces aumentó con el incremento de niveles de TMP mientras que otros aminoácidos libres disminuyeron; la carga de fósforo (p) disminuyó con el aumento de nivel de TMP en las dietas. Demostrando que TMP es un ingrediente prometedor de la alimentación para reducir la carga de P en el ambiente, y podría sustituir el 50% de proteína de harina de pescado sin la reducción de los funcionamientos biológicos de la especie de estudio, dando por resultado una carga más baja de fósforo (TMP50%) comparada con la presente en la dieta control.

3. HIPÓTESIS

La harina de subproductos de atún incluidos a una dieta basada en harina de pescado para pargo *Lutjanus guttatus* afectan de manera positiva su desempeño productivo y su costo unitario de alimentación.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Evaluar nutricionalmente el uso de subproductos de atún como sustituto de harina de pescado en dietas prácticas para juveniles de pargo *Lutjanus guttatus*.

4.2 Objetivos específicos

1. Formular y elaborar dietas prácticas con diferentes niveles de reemplazo de subproductos de atún 0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de la harina de pescado (D-TBM0, D-TBM10, D-TBM20, D-TBM30, D-TBM40 y D-TBM50).
2. Determinar los análisis proximales y el perfil de aminoácidos de las dietas experimentales.
3. Evaluar la eficiencia nutricional de las dietas prácticas sobre el crecimiento, conversión alimenticia, supervivencia y eficiencia proteica de juveniles de $6g \pm 1.6g$ de pargo flamenco en condiciones de cautiverio.
4. Analizar el impacto económico de la inclusión de harina de subproductos de atún en dietas prácticas para pargo, debido a que la proteína es el ingrediente de mayor costo en un alimento comercial.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Área de estudio

El presente trabajo se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental (CIAD) (figura 2), en el Laboratorio de Nutrición y la Planta de Alimentos.

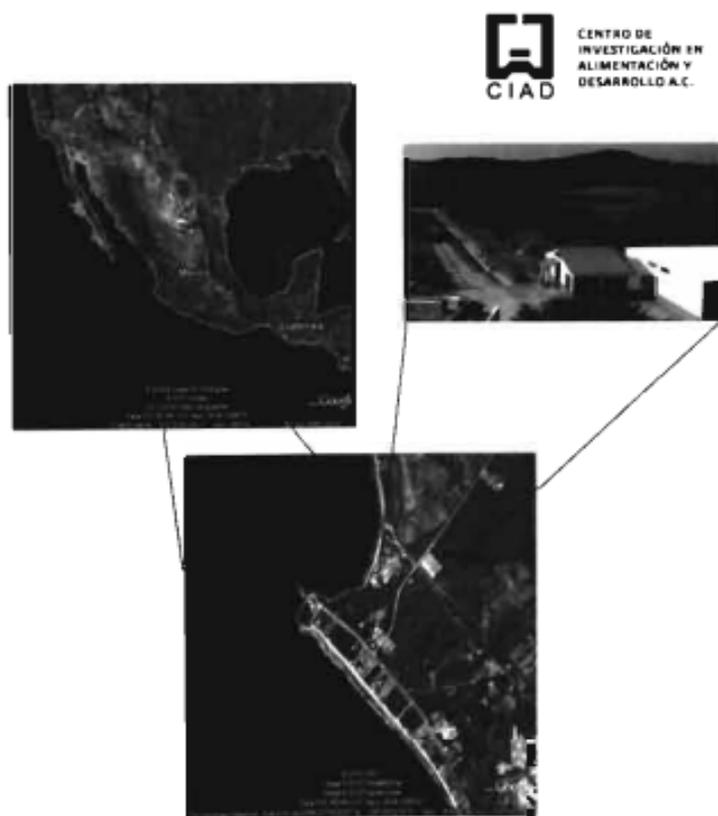


Figura 2. Localización geográfica del CIAD Unidad Mazatlán

5.2. Descripción del sistema experimental

El sistema experimental utilizado en esta investigación, se localizó en las instalaciones del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Constituido por 24 tanques cilíndricos de fibra de vidrio (59 cm de diámetro y 44 cm de altura), color negro de fondo claro, plano y un volumen útil de 120.30 L; cada uno con un drenaje central de $\frac{3}{4}$ " cubierto con malla-sombra de 0.51 cm para evitar la salida de los peces y a la vez permitir la limpieza de los tanques.

El sistema de llenado de los tanques consistió en una línea principal de tubo de PVC hidráulico de 1", la cual contaba con 24 válvulas de PVC con una manguera plástica transparente de 5 mm de diámetro cada una, para controlar un flujo promedio de agua de 14.82 ml/seg, produciendo un recambio total de 1000% al día, además de una continua aireación (5-6 mg/L) utilizando piedras difusoras de poro fino para un mejor aprovechamiento del aire.

El abastecimiento de agua para este sistema provenía del mar 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. Sistema experimental para el bioensayo.

5.3. Parámetros ambientales

Durante el experimento se monitorearon diariamente la temperatura del agua y el oxígeno disuelto utilizando el equipo YSI modelo 55/12FT con una precisión de 1° C y 0.1 mg/L; la salinidad por medio de un refractómetro Atago S/Mill-E ambos dispositivos debidamente calibrados según las instrucciones del manual y el pH, con un potenciómetro Beckman, con una precisión de 0.001 unidades. Antes de suministrar la primera ración de alimento al día, se registró la mortalidad y de los tanques se retiró todo restos de materia orgánica presente, con el fin de mantener una buena calidad de agua y prevenir alteraciones en los resultados por contaminación.

5.4. Origen de los organismos

Los organismos fueron adquiridos a la empresa Alevines de México S.A. de C.V., la cual desarrolló el cultivo larvario de acuerdo a los protocolos previamente establecidos en CIAD Unidad Mazatlán.

5.5. Diseño experimental

Se emplearon organismos con un peso promedio de 6g ± 1g provenientes de la empresa "Alevines de México, S.A de C.V" ubicada en el CIAD-Mazatlán. Durante una semana de aclimatación, previa al experimento se alimentaron con una dieta referencia "NUTRICIAD" específica para pargo flamenco. Los ejemplares se seleccionaron de acuerdo a un peso y talla homogéneos.

El diseño experimental fue distribuido completamente al azar, mediante sorteo sin reemplazo, con cuatro repeticiones con una duración de seis semanas, manejándose una densidad de 10 organismos por tanque.

Se tomó como día 1 del bioensayo, el tercer día después de alimentarse con la dieta correspondiente a cada tanque esperando que los peces aceptaran al óptimo el alimento suministrado.

5.6. Análisis químico proximal de los insumos y carcasa inicial y final de los peces.

Se realizaron análisis proximales (proteína, lípidos, humedad y ceniza) a los insumos (harina de pescado, harina de atún, harina de calamar y harina de krill) en el laboratorio de bromatología del CIAD Unidad-Mazatlán, siguiendo los métodos de análisis proximal descritos por la AOAC 2000.

El contenido de proteína se evaluó a partir de la determinación de nitrógeno proteico en las muestras mediante el método de combustión utilizando un equipo Leco FP-528 (Anexo 1).



Figura 4. Equipo LECO® FP-520, para determinar proteínas.

Los lípidos se analizaron por medio del equipo micro Soxhlet, en el cual, mediante el éter de petróleo se extrajeron las grasa de las muestras (Figura 3).



Figura 5. Aparato de extracción marca Foss Tecator Soxtec A vanti 2050.

Para el análisis de humedad, las muestras se mantuvieron a 105° C por 12 horas en una estufa Craft, y el valor de las cenizas se obtuvo calcinando las

muestras en una mufla marca Felisa a $550 \pm 50^\circ \text{C}$ por un periodo de 12 horas (Anexo 1).



Figura 6. Estufa Craft temperatura 100°C



Figura 7. Mufla Fessa a $550 \pm 50^\circ \text{C}$

Antes de iniciar el experimento, para analizar la carcasa de los peces se tomaran diez peces al azar como muestra inicial, y al final se eligió un pez por tanque, es decir, cuatro por tratamiento, mismos que se sacrificaron mediante la técnica por choque térmico (colocándolos en hielo), se lavaron con agua destilada para su congelado, se molieron hasta obtener un macerado completamente homogéneo y por último, se les realizaron los análisis proximales como se han descrito anteriormente (Tabla 4).

5.7. Formulación de las dietas experimentales

Una vez obtenidos los análisis proximales de los insumos, se diseñaron seis dietas experimentales isoproteicas (49%) e isolipídicas (15%). Se formularon con diferentes niveles de reemplazo de harina de atún para reemplazar 0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de la harina de pescado (D-TBM0, D-TBM10, D-TBM20, D-TBM30, D-TBM40 y D-TBM50) (Tabla 2).

5.8. Análisis químico proximal de las dietas

Una vez elaboradas las dietas, se pulverizaron aproximadamente 100g de cada una de ellas en un mortero y se pasaron por un tamiz de 300mm, se empacaron en bolsas de plástico y se llevaron al laboratorio de bromatología del CIAD Unidad-Mazatlán, para realizar los análisis químicos proximales de las dietas descritos por la AOAC 2000. Los resultados de las muestras se indican en la Tabla 2.

5.9. Perfil de aminoácidos de las dietas experimentales

El perfil de aminoácidos de las dietas se determinó de acuerdo a la técnica para la detección y cuantificación de aminoácidos por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) en el Laboratorio de Nutrición de CIAD-Hermosillo. Para ello se empleó el sistema de cromatografía líquida Varian (Palo Alto, CA), el cual consiste en un modelo 9012 de alta resolución, que requiere de un detector Varian 9075 de Fluorescencia, un inyector de capacidad de 10 µl de volumen y una columna ODS RPC C18 10cm x 4.6 mmID, 3 µm, 100 Å. La fase móvil consiste en dos solventes, solvente A: metanol y el solvente B: buffer de acetato de sodio (0.1 M, pH 7.2), metanol y tetrahidrofurano, los cuales son empleados como un modificador orgánico (900:95:5 v/v/v), (Sigma Chemical Co.). La identificación y cuantificación de los aminoácidos se dio comparando el tiempo de retención de la muestra contra los del estándar. Para ello, el sistema de cromatografía se conectó a un Software (Varian Star Chromatography versión 4.0) donde se reportaron las lecturas de los picos en áreas (Ver Anexo 2).

5.10. Preparación de las dietas experimentales

Las dietas experimentales se elaboraron en la Planta de Alimentos del CIAD- Unidad Mazatlán, siguiendo el siguiente protocolo de elaboración:

La molienda; reduciendo el tamaño de los insumos con ayuda de un molino de martillos (harina de pescado, atún, krill y calamar); logrando obtener una

mezcla homogénea, de tal manera que en la ración diaria se encuentren presentes todos los componentes y en la proporción adecuada (Figura 6).

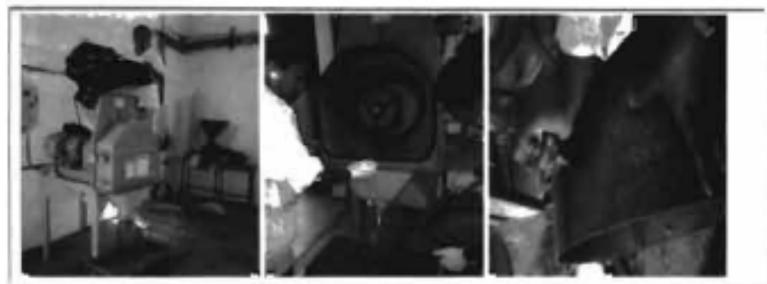


Figura 8. Molino de martillo utilizado en la molienda

Mezclado: los macro-ingredientes se pesaron de acuerdo a la formulación de la dieta en una báscula OHAUS modelo Scout™Pro Max. 2000g con una precisión de 0.01g y los micronutrientes en una báscula analítica marca Sartorius modelo TE2145 Max. 210g y una precisión de 0.1 mg, enseguida se mezclaron homogéneamente en una batidora Hobart, modelo AT-200 de 5 kg de capacidad, (Figura 7), primero las harinas y posteriormente los microingredientes, ambos por un periodo máximo de 10 minutos.



Figura 9: Pesaje y mezclado de los ingredientes secos (harinas y microingredientes).

Posteriormente se agregó el aceite de pescado, así como; la lecitina de soya previamente adelgazada mediante el proceso conocido comúnmente como

baño maría, mezclando rigurosamente por 10 minutos. Adicionando poco a poco agua hasta alcanzar una masa homogénea y consistente.



Figura 10: Dilución de la lecitina de soya.

Pelletización: cuando se obtuvo la mezcla homogénea, ésta fue pasada por un molino para carne marca Torrey modelo 22, utilizando un diámetro de 3/32" (3mm) para cada pellet. Posteriormente los pellets fueron colocados en una olla de cocción a vapor por 15 minutos, enviándose de nuevo al molino de carne para repetir la pelletización y colocarlos en charolais y puestos en un desecador de aire forzado a un rango de temperatura entre 37-39°C durante aproximadamente 24 horas (Figura 9).



Figura 11: Proceso de pelletización y secado de las dietas prácticas para pargo.

Una vez extraída la humedad de los pellets, se cortaron manualmente con ayuda de un mortero y de tijeras dependiendo del tamaño del pez, se colocó en un tamiz para evitar el polvo fino en el alimento, después se colocaron en bolsas de plástico, previamente etiquetadas, almacenándolas en refrigeración a 4°C para su posterior uso.

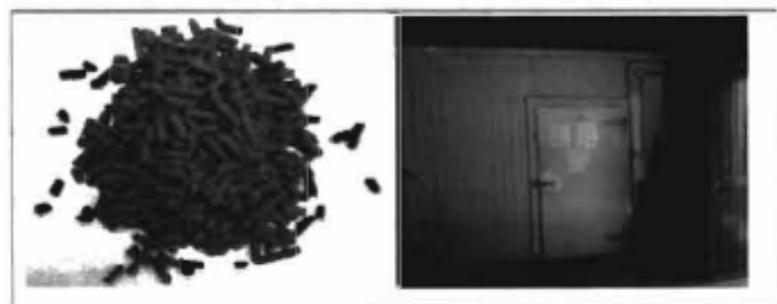
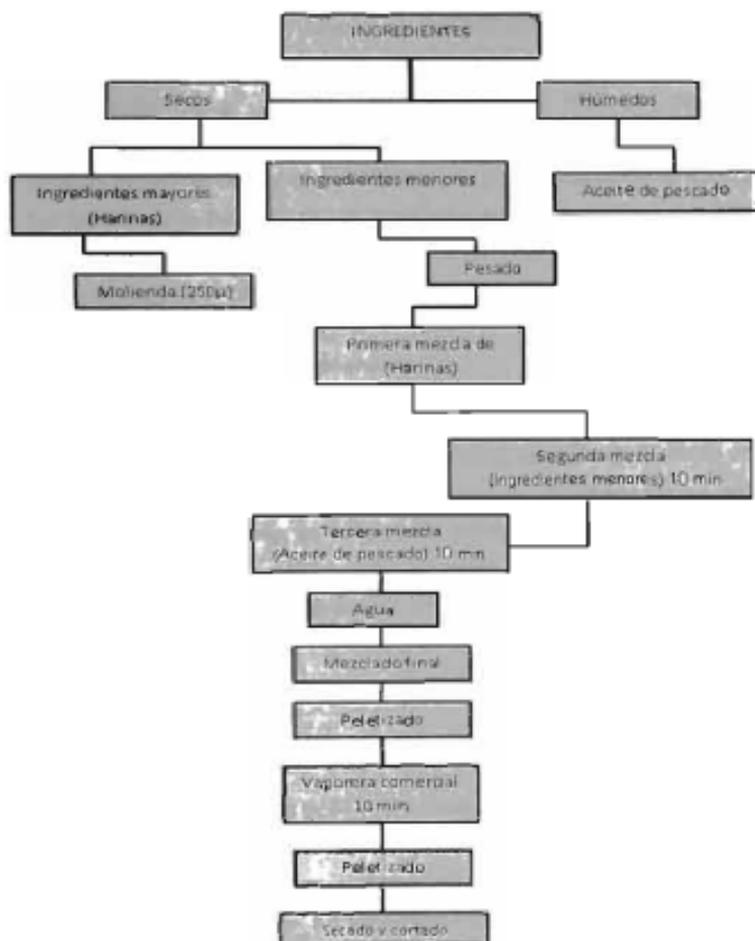


Figura 12: Embazado y conservación de la dieta base para pargo.

5.10.1. Diagrama de elaboración de dietas experimentales



5.11. Biometrías y suministro de alimento

Al inicio del experimento, y durante las seis semanas de duración, los juveniles fueron pesados en una OHAUS modelo Scout™Pro Max. 2000g con una precisión de 0.01g y se determinó su longitud total con un ictiómetro convencional. Se calculó el peso promedio de los juveniles en cada una de los tanques experimentales y de sus réplicas. La porción del alimento suministrado fue del 4% de la biomasa de los juveniles y se aplicó diariamente dividido en tres raciones al día (09:00, 13:00 y 16:00h). Adecuándose la ración del alimento cada catorce días, después de las biometrías.

5.12. Colecta de alimento remanente

La colecta del alimento remanente se llevó a cabo diariamente. Después de proporcionarles la última alimentación (16:00h), se retiró el alimento sobrante con sifones especialmente diseñados de acuerdo al tamaño de las partículas colectadas. Se colocaron en tamices de plástico (300 μ) ubicados en la parte inferior de la salida del sifón en cada uno de los tanques experimentales.

El alimento no consumido fue secado en un horno a una temperatura de 60° C, para posteriormente ser cuantificado y de esa manera ajustar el consumo diario de alimento.

5.13. Evaluación Biológica

Se realizaron biometría de peso y talla cada 14 días. Cada uno de los peces de cada tanque fue pesado en una balanza con precisión de 0.01g marca OHAUS modelo Scout™Pro Max., y se determinó su longitud total con un ictiómetro convencional, para calcular los siguientes índices nutricionales (Tabla 1):

Tabla 1. Métodos utilizados para evaluar el crecimiento y eficiencia de utilización del alimento en los experimentos de alimentación de organismos acuáticos.

PARAMETRO	EXPRESIÓN	VARIABLES	OBSERVACION
Supervivencia	$S=100(N_f/N_i)$	N_f = Número final N_i = Número inicial	
Peso ganado (%)	$PG = 100= (P_f/P_i) / P_i$	P_f = Peso final P_i = Peso inicial	Estima la ganancia porcentual de peso en un tiempo dado
Peso ganado individual al día (g/día)	$PGI=(\Sigma PGI \text{ semanal})/T$	T = tiempo en días	Indica la ganancia diaria en peso
Tasa específica de crecimiento (%/día)	$TEC=(\ln P_f - \ln P_i)T$		Estimador de la velocidad de crecimiento en peso
Alimento consumido individual (g/día)	$ACI= (\Sigma ACI \text{ semanal})/T$		Estimador del consumo individual de alimento
Tasa de conversión alimenticia	$TCA= ACI/PGI$	ACI = Peso seco PGI = Peso húmedo	Alimento usado para producir una unidad de peso en el animal
Tasa de eficiencia proteica (PER)	$PER=PGI/Proteína \text{ consumida}$		Índice del peso ganado por unidad de proteína consumida
Utilización aparente del nitrógeno (%)	$UAN=[(Proteína \text{ corporal final} - Proteína \text{ corporal inicial}) / proteína \text{ consumida}] \times 100$		Estimador del valor biológico del N basado en el N depositado en el tejido

5.14. Análisis estadístico

Los resultados se compararon estadísticamente entre los diferentes niveles de reemplazo mediante un análisis de varianza de una vía con un nivel de significancia de $Pr \leq 0.05$, para lo cual los porcentajes y tasas se transformaron previamente con la función arcsen (Zar, 1984). Las diferencias

estadísticas entre las medias de los tratamientos fueron identificadas aplicando la prueba de comparación múltiple de Duncan. El crecimiento fue representado gráficamente mediante curvas en base al peso promedio semanal de los peces para cada dieta. De acuerdo al diseño del experimento Dosis:Respuesta, los datos de crecimiento y nivel de reemplazo se ajustaron a una función polinomial de segundo orden (Zhou *et al.*, 2005), con la cual se analizó la relación entre el peso ganado del pargo flamenco como respuesta al nivel de reemplazo de harina de pescado por harina de subproducto de atún. Para este análisis se utilizó el programa estadístico Statgraphics Centurion XV (StatPoint Technologies, Inc.).

5.15. Análisis económico

La evaluación económica de los resultados de este estudio se realizó mediante el uso del modelo propuesto por Clifford, (1992), el cual consiste en calcular el Costo Unitario de Alimentación (CUA) o costo del alimento necesario para producir una unidad de peso, representado por la siguiente fórmula:

$$CUA = \text{Precio del kg de alimento} \times FCA$$

El costo de los ingredientes proteicos se determinó considerando el costo de la inclusión de cada ingrediente experimental y la harina de pescado en las diferentes formulaciones, debido a que el resto de los ingredientes se consideraron estables. La cotización de los ingredientes en pesos mexicanos corresponde al periodo de la ejecución del presente trabajo.

6. RESULTADOS

6.1. Análisis proximales de las dietas experimentales

Se realizaron los análisis proximales a las 6 dietas prácticas formuladas, en la Tabla 2, se puede apreciar que pesar de haber formulado las dietas para ser isoproteicas (49%) e isolípídicas (15%) en base húmeda, el análisis proximal reveló ligeras diferencias en el contenido de proteína y lípidos. Para proteína se registró un intervalo de 47.40% - 49.07%. Para el contenido de lípidos se tuvo un intervalo de 14.40% - 15.20% con una variación no mayor al 1% con respecto a lo formulado.

Tabla 2. Composición y análisis proximal de las dietas con diferentes niveles de reemplazo de harina de subproducto de atún (TBM) por harina de pescado (HP) para pargo flamenco *L. guitifus*

Ingredientes (g kg ⁻¹)	Dietas y niveles de reemplazo (%) de TBM por HP.					
	D-TBM					
	0	10	20	30	40	50
Harina de pescado ^a	526	483.6	441.3	398.9	356.6	314.2
TBM ^b	0	52.6	105.2	157.8	210.4	263
Harina de calamar	60	60	60	60	60	60
Aceite de pescado ^c	87.8	85.3	82.8	80.4	77.9	75.4
Harina de krill	75.9	75.9	75.9	75.9	75.9	75.9
Dextrina ^d	174.7	167	159.2	151.4	143.6	135.9
Gluten ^e	20	20	20	20	20	20
Premezcla Vitaminica ^f	6	6	6	6	6	6
Premezcla Mineral ^g	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
Vitamina C ^h	1	1	1	1	1	1
Carotenoides	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Antioxidante	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Alginato ⁱ	30	30	30	30	30	30
Lecitina de soya ^j	15	15	15	15	15	15
Composición por análisis (% peso húmedo)						
Humedad	7.05	6.60	5.90	4.43	5.34	4.60
Proteína	47.40	47.62	48.23	49.07	48.40	48.78
Lípidos	15.02	15.06	15.20	14.90	14.40	14.90
Cenizas	12.20	12.81	13.50	14.20	14.90	15.35
E.L.N ^k	18.33	17.91	17.17	17.40	16.96	16.37
Energía (kcal/100g) ^l	462.05	459.53	452.87	461.55	452.24	450.83
Costo ^m	9.15	9.02	8.89	8.77	8.64	8.51

^aSelena de Guaymas, S.A. de C.V., Guaymas, Sonora, México.

^bMexiflour S.A. de C.V., Mazatlán, Sinaloa, México.

^cIngredia Cosmopolita, S.A. de C.V. México, D.F., México.

^dSigma Chemical.

^eSmith-Cheyen.

^fUJ con fibra incluida (calculado por diferencia).

^gEnergía (kcal/g) fue calculada en función de los valores fisiológicos de proteína, 5 kcal/g; lípidos, 9 kcal/g; y extracto libre de nitrógeno, 4 kcal/g (Natu and Choi, 1991).

^hCosto de los ingredientes proteicos.

El contenido de ceniza en las dietas se incrementó conforme aumentaba el porcentaje de inclusión de harina de subproductos de atún, se registró un intervalo de 12.81%-15.35%. La dieta D-TBM0 (dieta base) presentó el contenido más bajo a diferencia de la D-TBM50 que presentó un alto contenido de ceniza.

6.2. Perfil de aminoácidos de las dietas experimentales

El contenido de aminoácidos en las dietas se observa en la Tabla 3. La concentración de aminoácidos se presentó con valores variantes en todos los

niveles de sustitución, las dietas D-TBM30 y D-TBM50 obtuvieron los valores más altos en la suma de contenido total de aminoácidos; mientras que el contenido menor se presentó en la dieta D-TBM40% de inclusión de harina de subproducto de atún.

Tabla 3. Perfil de aminoácidos de las dietas experimentales (AA g 100 g⁻¹)

Perfil de AA's	DIETAS Y NIVELES DE REEMPLAZO (%) DE HP POR TBM					
	D-TBM0	D-TBM10	D-TBM20	D-TBM30	D-TBM40	D-TBM50
AANE						
ASP	8.87	8.92	9.15	9.42	9.35	10.39
GLU	15.16	15.01	15.45	17.46	16.74	17.33
SER	1.90	2.11	1.96	2.45	2.41	2.43
GLI	10.61	12.99	12.79	14.39	14.22	13.79
ALA	6.69	6.44	6.47	6.62	6.38	7.50
TIR	3.27	5.05	4.17	5.15	4.91	4.96
AAE						
HIS	2.28	2.47	2.44	2.29	2.20	2.18
TRE	3.65	4.02	4.10	4.11	3.31	3.76
ARG	6.60	6.27	6.12	7.02	6.14	7.46
MET	2.79	2.58	2.61	2.71	2.49	3.02
VAL	4.75	4.30	4.39	4.30	4.10	4.90
FEN	4.75	3.35	3.33	3.59	3.31	4.16
ISL	4.95	4.68	4.82	4.96	4.45	4.81
LEU	7.80	7.50	7.73	8.12	6.82	8.86
LIS	7.66	8.37	7.35	5.20	3.77	7.13
Total de AA's	91.79	94.14	92.95	97.86	90.67	102.75

Valores promedio por triplicado.

Respecto al contenido de aminoácidos esenciales en las dietas, tenemos que las concentraciones más altas de arginina, lisina y metionina, se observaron en D-TBM50 Y D-TBM0. Sin embargo esto no afectó, en los resultados de la evaluación de la calidad proteica ya que la mejor ganancia de peso, tasa específica de crecimiento, tasa de conversión alimenticia y tasa de retención proteica fue para la dieta D-TBM30. Además de que la supervivencia fue estadísticamente igual en todos los tratamientos.

6.3. Análisis proximal de la carcasa de los organismos

Los resultados de análisis proximal de la carcasa final de los organismos (Tabla 3) muestran que el contenido de proteína en los peces de los seis tratamientos existen diferencias altamente significativas $\hat{\alpha} = 0,0001$ (alfa estimado), observándose dos grupos encabezados por peces alimentados con la dieta D-TBM0 (56.75%), mientras que los peces que consumieron la dieta D-TBM20 presentaron el contenido de proteína estadísticamente más bajo con (54.11%), comparados con el resto de los tratamientos.

Respecto a los lípidos presentes en la composición proximal del cuerpo de los peces experimentales, presentaron diferencias significativas $\hat{\alpha} = 0,0001$. Aquellos que fueron alimentados con la dieta DTBM20 presentaron un alto contenido de lípidos (27.41%) en contraste con el resultado más bajo (21.42%) de los peces que ingirieron la dieta D-TBM0, pero sin embargo todos los tratamientos fueron diferentes entre sí.

En los contenidos de humedad $\hat{\alpha} = 0,0031$ y cenizas $\hat{\alpha} = 0,0002$ presentes en la carcasa de los peces iniciales y de los tratamientos existen diferencias estadísticas altamente significativas. De este último nutriente, la prueba de comparación múltiple de Duncan, confirma que el contenido significativamente mayor (18.52%) fue para los peces alimentados con D-TBM0, a diferencia de los que recibieron la dieta D-TBM20 (15.53%).

Tabla 4. Composición del cuerpo de los peces de pargo flamenco alimentados con dietas con diferentes niveles de reemplazo de harina de subproducto de atún (TBM) en sustitución de la harina de pescado (HP).

Composición ¹ %	Dietas y niveles de reemplazo (%) de TBM por HP.						
	Inicial	D-TBM0	D-TBM10	D-TBM20	D-TBM30	D-TBM40	D-TBM50
Humedad	71.69	72.75 ^a	72.95 ^a	70.70 ^b	71.26 ^b	72.85 ^a	72.35 ^a
Proteína	59.75	56.75 ^a	56.46 ^a	54.11 ^b	54.40 ^b	56.48 ^a	54.22 ^b
Lípidos	14.75	21.42 ^f	23.35 ^e	27.41 ^d	24.79 ^c	24.21 ^e	26.75 ^d
Cenizas	19.83	18.52 ^a	17.05 ^b	15.53 ^d	17.11 ^c	17.22 ^b	16.35 ^c

¹Valores con el mismo superíndice no son estadísticamente diferentes.

6.4. Calidad del agua

Durante el periodo experimental, la temperatura del agua fue de $28.0 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$, el oxígeno disuelto osciló entre 5.5 y 6 mgL^{-1} , el pH se mantuvo de 8.15 ± 0.35 y la salinidad de $34.6 \pm 0.4\text{ ‰}$. Los parámetros de calidad del agua se mantuvieron dentro de los valores aceptables para los juveniles de pargo.

6.5. Evaluación Biológica

6.5.1. Curvas de crecimiento

Al estimar las curvas de crecimiento de los juveniles de pargo flamenco para cada una de las dietas, desde el inicio experimento hasta la primera semana no se observó ningún efecto sobre las dietas. Sin embargo, a partir de la tercera semana comenzaron a detectarse diferencias con respecto al peso. A inicios de la cuarta semana se presentó un claro incremento en el crecimiento, sobresaliendo principalmente los organismos alimentados con la dieta D-TBM 30 (Figura 13).

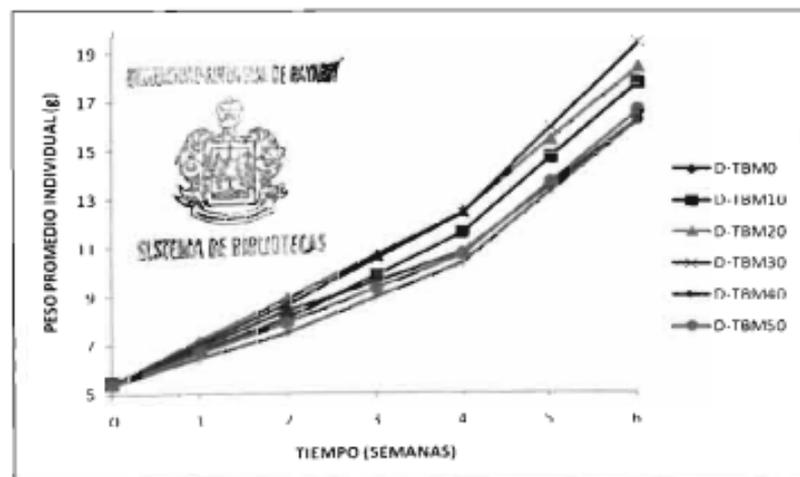


Figura 13. Crecimiento de juveniles de pargo flamenco alimentados con dietas con diferentes inclusiones de harina de subproducto de atún (TBM) en sustitución de la harina de pescado.

En la Tabla 5 se presentan los resultados para el crecimiento y la eficiencia de utilización del alimento por juveniles de pargo flamenco que recibieron las dietas a base de harina de pescado con diferentes niveles de reemplazo de harina de subproducto de atún.

Tabla 5. Resultados de crecimiento y eficiencia de utilización de alimento por juveniles de pargo flamenco alimentadas con dietas a base de harina de pescado (HP) e incluidas con harina de subproducto de atún (TBM), durante un periodo experimental de 42 días.

Valores promedio ¹	Dietas y niveles de reemplazo (%) de HP por TBM						D.E
	D-TBM0	D-TBM10	D-TBM20	D-TBM30	D-TBM40	D-TBM50	
S (%)	97.80 ^a	98.00 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a	96.00 ^a	5.88
PI (g)	5.87 ^{bc}	5.79 ^a	5.79 ^b	5.88 ^a	5.79 ^b	5.85 ^{bc}	0.06
PF (g)	18.15 ^b	20.40 ^{bc}	20.37 ^{bc}	22.42 ^a	18.11 ^b	14.01 ^b	2.47
PG (g)	12.27 ^b	14.61 ^{bc}	14.57 ^{bc}	16.54 ^b	12.31 ^b	13.15 ^b	2.47
PG (%)	209.13 ^b	252.25 ^{bc}	251.61 ^{bc}	281.34 ^a	212.55 ^b	224.97 ^b	42.48
TEC % d ⁻¹	2.68 ^a	2.99 ^{bc}	2.96 ^{bc}	3.18 ^a	2.69 ^b	2.79 ^b	0.29
CAI (g)	13.68 ^{bc}	14.70 ^{bc}	14.33 ^{bc}	15.30 ^b	13.00 ^{bc}	14.34 ^{bc}	1.19
TCA	1.12 ^a	1.01 ^a	1.01 ^a	0.92 ^a	1.07 ^a	1.10 ^a	0.14
PER	1.89 ^a	2.09 ^a	2.08 ^a	2.20 ^a	1.94 ^a	1.88 ^a	0.25
UAN	30.37 ^{bc}	32.86 ^{bc}	34.11 ^{bc}	34.83 ^a	30.64 ^{bc}	27.97 ^b	4.46
CUA \$ ²	9.15	9.02	8.89	8.77	8.64	8.51	

¹Valores con el mismo superíndice no son estadísticamente diferentes (Pr > 0.05).

²Costo unitario de alimentación.

*Desviación estándar de la media de los tratamientos.

6.5.2. Supervivencia

El valor de Pr>F indica que los tratamientos del experimento en la supervivencia de los peces, no producen diferencias significativas, en este caso $\hat{Q} = 0.6285$, es decir la supervivencia de los animales, sujetos a diferentes tratamientos son iguales.

En la prueba de comparación de las medias correspondientes a los valores de supervivencia (S%), la media de la dieta D-TBM40, D-TBM30 y D-TBM20 fueron las más altas (100%), el valor más bajo fue de 95% en la dieta de D-TBM10 y D-TBM50. No hubo diferencias significativas entre las dietas. La mortalidad registrada se atribuye al manejo, debido a que durante las biometrías los organismos se estresaban (Figura 14).

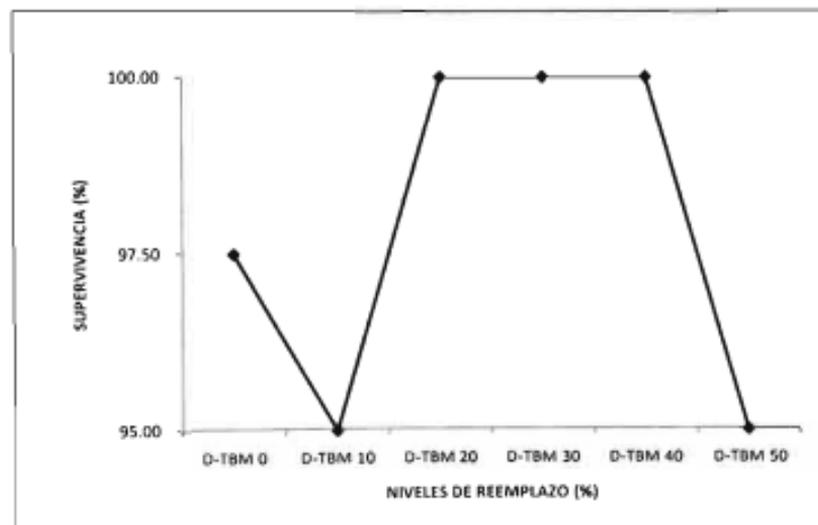


Figura 14. Tasa de supervivencia de los peces durante los 42 días del experimento.

6.5.3. Peso ganado (g)

El valor de $Pr > F$ indica que los tratamientos del experimento en la ganancia de peso en gramos $\hat{\alpha} = 0.0275$ y en $\hat{\alpha} = 0.0317$ de los peces, producen diferencias significativas es decir la ganancia de peso de los animales, sujetos a diferentes tratamientos no son iguales. Para saber cuál es el mejor tratamiento, se recurrió a la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan.

En los resultados de la prueba de comparación de medias se observa que hubo efectos significativos entre las dietas respecto al peso ganado en gramos y en

porcentaje. Los valores de PG en los peces alimentados con la dieta TBM30 fue el más alto (16.54g) (281.34%) que los alimentados con las otras dietas. El valor más bajo fue de 12.27g y 209.13% en la dieta de D-TBM0 y ésta no difirió de los valores de peso ganado en los peces alimentados con dieta D-TBM40 (12.31g) (212.55%) y de la dieta D-TBM50 (13.15g) (209.13%) Figuras 15 y 16.

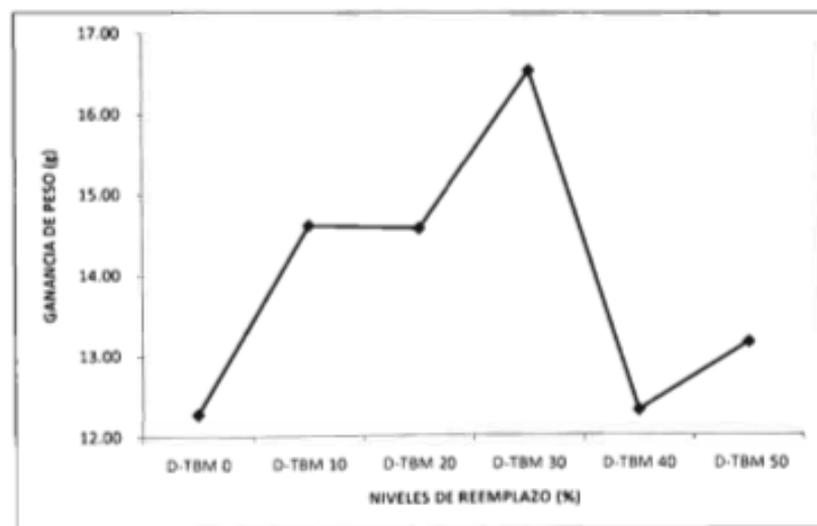


Figura 15. Peso ganado (g) en los peces durante los 42 días del experimento.

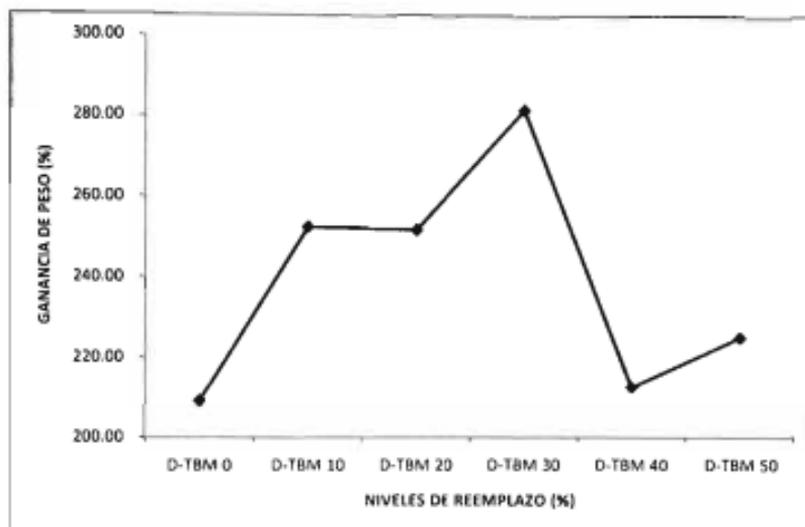


Figura 16. Peso ganado (%) en los peces durante los 42 días del experimento.

6.5.4. Tasa específica de crecimiento (TEC)

El valor de $Pr > F$ indica que los tratamientos del experimento en la tasa específica de crecimiento (TEC) de los peces, producen diferencias significativas en este caso $\hat{\alpha} = 0.0258$, es decir la tasa específica de crecimiento de los animales, sujetos a diferentes tratamientos no son iguales. Para demostrarlo, se recurrió a la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan.

La prueba de comparación de medias presentó efectos significativos entre las dietas respecto a la TEC. Es decir los valores TEC de peces alimentados con las diferentes dietas obtuvieron un distinto estimador de la velocidad de crecimiento en peso, el valor más alto lo obtuvo la dietas D-TBM30 (3.18) en comparación con el valor (2.68) correspondiente a la dieta D-TBM0 (Figura 17).

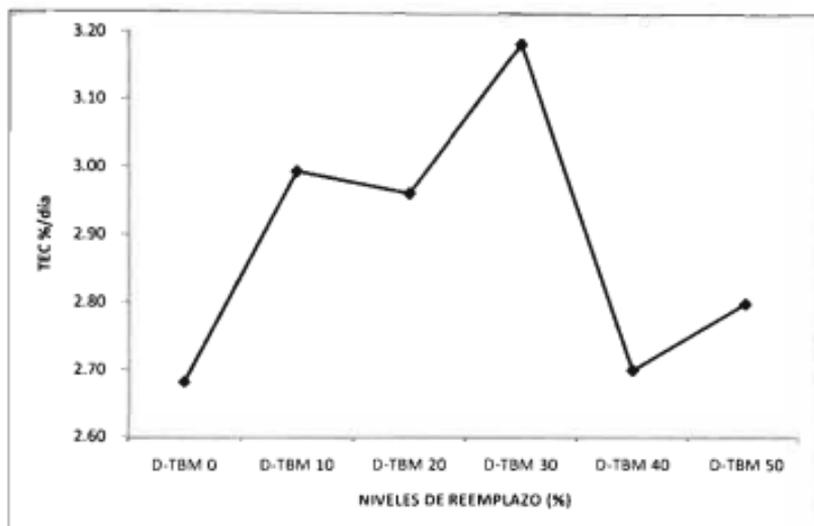


Figura 17. Estimador de la velocidad de crecimiento en peso en los peces durante los 42 días del experimento.

Los datos de crecimiento y nivel de reemplazo se ajustaron a una distribución polinomial de segundo orden ($R^2=0.59$; $F=0.35$; $P=0.55$), en la cual se observó un crecimiento máximo u óptimo a un nivel de reemplazo de 20.7% de harina de pescado por harina de subproducto de atún. (Fig. 18).

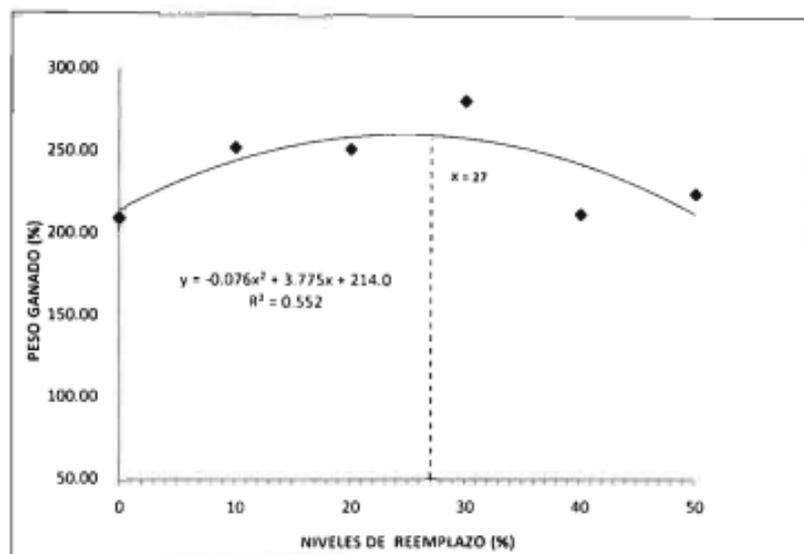


Figura 18. Análisis de regresión polinomial de segundo orden o cuadrática que relaciona el crecimiento en incremento en peso, con respecto al nivel de sustitución de harina de pescado por harina de subproducto de atún ($R^2=0,55$; $F=1.85$; $P=0,29$).

6.5.5. Consumo de alimento individual

El valor de $Pr > F$ indica que los tratamientos del experimento en el consumo de alimento individual (CAI) de los peces, producen diferencias significativas, en este caso $\hat{\alpha} = 0.0699$, es decir el consumo de alimento individual de los animales, sujetos a diferentes tratamientos son iguales. Para comprobarlo, se recurrió a la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan.

En los resultados de la prueba de comparación de medias, el mayor consumo de alimento individual al día fue para los peces alimentados con las dietas D-TBM30 (15.30g). La menor ingesta de alimento se encontró en peces alimentados con la dieta D-TBM40 (13.00g) pero ésta no difirió con la dieta D-TBM0 (13.68g) (Figura 19).

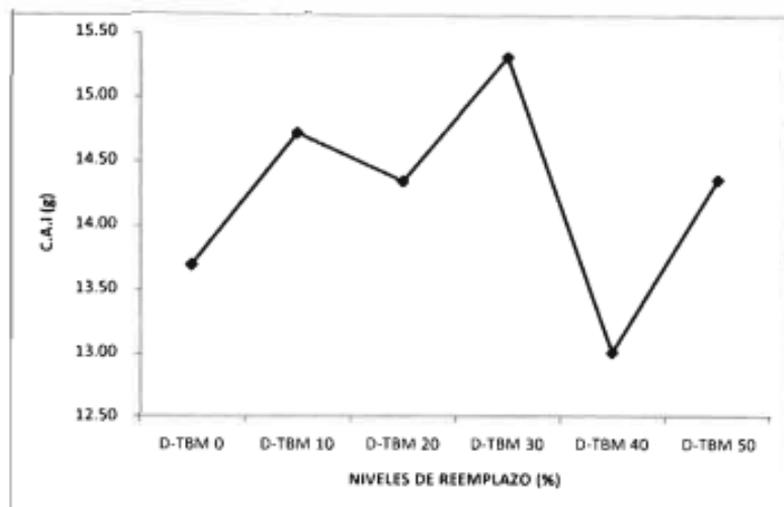


Figura 19. Consumo de alimento individual en los peces durante los 42 días del experimento.

6.5.6. Tasa de conversión alimenticia

El valor de $Pr > F$ indica que los tratamientos del experimento en la tasa de conversión alimenticia (TCA) de los peces, producen diferencias significativas en este caso $\hat{\alpha} = 0.1852$, es decir la tasa de conversión alimenticia de los animales, sujetos a diferentes tratamientos son iguales, para comprobarlo se recurrió a la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan.

En los resultados de la prueba de comparación de medias hubo efectos significativos entre las dietas respecto a la tasa conversión alimenticia (TCA). Los valores TCA de peces alimentados con niveles de inclusión de TBM menores y mayores del 30%, fueron menos eficientes que los alimentados con la dieta D-TBM30 quien obtuvo el mejor valor TCA 0.92, en comparación con el de la dieta a base de pescado D-TBM0 (1.12) (Figura 20).

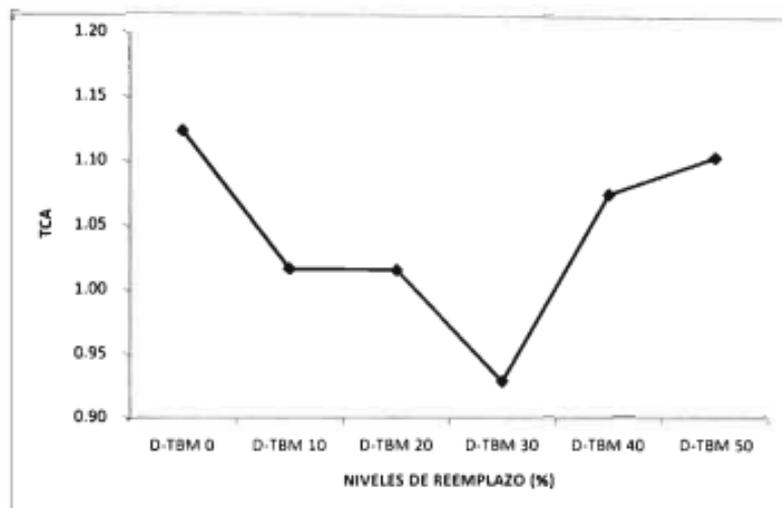


Figura 20. Tasa de conversión alimenticia en los peces durante los 42 días del experimento.

6.5.7. Tasa de eficiencia proteica (PER)

El valor de $Pr > F$ indica que la tasa de eficiencia proteica (PER), de cada tratamiento durante el experimento, no producen diferencias significativas; en este caso $\hat{\alpha} = 0.2442$, es decir, que el índice del peso ganado por unidad de proteína consumida de los animales, sujetos a diferentes tratamientos son iguales, para comprobarlo se recurrió a la prueba de comparación de medias Duncan.

En los resultados de la prueba de comparación de medias no hubo efectos significativos entre las dietas respecto a la tasa de eficiencia proteica (PER). Sin embargo, el valor PER más alto fue el de los peces alimentados con la dieta D-TBM30 (2.20) y la tasa menor fue para la dieta D-TBM50 (1.88) (Figura 21).

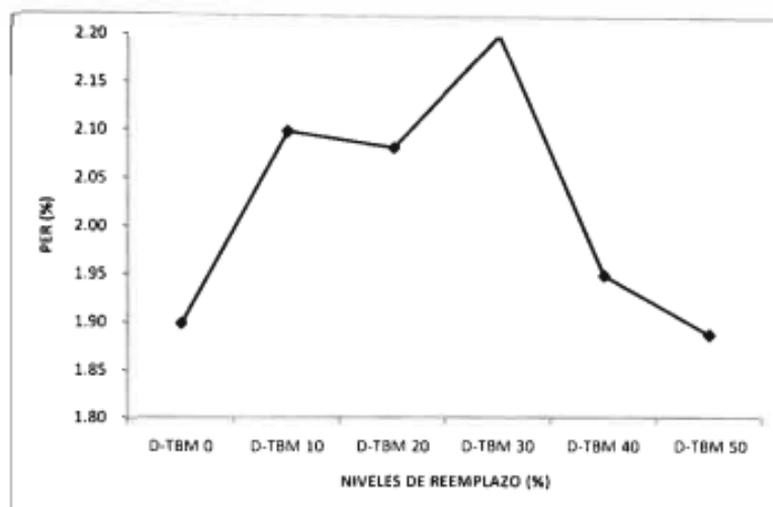


Figura 21. Tasa de eficiencia proteica en los peces durante los 42 días del experimento.

6.5.8. Utilización aparente del nitrógeno (UAN)

Entre las diferentes dietas experimentales hubo diferencias significativas; en este caso $\hat{\sigma} = 0.1185$, con respecto a los porcentajes de utilización aparente del nitrógeno (UAN). Se observó, que el valor en los peces alimentados por la dieta D-TBM30 (34.83) y el de aquellos alimentados con la dieta D-TBM10 (34.11) fueron estadísticamente iguales y ligeramente mayores al de las dietas D-TBM10 (32.86), D-TBM0 (30.37) y D-TBM40 (30.04), en contraste con el valor más bajo correspondiente a la dieta D-TBM50 (27.97) (Figura 22).

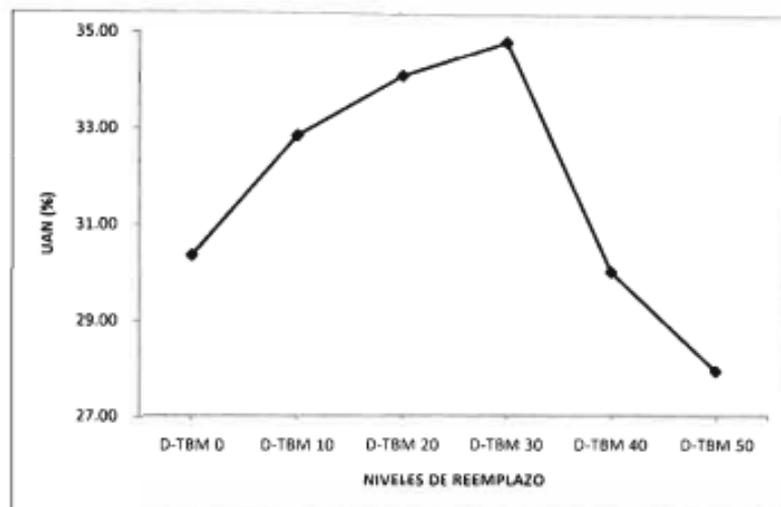


Figura 22. Utilización aparente de Nitrógeno (%) en los peces durante los 42 días del experimento.

6.5.9. Análisis de costos

El costo de cada una de las dietas experimentales se encuentra por debajo del costo de los alimentos comerciales que se expiden en el mercado; en la Tabla 6 se observa que el costo por kilogramos de alimento fue disminuyendo conforme el incremento de los niveles de reemplazo de TBM.

Tabla 6. Costo específico por Kg de dietas experimentales.

Dietas	Precio (\$)/Kg alimento
D-TBM0	9.15
D-TBM10	9.02
D-TBM20	8.89
D-TBM30	8.77
D-TBM40	8.64
D-TBM50	8.51

Considerando el costo por Kg de alimento para cada dieta y el factor de conversión alimenticia obtenida durante el bioensayo, se determinó el costo para producir un Kg de pescado.

Como se observa en la Tabla 6, el costo más bajo para producir un Kg de pez es para la dieta D-TBM30 \$8.06 (ocho pesos 06/100 M/N), mientras que la dieta D-TBM0 \$10.24 (diez pesos 24/100 M/N) quedando ligeramente por encima de la D-TBM50 \$9.36 (nueve pesos 36/100 M/N).

Los valores obtenidos para las dietas D-TBM10 \$9.11 (nueve pesos 11/100 M/N); D-TBM20 \$8.97 (ocho pesos 97/100 M/N) y D-TBM40 \$9.24 (nueve pesos 24/100 M/N) fueron similares entre sí.

Tabla 7. Costo específico por Kg de pez producido M/N

Dietas	Precio (\$)/Kg alimento	TCA	Costo total (\$)/Kg
D-TBM0	9.15	1.12	10.24
D-TBM10	9.02	1.01	9.11
D-TBM20	8.89	1.01	8.97
D-TBM30	8.77	0.92	8.06
D-TBM40	8.64	1.07	9.24
D-TBM50	8.51	1.10	9.36

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MAYAGÜEZ



SISTEMA DE BIBLIOTECAS

7. DISCUSION

7.1. Parámetros Ambientales

Los parámetros ambientales (temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y pH), 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 flamenco.

7.2. Análisis proximal de las dietas experimentales (nutrientes básicos)

7.2.1. Proteínas y Lípidos

En el análisis proximal realizado a las seis dietas experimentales formuladas se obtuvo como resultado que los niveles de proteína y lípidos tuvieron ligeras diferencias. Para proteína se registró un intervalo de 47.40% - 49.07%. Para el contenido de lípidos se tuvo un intervalo de 14.40% - 15.20% con una variación no mayor al 1% con respecto a lo formulado. Este comportamiento es muy común, ya que son muchos los autores que reportan diferencias entre lo formulado y el resultado del análisis proximal de las dietas en sus experimentos con otras especies de peces marinos (Ozorio *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2006; Hebb *et al.*, 2003; Catacultan *et al.*, 2001; Watanabe *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2001; Lee *et al.*, 2001).

7.2.2 Contenido de cenizas

El contenido de ceniza en las dietas experimentales se incrementó conforme aumentaba el porcentaje de inclusión de harina de subproductos de atún (0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50%), registrándose un intervalo aceptable de 12.81% - 15.35%; mientras que Ahmet *et al.*, (2009), mostró resultados similares a este estudio, evaluando los efectos de cuatro dietas: Anc, Tuna 50, Tuna 60, Tuna 75) en el crecimiento de trucha arcoiris, observando también que el contenido

de ceniza fue aumentando según el nivel de inclusión (7.5%, 9.7%, 11.60, 13.60 de ceniza).

Resultados similares fueron reportados por Hernández, (2008) en la composición de las dietas con diferentes niveles de inclusiones de subproductos de atún hidrolizados (SHA) en sustitución de harina de pescado para tilapia *Oreochromis niloticus* (0%, 25%, 50%, 75% y 100%); los niveles de ceniza se elevaban (7.3%, 8.7%, 8.3%, 9.9% y 10.1%) conforme aumentaba el porcentaje de inclusión.

Atribuyendo, los aumentos del contenido de ceniza en las dietas a la calidad de los subproductos pesqueros (TBM) reduciendo a harina la cabeza, cola, vísceras, piel y espinas de atún. En los siguientes experimentos se observó un comportamiento contrario, la cantidad de ceniza fue disminuyendo conforme aumentaba la inclusión de TMP (tuna muscle power, que por sus siglas en inglés se traduce como harina de músculo de atún), atribuido al material con el que fue elaborado el ingrediente TMP.

Uyan *et al.*, (2007), en sus dietas formuladas para lenguado japonés, con niveles de sustitución de harina de subproducto de atún por harina de pescado (0%, 25%, 50%, 75% y 100%) obtuvo un contenido de ceniza descendente, es decir, conforme aumentaba el porcentaje de inclusión los valores de ceniza disminuían del 12.6% hasta el 8%.

Gumus *et al.*, (2009), formularon y evaluaron de manera separada en peces de carpa *Cyprinus carpio* L. y tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus*; seis dietas con niveles de inclusión de 0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50%, mismas que mostraron en su análisis proximal un parecido comportamiento a los resultados del trabajo de investigación anterior, pues, el contenido de ceniza disminuyó de 7.9%-6.64% al incrementar los porcentajes de inclusión de harina de subproductos de atún.

Hajen, (1993) y Bureau, (1996), mencionan que este nutriente es uno de los factores importantes en los estudios de nutrición ya que el exceso de ceniza resultante en las dietas puede disminuir la digestibilidad de algunos nutrientes. Al respecto Bureau, (1996) señala que debería existir interés en comparar el desempeño de dietas formuladas con subproductos con bajo contenido de ceniza (8 - 10%) y subproductos convencionales (contenido de ceniza 13 - 15%) ya que el menor contenido de ceniza y la mejor calidad de los subproductos constituyen una ventaja al formular dietas que proporcionen menores niveles de material inorgánico (Fowler, 1991). Esto ha quedado sustentado por varios estudios, entre ellos el realizado por Dong *et al.*, (1993) quienes reportaron diferencias significativas en el contenido proximal de los subproductos provenientes de seis compañías - porcentaje de ceniza (11-23%), lípidos (10-19%), proteína (55.63 - 73.55%) - encontrando que la relación entre el contenido de proteína y ceniza era inversamente proporcional. Desde el punto de vista nutricional. Lan y Pan, (1993), consideran la posibilidad de que algunos resultados obtenidos en diferentes estudios de digestibilidad hayan sido alterados debido a la acción de las cenizas sobre las enzimas.

7.2.3. Humedad

El agua es un diluyente importante de los nutrientes. Su contenido en los alimentos es muy importante para el cálculo analítico de materia seca y también porque tiene una importante función al determinar la forma de la dieta, tiene efecto sobre la estabilidad y su vida de almacenamiento.

Las dietas evaluadas en el presente trabajo, mostraron valores de 4.43% hasta 7.05%, manteniéndose dentro de los rangos reportados por Gümüş *et al.*, (2009); Ahmet *et al.*, (2009) y Hernández, (2008).

7.3. Requerimientos de aminoácidos

En el perfil de aminoácidos realizado a las seis dietas prácticas, se puede apreciar que el contenido de aminoácidos esenciales cumple con lo citado por Tacón, (1989) específicamente en los diez aminoácidos esenciales que deben

estar presentes en las dietas para peces y crustáceos (treonina, leucina, metionina, lisina, arginina, valina, isoleucina, triptófano, histidina, fenilalanina); con excepción del triptófano, el cual, no se determinó en ninguna de las dietas experimentales, debido a que la técnica que se utilizó no realiza este tipo de análisis. Es importante mencionar que las concentraciones de este tipo de aminoácido esencial se encuentran en cantidades bajas en las proteínas dietéticas.

Coloso *et al.*, (1993) reportan que el triptófano requerido por juveniles de sea bass es de 0.5% en la proteína dietética. Mientras que Millamena, 1994; Rimmer *et al.* 1998; determinaron que los requerimientos de metionina, lisina y arginina son 2.24, 4.5-5.2 y 3.8% respectivamente. Adicionalmente, Boonyaratpalin *et al.* (1990) encontró que una excesiva concentración de tirosina en la dieta de ésta especie puede producir un mal funcionamiento de sus riñones, por consiguiente, un bajo rendimiento biológico.

Uyan *et al.*, (2006) en el contenido de aminoácidos de harina de pescado (FM), harina de subproducto de músculo de atún (TMP) y de las siete dietas experimentales con diferentes niveles de reemplazo de FM por TMP para juveniles de *Paralichthys olivaceus*, encontraron cantidades traza de triptófano, por otra parte, la cantidad de aminoácidos totales en la harina de pescado fue superior a la de TMP, excepto la histidina, reflejando la menor cantidad en la harina de pescado (2.9%) en comparación con TMP (4.6%), sin embargo, ésta fue aumentando al aumentar el nivel TMP en las dietas.

Borlongan y Coloso (1993) observaron que juveniles de milkfish (*Chanos chanos*) al igual que otras especies de peces, requieren de algunos aminoácidos esenciales como la arginina (5.2%), histidina (2.0%), isoleucina (4.0%), leucina (5.1), lisina (4.0%), metionina (2.5%), fenilalanina (4.2-2.8%), treonina (4.5%), triptófano (0.6%) y valina (3.6%).

Kissil *et al.*, (2000b), observó que los juveniles de *Sparus aurata* requieren aminoácidos con los siguientes porcentajes en la proteína dietética; arginina 2.6, lisina 5.0, metionina-cisteína 4.0, triptófano 0.6, histidina 1.7, isoleucina

4.5, valina 3.0, fenilalanina-tirosina 2.9 y treonina 2.8, para su óptimo desarrollo en cautiverio.

En comparación con los resultados del perfil de aminoácidos de esta investigación, las cantidades que se observaron fueron más altas; arginina (6.14-7.46%), histidina (2.18-2.47%), isoleucina (4.45-4.96%), leucina (6.82-8.86%), lisina (3.77-8.37%), metionina (2.49-3.02%), fenilalanina (3.31-4.75%), treonina (3.31-4.11%) y valina (4.20-4.90%), aunque la cantidad de aminoácidos varió entre las dietas, observándose que el contenido de aminoácidos no esenciales como; ácido glutámico, serina, glicina, tirosina; además de los aminoácidos esenciales, Treonina e isoleucina, fue mayor en la dieta D-TBM30 excepto, histidina y lisina en la dieta D-TBM10, esto no afectó los resultados para el crecimiento y la eficiencia de utilización del alimento por juveniles de pargo flamenco que recibieron las dietas a base de harina de pescado con diferentes inclusiones de harina de subproducto de atún.

7.4. Evaluación biológica

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 tiene bien identificados los factores que influyen en el requerimiento energético de los peces, tales como, 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.

7.4.1. Peso ganado (PG%), tasa de eficiencia de crecimiento (TEC%), tasa de conversión alimenticia (TCA), tasa de supervivencia (S%), tasa de retención proteica (PER) y utilización aparente de nitrógeno (UAN).

Durante el presente estudio se probaron seis dietas prácticas con diferentes niveles de inclusión de harina de subproducto de atún para reemplazar 0%,

10%, 20%, 30%, 40% y 50% de la harina de pescado (D-TBM0, D-TBM10, D-TBM20, D-TBM30, D-TBM40 y D-TBM50 en juveniles de pargo flamenco con un peso promedio de 6 ± 1 g, durante 42 días, resultando al final del experimento que los peces alimentados con la dieta D-TBM30 presentaron mejor respuesta para el crecimiento medido como PG % (281.34), TEC % (3.18), TCA (0.92), PER (2.20), UAN (34.83) y una tasa de supervivencia de (100%), sin embargo, no fue estadísticamente diferente a la respuesta de los peces alimentados con las dietas D-TBM10 y D-TBM20. En contraste con aquellos que consumieron la dieta D-TBM50, pues presentaron los resultados más bajos, no obstante, entre ésta última y el resto de los tratamientos (D-TBM0 Y D-TBM40) no existieron diferencias significativas.

Whiteman y Gatlin (2005) con peces juveniles de *Sciaenops ocellatus* evaluaron durante 6 semanas, cuatro diferentes dietas formuladas con harina de subproductos de capturas incidentales y subproductos de origen marino: capturas incidentales de pesca de arrastre de camarón (BM), desechos de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* (SWM), cabezas de salmón rojo *Oncorhynchus nerka* (RSHM) y harina de Pacific whiting *Merluccius productus*, Ayres (PW); y tres dietas adicionales (una de harina de subproductos de camarón procesado formulado sobre una base de proteína digerible (SWMDP) y dos de Pacific whiting (33LAPW y 67LAPW), sustituyendo harina de pescado de lubinas Special Select™ en niveles de reemplazo de 33% o 67% de proteína cruda en dietas formuladas para contener el 40% de proteína cruda, 12% de lípidos y 14.6 kJ de energía digerible g^{-1} . Los peces alimentados con la dieta 33BM con un porcentaje de ganancia de peso (GP=1239%), tasa de eficiencia alimenticia (TEA=1.06) y tasa de eficiencia proteica (PER=2.53), la dieta 67BM (GP=1315%, TEA=1.03 y PER=2.68), además de aquellos alimentados con las dietas PW (GP=1238%, TEA=1.11 y PER=2.67) y 67PW (GP=1315%, TEA=1.03 y PER=2.53) e independientemente del nivel de contenido de ceniza 33LAPW (GP=1252%, TEA=0.99, PER=2.39) y 67LAPW (GP=1168%, TEA=1.00, PER=2.38), tuvieron un buen rendimiento similar a los de la dieta de control (GP=1080%, TEA=0.95, PER=2.46); mientras que, en los peces que se alimentaron con harina de

subproductos de camarón procesado (33SWM) se redujeron significativamente ($P \leq 0,05$), los valores de GP=1033%, TEA=0.96 y PER=2.36, en comparación con los de las dietas control, incluso los que se alimentaban con la dieta SWMDP (GP=836%, TEA=0.89 y PER=2.02). Los Peces alimentados con la dieta RSHM obtuvieron un rendimiento bajo (GP=792%, TEA=0.87 y PER=2.11), probablemente debido a una cantidad excesiva de lípidos en la dieta que provocaron su rancidez. En general, la harina de subproducto de capturas incidentales asociados a la pesca de arrastre de camarón y la harina Pacific whiting resultaron ser fuente de proteína adecuadas para *Sciaenops ocellatus*.

Uyan *et al.*, (2007), experimentó con una especie marina de hábitos alimenticios carnívoros (como el pargo flamenco), probando niveles de inclusión de harina de subproductos de atún desde 0%, 25%, 50%, 75% y 100% en juveniles de Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) con un peso promedio de ($3.60 \pm 0.04g$) durante 40 días, reportando que; al final del experimento los peces alimentados con la dieta que contenía el 25% de TMP alcanzaron un peso ganado (PG) del 286% con alta supervivencia de 96.7%; una tasa específica de crecimiento (TEC) de 3.4% y una tasa de conversión alimenticia (TCA) de 1.14, pero además no presentaron diferencias significativas entre los peces alimentados con la dieta control (0% TMP) y el 50% TMP que contenían las dietas. Sin embargo, estos parámetros disminuyeron significativamente ($P < 0.05$) en los peces alimentados con las dietas con niveles de sustitución de TMP de 75% y 100%.

Hernández, (2008) evaluó cinco dietas con diferentes niveles de inclusión de subproductos de atún hidrolizados (SHA) en sustitución de harina de pescado para tilapia *Oreochromis niloticus* (0%, 25%, 50%, 75% y 100%), usó además una sexta dieta formulada con subproducto de atún reducidos en harina (D-HA100), así como una dieta comercial para tilapia como dieta referencia (D-REF). Las crías de tilapia alimentadas con las dietas formuladas únicamente con harina de subproducto de atún (D-HA100), mostraron la mejor respuesta

para el crecimiento medido como peso ganado (PG%=2204), tasa de crecimiento específico (TCE%=5.4), tasa de conversión alimenticia (TCA=1.1), tasa de retención proteica (PER=2.8) y una aparente utilización de nitrógeno (UAN=34.8). En contraste los peces que consumieron las dietas con subproductos de atún hidrolizados como única fuente proteica (D-SHA100) y la que contenía únicamente harina de soya (D-SHA0) mostraron la ganancia de peso más baja, con resultados estadísticamente diferentes a las demás dietas ($P < 0.05$).

Gümüs *et al.*, (2009), formularon y evaluaron de manera separada en peces de carpa *Cyprinus carpio* L. y tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus*, seis dietas con niveles de inclusión de 0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de harina de subproducto de atún (TLM). En el primer experimento el peso ganado en gramos (PG=2.72), tasa de crecimiento específico (TEC%=2.24), tasa de conversión alimenticia (TCA=1.53) y tasa de retención proteica (PER=1.63) fueron obtenidos por la dieta 2(10%), mientras que con el aumento en el nivel de reemplazo de TLM del 20 al 50%, éstos parámetros disminuyeron significativamente ($P < 0,05$); la tasa de supervivencia osciló entre el 70 y 85% correspondiendo a la dieta 1(control) y a la dieta 6 (50%) respectivamente. En el segundo experimento, las dietas experimentales para tilapia fueron significativamente diferentes ($P < 0,05$); el peso ganado en gramos (PG=20.57), tasa de crecimiento específico (TEC%=3.17), tasa de conversión alimenticia (TCA=1.02) y tasa de retención proteica (PER=1.95) fueron obtenidos por la dieta 30, mientras que con el aumento en el nivel de reemplazo de TLM del 30 al 50%, los valores de TEC y PER disminuyeron. El autor no reportó tasa de supervivencia para ninguno de los tratamientos de este experimento.

A pesar de las diferencias en cuanto a metodologías utilizadas para la realización de los experimentos antes señalados, se pueden observar algunas coincidencias en los resultados, que indican que niveles de inclusión de harina de subproductos de atún entre el 25 y 50% de proteína en las dietas, son los

más adecuados para obtener una curva de crecimiento óptima tanto en pargo lunarejo como en Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*, tilapia *Oreochromis niloticus*; carpa *Cyprinus carpio* L.

8. CONCLUSIONES

1. El valor de los parámetros ambientales durante el experimento, se mantuvo en los niveles adecuados y no se presentó un efecto negativo que pudiera afectar el desarrollo y la tasa de crecimiento, o bien la mortalidad de los juveniles de pargo flamenco *Lutjanus guttatus*; quedando la respuesta de éstos factores sujetos a las dietas balanceadas suministradas y al manejo durante las biometrías.
2. Los subproductos de atún reducidos en harinas son nuevos ingredientes alternativos para la sustitución de harina de pescado en alimento para pargo flamenco *Lutjanus guttatus*, sin afectar negativamente el crecimiento y la supervivencia de los organismos.
3. La dieta con niveles de inclusiones del 30% de harina de subproducto de atún, resultó ser la que presentó la mejor respuesta al crecimiento de los juveniles de pargo flamenco, de acuerdo con los bioindicadores de crecimiento y eficiencia alimentaria evaluados.
4. La inclusión de harina de atún como sustituto de la harina de pescado, enriquece el valor de proteína y la disponibilidad de aminoácidos esenciales para el crecimiento del pargo flamenco *Lutjanus guttatus*, así como; también mejora la palatabilidad de las dietas haciéndolas más atractivas al momento de alimentar a los organismos. Considerando que una de las características más apreciadas de la harina de pescado es su poder attractante y su palatabilidad, lo que garantiza en gran medida el consumo de los alimentos formulados.
5. Se demuestra la potencialidad de los subproductos de atún reducidos en harina como un ingrediente alternativo a la harina de pescado de menor costo por unidad de producción para el alimento de pargo flamenco.

De lo anterior se concluye que la inclusión de esta fuente de proteína en dietas artificiales contribuiría de la misma manera a reducir significativamente el costo de producción en cultivos comerciales y,

6. Con los resultados de este experimento se puede lograr una producción acuícola sustentable al aprovechar los subproductos pesqueros como ingredientes de un alto valor nutricional (grasas y proteínas) en dietas artificiales para pargo flamenco.

En la actualidad la acuicultura enfrenta la necesidad de asegurar su sustentabilidad a largo plazo, y una de las opciones para lograr esto es considerar que en la naturaleza nada se desperdicia; que los subproductos o desperdicios de un organismo pueden ser aprovechados naturalmente como fuente nutricional por otro. Este proceso de reciclaje de nutrientes es el fundamento para la sustentabilidad no solo de dicha actividad sino de nuestro planeta.

9. RECOMENDACIÓN

1. Incrementar las investigaciones sobre el uso de subproductos de atún como una alternativa de proteína de calidad en alimentos balanceados para la industria piscícola.
2. Considerar los subproductos de atún como ingredientes alternos que poseen un buen valor nutritivo para sustituir a la harina de pescado, con la finalidad de reducir el costo de este ingrediente en alimentos balanceados.
3. Fomentar la implementación de las dietas elaboradas con subproductos de atún bajo condiciones de cultivo comercial.
4. Validar específicamente la dieta elaborada con 30% de harina de atún en la alimentación de pargo flamenco bajo condiciones de cultivo comercial.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Abdo-de la Parra I., Rodríguez-Ibarra E.G., Hernández C., Hernández-Mendoza K., González-Rodríguez B., Martínez-Rodríguez I., García-Ortega A., 2010. Effect of dietary and lipid level on growth performance and survival of juvenile spotted rose snapper *Lutjanus guttatus*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* Vol. 45, N°3: 433-439.
- Ahmet A.T., Emrah D., Derya G., 2009. Effects of dietary tuna by-product on feed intake and utilization of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Fisheries International* 4 (1): 8-12, 2009. ISBN: 1817-3381. © Medwell Journals, 2009.
- Allen GR. 1985. Snappers of the world an annotated and illustrated catalogue of lutjanid species known to date. *FAO Fisheries Synopsis* 125 (6): 1-208.
- Alceste-Cesar, C. 2000. Tilapia-Alternative protein sources in Tilapia feed formulation. *Aquaculture Magazine*, 26 (4): 1-3.
- Álvarez, T.P. 1999. Acuicultura de repoblamiento en embalses. Memorias del Taller-Curso: Evaluación de Poblaciones y Repoblamiento en Embalses. SEMARNAP. Instituto Nacional de la Pesca, Dirección General de Investigación en Acuicultura. Subsecretaría de Pesca. Dirección General de Acuicultura y Dir. Gral. Administración de Pesquerías. Chápala, Jalisco. Julio de 1999. pp 18.
- Anderson, J.S. 1984. Effects of dietary carbohydrate and fibre on the tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 37:303-314.

- Anderson, J.S., Lall, S.P., Anderson D.M.; McNiven, M.A., 1993. Quantitative dietary lysine requirement of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fingerlings. Can. J. Fish Aquat Sci, 50, 316-322.
- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis of Association, Vol. 1 17th edn. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, USA. 684p.
- Avilés A. 2000. Cultivo de Peces Marinos. Cap. XV. En: Álvarez-Torres, M. Ramírez-Flores, L.M. Torres-Rodríguez y A. Díaz de León-Corral (Eds.). Estado de Salud de la Acuicultura, 2000. INP.
- Avilés-Quevedo A., Mcgregor-Pardo U., Rodríguez-Ramos R., Hiraes-Cosío O., Huerta-Bello M.A. y Lizawa M., 1995. Biología y cultivo de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner 1868). Subsecretaría de Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera La Paz, Agencia de Cooperación Internacional de Japón. 85 p.
- Bergot, F., Breque J., 1983. Digestibility of starch by rainbow trout: effects of the physical state of starch and of the intake level. Aquaculture. 34:203-212.
- Beveridge, M. 2004. Cage Aquaculture, third edition. Oxford, UK, Blackwell Publishing Ltd. 368 pp.
- Bolasina S. N., Fenucci J. L., 2005. Apparent digestibility of crude protein and phosphorus digestibilities of live diferente dietary protein sources in Korean rockfish, *Sebastes schlegelii* (Hilgendorf). Aquaculture Research 32:99-105.
- Boonyaratpalin, M., Phongmaneerath, J., 1990. Requeriment of Seabass for Dietary Phosphorus. Technical Paper No. 4, National Institute of

Coastal Aquaculture, Department of Fisheries, Thailand, 20 pp. (in Thai).

Borlongan, L.G., Coloso, R.M., 1994. Leaf meals as protein sources for milkfish (*Chanos chanos* Forsskal) for essential amino acids, *Journal of Nutrition* 123, 125-132.

Bureau, D.P. 1996. Nutritional value of rendered animal protein ingredients for salmonids in the 90'S. pp. 239-246 In: The Canadian Feed Industry Association and 1996 Eastern Nutrition Conference, May 15-17-1996 Dartmouth, Nova Scotia.

Chiou, J.Y. Ogino C., 1975. Digestibility of starch in carp. *Bull.Jap.Soc.Sci.Fish.*, 41:465- 466

Delgado, C.L., Wada, N., Rosegrant, M.W., Meijer, S., Ahmed, M., 2003. *Fish to 2020: Supply and Demand in Changing Global Markets*. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington and WorldFish Center, Penang, Malaysia. 226 pp

Degani, G., Viola, S., Levanon, D., 1986. Effects of dietary carbohydrate source on growth and body composition of the european eel (*Anguilla anguilla*). *Aquaculture*, 52:97-104

Castelló-Orvay, F. 1993. *Acuicultura marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción*. Ciencis Experimentals, matemàtiques. Universitat de Barcelona 739 p.

Castillo-Vargasmachuca S., Ponce-Palafox J.T, Chávez-Ortiz E., Arredondo-Figueroa, J.L., 2007. Effect of the inicial stocking body weight on growth of spotted rose snapper *Lutjanus guttatus*

- (Steindachner, 1869) in marine floating cages. *Rev Biol Mar Ocean* 42:261–267.
- Castro, C. E. 1994. Control de calidad de insumos y dietas acuícolas. Manual de capacitación. Tomo I. FAO-ITALIA. Proyecto Aquila II. Documento de campo No. 16. Fundación Chile. 269 pp.
- Catacutan, M.R, Pagador G.E., Teshima, S., 2001. Effect 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, 1775). *Aquacult Res* 32:811–818.
- Cho, C.Y., Slinger, S., 1979. Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout. In: Halver, J.E., Tiews, K. (Eds.), *Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*, vol. II. Heenemann GmbH, Berlin, pp. 239–247.
- Cifuentes-Lemus, J.L., Torres- García, Ma. D.P., Frías, M.M., 1997. El océano y sus recursos XI Acuicultura. La ciencia para todos, La ciencia desde México. Ed. Fondo de Cultura Económico 128 pp.
- Clifford, H.C., 1992. Marine shrimp pond management: a review. In: Wyban, J. (Ed.), *Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA, pp. 111-137.
- Coloso, R.M., Murillo, D.P., Borlongan, L.G. Catacutan, M.K. (1993) Requirement of juvenile seabass *Lates calcarifer* Bloch, for tryptofhan. In: *Program and Abstract of the VI International Symposium on Fish Nutrition and Feeding*, 4-7 October 1993, Hobart, Australia.

- Cruz-Suárez, L.É., Nieto-López, M., Guajardo-Barbosa, C., Tapia-Salazar, M., Scholz, U., Ricque-Marie, D., 2007. Replacement of fish meal with poultry byproduct meal in practical diets for *Litopenaeus vannamei*, and digestibility of the tested ingredients and diets. *Aquaculture* 272, 466–476.
- De La Higuera, M. 1985. Fuentes de proteína y de energía alternativas en acuicultura. Trabajo presentado en el seminario sobre avances tecnológicos y necesidades en acuicultura, organizado por la ASA /Madrid en Sep. 1985. 8 pp.
- Delgado, C.L., Wada, N., Rosegrant, M.W., Meijer, S. Ahmed, M. 2003. Fish to 2020: Supply and Demand in Changing Global Markets. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington and WorldFish Center, Penang, Malaysia. 226 pp.
- Díaz Uribe JG. 1994. Análisis trofodinámico del huachinango, *Lutjanus peru*, en las bahías de la Paz y la Ventana., B.C.S., México. Tesis de maestría. CICESE; Ensenada B.C. México, 57 pp.
- Dong, M.F., Hardy R.W., Haas, F.N., Barrows, F.T., Rasco, B., Fairgrieve, W., Forster, I., 1993. Chemical composition and digestibility of poultry by-product meals for salmonid diets. *Aquaculture*. 116: 149-158.
- Gümüş, E., Kaya, Y., Balci, B.A., Acar, B.B., 2009. Partial replacement of fishmeal with tuna liver meal in diets for common carp fry. *Cyprinus carpio* L. 1758. Faculty of Fisheries, Akdeniz University, 07058, Antalya, Turkey. *Pakistan Vet. J.*, 2009, 29(4): 154-160.
- Gümüş, E., Erdogan, Fatime., 2010. Effects of Partial Substitution of Fish Meal with Tuna Liver Meal on the Fatty Acid Profile of Nile Tilapia Fry, *Oreochromis niloticus*. *Kafkas Univ Vet Fak Derg* 16 (Suppl-B): S283-S290, 2010.

- El-Sayed, A.F.M., 1999. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. *Aquaculture*, 179: 149-168.
- FAO. 2005. Examen de la situación de los recursos pesqueros marinos mundiales. FAO Fisheries Technical Paper 457. Rome, FAO. 235 pp.
- FAO. 2006b. FAO Statistical Database, FAOSTAT (available at <http://faostat.fao.org>).
- FAO. 2006c. Asia-Pacific Fishery Commission Regional Consultative Forum Meeting, 16-19 August 2006, Kuala Lumpur, Malaysia. Bangkok, FAO Regional Office for Asia and the Pacific.
- FAO. 2006d. Estado mundial de la acuicultura 2006. FAO Technical Paper 500. Rome, FAO. 134 pp.
- FAO. 2007. Fishstat Plus: Universal software for fishery statistical time series. Aquaculture production: quantities 1950-2005, Aquaculture production: values 1984-2005; Capture production: 1950-2005; Commodities production and trade: 1950-2005; Total production: 1970-2005, Vers. 2.30. Rome, FAO Fisheries and Aquaculture Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit.
- FAO, 2000. Estadísticas de la producción acuícola, Servicios de información, datos y estadísticas de Pesca, FAO Roma. 293 pp. www.semarnat.gob.mx/acuicultura.
- FAO, 2000; w3 Indexof/ pesquerias/Pesca/FAO/sofia/sofia
- Fernández-Borrás, J., Blasco-Minguez, J., 1993. Fisiología de la nutrición. Alimentación energética de la nutrición en peces: Generalidades. pp.

- 177-194. En: F. Castelló-Orvay (Ed.). *Acuicultura Marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción*. Ciencias experimentales, matemáticas. Universitat de Barcelona.
- Fowler, L. G. (1991) Poultry by-product meal as a dietary protein source in fall chinook salmon diets. *Aquaculture*, 99:309-321.
- García-Ortega, A. 2009. Nutrition and feeding research in the spotted rose snapper (*Lutjanus guttatus*) and bullseye puffer (*Sphoeroides annulatus*), new species for marine aquaculture. *Fish Physiology and Biochemistry* 35(1): 69-80.
- Hajen, W.E., Higgs, D.A., Beames, R.M., Dosanjh, B.S., 1993. Digestibility of various feedstuffs by postjuvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water. 2. Measurement of digestibility. *Aquaculture* 112: 333-348.
- Hebb, C.D., Castell J.D., Anderson D.M., Batt J., 2003. Growth and feed relation of juvenile winter flounder (*Pleuronectes americanus*) in relation to different protein-to-lipid levels in isocaloric diets. *Aquaculture* 221, 439-339.
- Hernández-González C. 2008. Evaluación del valor nutricional de subproductos pesqueros y pecuarios como sustitutos de la harina de pescado en dietas para tilapia (*Oreochromis niloticus*) y camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). Tesis doctoral. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional Unidad Mérida. Departamento de recursos del mar. 130 pp.
- Hernández-González, C., González-Santos, A., Hardy, R., Valverde-Romero M., Olvera-Novoa, M., González-Rodríguez, B., Abdo de la Parra, I., 2010. Evaluation of balanced diet supplement with conventional

- protein in grow-out for rose snapper *Lutjanus guttatus*. X Simposio Internacional de Nutrición Acuicola. X Symposium on Aquatic Nutrition. Noviembre 8-10, 2010. San Nicolas de los Garza, Nuevo león, México. pp 66.
- Hernández-González, C., Vanillas, P., Olvera-Novoa, M., Marquez, D., González-Rodríguez, B., 2010. Apparent digestibility of various protein ingredient in diets for rose snapper *Lutjanus guttatus*. X Simposio Internacional de Nutrición Acuicola. X Symposium on Aquatic Nutrition. Noviembre 8-10, 2010. San Nicolas de los Garza, Nuevo león, México. pp 67.
- Hernández-González, C., Blanco-Albarrán, L., González, R.B., Abdo de la Parra I., Duncan, N., Garcia Ortega, A., 2004. Evaluation in growth, feed efficiency and body composition of juvenile bellseye puffer *Sphoeroides annulatus* fed practical diets with different protein sources. Memories of world aquaculture society. Honolulu, Hawaii, USA.
- Hernández-Mendoza, K. 2007. Evaluación de los requerimientos de proteína, lípidos totales y dietas prácticas de juveniles de pargo lunarejo, *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1896). Tesis de maestría, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. A. C. Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental. Mazatlán; México. 79pp.
- Ketola, H. 1978 Nutritional requirements and feeding of selected coolwater fishes: A review. The Progressive Fish-Culturist, 40(4):127-132.
- Kim, S., Lee, K., 2009. Dietary protein requirements of juvenile tiger puffer (*Takifugu rubripes*). Aquaculture 287: 219-222.

- Kissil, G.W., Lupatsch, I., Higgs, D.A., Hardy, R.W., 2000b. Dietary substitution of soy and reprocessed protein concentrates for fish meal and their effects on growth and nutrient utilization in gilthead sea bream, *Sparus auratus* L., Aquaculture Research, 31, 595-602.
- Lan, C., Pan, B., (1993). In vitro digestibility simulating the proteolysis of feed protein in the midgut gland of grass shrimp (*Penaeus monodon*). Aquaculture, 109.59-70.
- Lee, S.M., Kim K.D., 2001. Effect 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.
- Luzzana U., Valfré F., Mangiarotti M., Domeneghini C., Radaelli G.R., Moretti Vittorio, M., Marco, S., 2005. Evaluation of different protein sources in fingerling grey mullet *Mugil cephalus* practical diets. Aquaculture international, 13, 291-303.
- McCoy II, D.H. 1990. Fishmeal-The critical ingredient in aquaculture feeds. Aquaculture Magazine, 16, (2): 43-50.
- Millamena, O.M. 1994. Review of SEAFDEC/AQD fish nutrition and feed development researchs. in: Santiago, C.B., Coloso, R.M., Millamena, O.M. and Borlongan, I.G. (eds) Feeds for Small-Scale Aquaculture. Proceeding of the National Seminar-workshop on Fish Nutrition and Feeds. SEAFDEC Aquaculture Department, Hoilo, the Philippines, pp. 52-63.
- Opstad I., Suontama, E., 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, O.A., Valente, M.P., Pousao-Ferreira P., Oliva-Teles, A., 2006. Grow performance and body composition of white seabream (*Diplodus sargus*) juveniles fed diets with different protein and lipid levels. *Aquaculture Research* 37, 255-263.
- Polovina, J.J., Ralston, S., 1987. Tropical snapper and groupers: Biology and Fisheries Management. Pp. 561-603. Westview Press Inc., Boulder.
- Poston, H.A., Rumsey G.L., 1983. Factores que afectan a necesidades dietéticas y los signos de deficiencia de L-triptófano en la trucha arco iris. *J. Nutr.* 113: 2568-2577.
- Poston, H.A., Riis R.C., Rumsey, G.L., Ketola, H.G., 1977. El efecto del suplemento dietético de aminoácidos, minerales y vitaminas en los salmónidos alimentados con dietas cataractogenic. *Vet Cornell*. 67: 472-509.
- Quartararo, N., Allan G.L., Bell J.D., 1998. Replacement of fish meal in diets for Australian snapper, *Pagrus auratus*. *Aquaculture* 166, 279-295.
- Randall, J.E. 1967. Food habits of reef fishes of the West Indies, *Studies in Tropical Oceanography* 5: 665-847.
- Robinson, E.H., Wilson, R.P., 1985. Nutrition and feeding. In Channel catfish culture, edited by C.S. Tucker. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, Vol. 15. Elsevier Scientific Press, Amsterdam, pp. 323-404.

- Rojas-Herrera, A.Á. 2001. Aspectos de la dinámica poblacional de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) y *L. guttatus* (Steindachner, 1869) (Pisces: Lutjanidae) del litoral de Guerrero, México. Tesis doctoral, Universidad de Colima, 194 p.
- Rojas-Herrera, A.A., Chiappa-Carrara, X., 2002. Feeding habits of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) in the coast of Guerrero, Mexico. *Cienc. Mar.* 28: 133-147.
- Rojas-Herrera, A.A., Mascaró, M., Chiappa-Carrara, X., 2004. Hábitos alimentarios del huachinango (*Lutjanus peru*) y del flamenco (*Lutjanus guttatus*) (Pisces: Lutjanidae) en la costa de Guerrero, México. *Rev. Biol. Trop.* 52: 163-170.
- Rora A.M.B., Ruyter B., Skorve J., Berge R.K., Slinning K.E., 2005. Influence of high content of dietary soybean oil on quality of large fresh, smoked and frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture International*, 13 (3), pp. 217-231.
- Rosenberry, B. 2004. World Shrimp Farming 2004. An annual report. In: Rosenberry, B. (Ed). *Shrimp News International*, EUA, 276 p.
- Sandoval-Valle, J. de J. 2002. Evaluación de alimentos balanceados para la engorda en tanques de pargo lunarejo (*L. guttatus*). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias del Mar, Mazatlán, México. 33pp.
- Santamaría-Miranda, A., Rojas-Herrera, A.A., 1994a. Análisis de la variación morfofisiológica del huachinango, *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) de la costa chica del estado de Guerrero, México, periodo 1993-1994. IV Congreso Nacional de Ictiología, Morelia, Michoacán, México, p. 104.

- Santamaría-Miranda, A., Rojas-Herrera, A.A., 1994b. Análisis de la variación morfofisiológica del flamenco, *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) (Pisces: Lutjanidae) en el litoral de Acapulco, Guerrero, México. Período 1993-1994. XII Congreso Nacional de Zoología, Morelia, Michoacán, México, p. 183.
- Sierra, L.M., Popova, O.A., 1997. Relaciones tróficas de los juveniles de cinco especies de pargo (Pisces: Lutjanidae) en Cuba. *Revista Biología Tropical* 44(3)/45 (1): 499-506.
- Silva, P., Andrade, A.P., Viriato, A.T., Rocha, E., Valente, M.P., 2006. Dietary protein, growth, nutrient utilization and body composition of juvenile blackspot seabream, *Pagellus Bogaraveo* (Brunnich). *Aquaculture Research* 37, 1007-1014.
- Singh, R.P., Nose, T., 1967. Digestibility of carbohydrate in young rainbow trout. *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab. Tokyo*, 17:21-25.
- Smith, D.M., Allan, G.L., Williams, K.C., Barlow, C., 2000. Fishmeal replacement research for shrimp feed in Australia. In: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia Salazar, M., Olivera- Novoa, M.A., Civera Cerecedo, R., (Eds.). *Avances en nutrición Acuicola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*. 19-22 Noviembre 2000, Mérida, Yucatán, México.
- Tacon, A. 1989. *Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación. Tomo I. FAO-ITALIA. Proyecto Aquila II. Documento de campo No. 4. Brasil. 176 pp.*
- Thomson, D., Findley, L., Kerstitch, A., 2000. *Reef fishes of the Sea of Cortez: The rocky-shore fishes of the Gulf of California. Revised Edition. 1st University of Texas Press Ed.*

- Tucker, J.W. 1998. Marine Fish Culture. Kluwer Academic Publishers. Norwell, Massachusetts, 750 p.
- Rodríguez-Serna, M. 1999. Biología y sistemática de los Cambáridos del sudeste de México y su potencial aprovechamiento en la acuicultura. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, 101 pp.
- Uyan Orhan., Shunsuke Koshio., Shin-ichi Teshima., Manabu Ishikawa., Moe Thu., Md. Shah Alam., Fady Raafat Michael. Growth and phosphorus loading by partially replacing fishmeal with tuna muscle by-product powder in the diet of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* (2006) Aquaculture International 257, pp. 437–445.
- Watanabe, T. (2002). Strategies for further development of aquatic feed. Fisheries Science 68: 242-252.
- Whiteman, Kasey W., Gattin III, Delbert M. Evaluation of fisheries by-catch and by-product meals in diets for red drum *Sciaenops ocellatus* L. Aquaculture Research, 2005, 36, 1572-1580
- Young, P.C., Morris, F.A., Huntingford, R.S., 2005. Replacing fish oil with pre-extruded carbohydrate in diets for Atlantic salmon, *Salmo salar*, during their entire marine grow-out phase: Effects on growth, composition and colour. Aquaculture; 2005.
- Zar, J.H. 1984. Biostatistical analysis. 2nd edition. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 130 p.

Zhou Q.C., Mai, K., Tan, B., Liu, Y., 2005. Partial replacement of fish meal by soybean meal in diets for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture Nutrition*, 11: 175–182.

ANEXOS

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 piedra sílica del desecador debe de estar completamente seca (según el tipo cambiará la coloración, ejemplo. Será azul intenso cuando está 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

% de Humedad = $\frac{(P2-P1)}{M} \times 100$

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±.
- 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 = $\frac{(P2-P1)}{M} \times 100$

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 quemé.
- Se coloca en la estufa a 105°C para que evapore el éter, NO DEBE CERRARSE EL HORNO HERMÉTICAMENTE PARA EVITAR UNA EXPLOSÓN 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 = $[(P2-P1)/M](100)$

Donde:

P2 = Peso del matraz con grasa

P1 = Peso del matraz 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 cobre en una atmósfera de dióxido de carbono (CO₂). Los gases emanados de aquella combustión se reducían en cobre 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:

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAHAMAS



SISTEMA DE BIBLIOTECA

A. Pesada

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

B. Ciclo de análisis

1. Purga

- La muestra pesada y envuelta en papel de estaño (Tin Foil) es colocada en el cabezal de carga y purgada de cualquier gas atmosférico que hubiera ingresado en el proceso de preparación de la misma.
- Paralelamente el recipiente que colecta los gases de la combustión Ballast® (sistema patentado por LECO®), también es purgado.

2. Combustión

- La muestra ingresa al horno calentado a 1000 °C aproximadamente y gas oxígeno puro es ingresado para acelerar el proceso de combustión.
- Los productos de la combustión son principalmente: CO₂, H₂O, NO_x, N₂
- 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

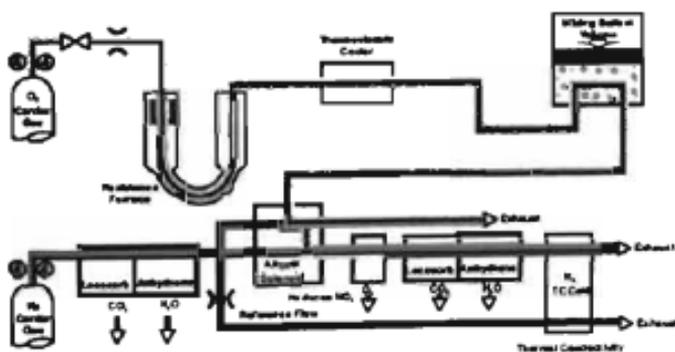
- Los gases obtenidos en la combustión son homogeneizados en el Ballast® a través de una mezcla pasiva.

- 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 cañerías para remover el O₂ y reducirlos NOx 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

<i>Sample</i>	<i>Weight (g)</i>	<i>% Nitrogen</i>	<i>% Protein</i>
Pet Food #1	0.2047	2.79	17.43
	0.2423	2.76	17.25
	0.2176	2.78	17.25
	0.2575	2.77	17.34
	Average =	2.77	17.32
	Std. Dev. =	0.014	0.09
Pet Food #2	0.2359	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
LECO®DUMAS			

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.

ANEXO 2. TÉCNICA PARA DETECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE AMINOÁCIDOS POR CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA DE ALTA RESOLUCIÓN (HPLC)

- **Pre- preparación**

Aproximadamente 3 gr de muestra deben ser sometidos a una eliminación total de humedad y grasa mediante los métodos oficiales ya establecidos por la AOAC. (Método 920.39 AOAC. 1998).

- **Preparación de la muestra**

Hidrólisis

Se pesa con exactitud 3.0 mg de muestra cuyo contenido proteico es menor al 40% y 1.0 mg de muestra con contenido proteico mayor al 40%; se adiciona la misma cantidad en peso de ácido Tioglicólico y 3,0 ml de HCl 6 M en un tubo para hidrólisis (Pierce 29560). Se aplica vacio por 3 min y se hidroliza por 4 horas las muestras con menor contenido proteico y 6 horas las muestras con mayor contenido proteico a 150°C en un sistema de reacción al vacio (Pierce 8870).

Se agrega 3 ml de agua destilada al hidrolizado y se rota-evapora a 65°C (Brinkmann Büchi RE 121), posteriormente se realizan 2 lavados más de la misma forma hasta evaporar completamente el agua. La muestra se recupere con 1 ml de buffer de Citrato de Sodio 0.2 N, pH 2.2. Etiquetar y analizar de inmediato o almacenar a 0 °C.

Derivatización de la muestra

A una alícuota de 100 µl del hidrolizado se le añade 40 µl del estándar interno 2.5 µmol/ml y se afora a un 1 ml con buffer de Citrato de Sodio pH 2.2. Posteriormente para se toman 250 µl del diluido y se mezcla con 250 µl de OPA en una jeringa para cromatografía líquida e inmediatamente se filtra (0.2 µm) para tomar 10 µl del derivado e inyectar al cromatógrafo (HPLC), la derivatización y la toma de muestra para inyectar no deben de superar los 2 min.

Condiciones cromatográficas

El sistema de cromatografía líquida (Varian, Palo Alto, CA) consiste en un modelo 9012 de alta resolución. Se requiere un detector Varian de Fluorescencia, un inyector de capacidad de 10 µl de volumen, así como una columna ODS RPC C18

10cm x 4.6 mmID, 3 μ m, 100 Å. La fase móvil consiste en solvente A: Metanol; solvente B: Buffer de acetato de Sodio (0.1 M, pH 7.2), Metanol y Tetrahidrofurano, los cuales son empleados como un modificador orgánico (900:95:5 v/v/v) (Sigma Chemical Co.). La identificación y cuantificación de los aminoácidos se dará comparando el tiempo de retención de la muestra contra los del estándar. El sistema de cromatografía es conectado a un Software (Varian Star Chromatography versión 4.0) donde se reportan las lecturas de los picos en áreas.