

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



Evaluación de alimentos balanceados en la pre-engorda de pargo flamenco, *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en jaulas flotantes.

Por:

Martín Valverde Romero

Tesis aprobada por la:

UNIDAD MAZATLAN EN ACUICULTURA Y MANEJO AMBIENTAL

Como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

Hermosillo, Sonora, México Diciembre del 2011

## DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del director del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD).

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del manuscrito en cuestión del director de tesis.

---

Dr. Ramón Pacheco Aguilar  
Director General

## APROBACIÓN

Los miembros del comité asignados para revisar la tesis de Martín Valverde Romero, la han encontrado satisfactoriamente y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias.

---

Dra. Crisantema Hernández González  
Director de Tesis

---

Dr. Miguel Ángel Olvera Novoa  
Asesor

---

Dr. Francisco Javier Martínez Cordero  
Asesor

---

M. en C. María Isabel Abdo de la Parra  
Asesor

---

M. en I. Alfredo Emmanuel Vázquez Olivares  
Asesor

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para la realización de la maestría, así como la beca mixta para la realización de la estancia académica en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Al Centro De Investigación En Alimentación y Desarrollo, A.C. por brindarme los conocimientos para cursar la Maestría en Ciencias.

Al proyecto Desarrollo y Validación de alimentos balanceados para el cultivo intensivo de pargo flamenco y botete diana en jaulas flotantes SAGARPA-CONACYT clave 109673 por haber financiado el presente estudio.

Al Consejo Estatal De Ciencia y Tecnología del estado de Sinaloa por la beca para la terminación de esta tesis.

A la Dra. Crisantema Hernández González por haberme permitido seguir con mi formación académica como parte del laboratorio de nutrición, por sus enseñanzas, amistad, respeto y cariño, así como las buenas charlas y consejos, gracias cris.

A los miembros de mi comité de tesis, Dr. Miguel Ángel Olvera Novoa, Dr. Francisco Javier Martínez Cordero, M. en C. María Isabel Abdo de la Parra, M. en I. Alfredo Emmanuel Vázquez Olivares, por sus observaciones hechas hacia este escrito.

Al laboratorio de nutrición y planta de alimentos de CIAD, A.C. unidad Mazatlán en especial a la Biol. Blanca González Rodríguez y a la Biol. Patricia Domínguez Jiménez por la ayuda prestada con los análisis bromatológicos y consumibles de los bioensayos.

Al Dr. Pablo Almazán Rueda encargado del posgrado del CIAD, A.C. unidad Mazatlán por su apoyo y amistad, gracias Pablo.

Al Grupo de Investigación en Acuicultura (GIA) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), España. En especial a la Dra. Lidia Robaina Robaina por haberme permitido la oportunidad de realizar una estancia académica en sus instalaciones, a la Dra. Josefa García Romero, así como las técnicas Carmen Quintana, Yurena Melian y Sylvia González Cubas por ayudarme con cada uno de los análisis realizados durante la estancia.

A la Cooperativa de pescadores de la isla de la piedra en especial al Sr. José Alberto Benítez y al Sr. Guillermo Canizalez por todo el apoyo prestado durante el cultivo en jaulas.

A mis compañeros de laboratorio al Biol. Alan González Santos, a los Ingenieros Denisse Márquez Martínez, Paul Varillas Martínez, Cinthya

Lizarraga, Daniela Contreras Rojas, Lorena Osuna, Yazmín Sánchez y Azahel Benítez, por toda la ayuda prestada y los buenos momentos que nunca olvidare.

A los alumnos de a planta de alimentos Gaby, Cesar, Fierro, Laura, Joaquín, Ramón, Diego, Julio por la ayuda prestada durante este trabajo.

Al L.I.A. Jorge Alberto Duran Niebla por el apoyo otorgado en biblioteca y centro de computo.

A mis amigos de maestría: Citlalic, Elda, Jarintzin, Linda, Sarahí, Teresa, Alan, Efrén, Carlos y Oscar por todos los momentos vividos y recuerdos que siempre se quedaran conmigo.

## DEDICATORIA

*A la memoria de mi padre José Valverde Aguirre (\*22/12/36-11/02/117) quien aun me sigue demostrando que no hay peor lucha que la que no se hace, y de quien siempre estaré orgulloso, te llevo en mi corazón viejo.*

*A mi madre Virginia Remero Hernández por crear la persona que hasta ahora soy, por estar conmigo en cada uno de mis pasos, por enseñarme que siempre se puede dar más, y por guiarme en la vida.*

*A mis hermanos José Antonio, Mayra Nohemí y Gilberto Valverde Remero por darme su apoyo en cada uno de mis objetivos marcados y darme ese hombro que se necesita en los peores momentos gracias muchachos por siempre estar ahí. A mi hermano Benjamín Valverde Arellano, por estar siempre al pendiente de mí. A mis sobrinos Pamela García Valverde y José Antonio Valverde Velarde por siempre regalarme una sonrisa con sus ocurrencias los amo.*

*A las familias Valverde Aguirre y Remero Hernández por siempre estar al pendiente de mis logros los respeto, admiro y quiero.*

*Ya quien llevo en el momento más indicado en mi vida y quien me ha dado su apoyo incondicional a mi novia Mayra Fuentes Camacho te amo mi amor.*

## ÍNDICE

Capitulo	Contenido	Página
	Declaratoria institucional	II
	Aprobación	III
	Agradecimientos	IV
	Dedicatoria	VI
	Contenido	VII
	Lista de figuras	IX
	Lista de tablas	X
	Resumen	XI
1.	INTRODUCCIÓN	12
2.	ANTECEDENTES	21
2.1.	Hábitos alimenticios de <i>L. guttatus</i>	21
2.2.	Fuentes de proteína alternativas	21
2.3.	Antecedentes nutricionales de <i>L. guttatus</i>	23
2.4.	Utilización de fuentes de proteínas alternativas en peces marinos	24
2.5.	Cultivo de pargos en jaulas	27
2.6.	Antecedentes económicos del cultivo de pargo flamenco	30
3.	HIPÓTESIS	31
4.	OBJETIVOS	31
4.1.	Objetivo general	31
4.1.1.	Objetivos específicos	31
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	32
5.1	Bioensayo experimental correspondiente a la primera etapa	32
5.1.1.	Formulación de dietas experimentales	32
5.1.2.	Elaboración de dietas experimentales	33
5.1.3.	Análisis químicos	35
5.1.3.1	Análisis proximales de ingredientes y dietas	35
5.1.3.2.	Extracción y cuantificación de carotenoides totales	36
5.1.4.	Descripción de la sala de bioensayos	36
5.1.5.	Origen de organismos	37
5. 1.6.	Diseño experimental	37
5.1.7.	Parámetros ambientales	38
5.1.8.	Evaluación biológica	38
5.2.	Cultivo en jaulas flotantes	40
5.2.1	Formulación de alimento balanceado experimental para la pre-engorda de <i>L. guttatus</i> en jaulas flotantes	40
5.3.2.	Elaboración de dieta experimental para la pre-engorda de <i>L. guttatus</i> en jaulas flotantes	40
5.3.3.	Análisis químicos de alimentos balanceados y carcasa de los organismos utilizados en pre- engorda de <i>L. guttatus</i> en jaulas flotantes	41
5.3.4.	Sitio de cultivo para pre-engorda de <i>L. guttatus</i> en jaulas flotantes	42
5.3.5.	Descripción del módulo de jaulas flotantes utilizado en la evaluación de alimentos balanceados en la pre-engorda de <i>L.guttatus</i>	43
5.3.6.	Descripción de componentes de jaulas flotantes utilizadas en la	444

	evaluación de alimentos balanceados en la pre-engorda de <i>L. guttatus</i>	
5.3.7.	Organismos empleados en pre-engorda de <i>L. guttatus</i>	45
5.3.8.	Diseño experimental para la evaluación de alimentos balanceados en pre-engorda de <i>Lutjanus guttatus</i> en jaulas flotantes	46
5.3.9.	Parámetros ambientales	49
5.4.0.	Evaluación biológica.	49
5.5.0.	Análisis estacionales de calidad de agua	50
5.6.0.	Rentabilidad económica	50
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
6.1.	Bioensayo experimental	52
6.1.1.	Análisis proximales de ingredientes y dietas	52
6.1.2.	Parámetros ambientales	54
6.1.3.	Evaluación biológica	54
6.1.3.1	Supervivencia (%)	55
6.1.3.2.	Ganancia en peso	56
6.1.3.3.	Tasa Especifica de Crecimiento (TEC)	57
6.1.3.4.	Factor de conversión alimenticia (FCA)	57
6.1.3.5.	Tasa de eficiencia proteica (PER)	57
6.1.3.6.	Utilización aparente de nitrógeno (%)	58
6.1.3.7.	Cuantificación de carotenoides totales	58
6.1.3.8.	Costo Unitario de Alimentación (CUA).	59
6.2.	Cultivo en jaulas flotantes	59
6.2.1.	Análisis proximales de alimentos balanceados	59
6.2.2.	Parámetros ambientales	60
6.2.3.	Análisis estacionales de calidad de agua.	61
6.2.4.	Evaluación biológica de pre engorda de <i>L. guttatus</i> en jaulas flotantes	62
6.2.5.	Supervivencia (%)	63
6.2.6.	Ganancia en peso	64
6.2.7.	Tasa específica de crecimiento	65
6.2.8.	Factor de conversión alimenticia (FCA)	65
6.2.9.	Tasa de eficiencia proteica	65
6.3.0.	Utilización aparente de nitrógeno	66
6.3.1.	Costo unitario de alimentación (CUA)	66
6.4.	Rentabilidad económica	66
7.	CONCLUSIONES	71
8.	RECOMENDACIONES	73
9.	BIBLIOGRAFÍA	74
10.	ANEXO	81



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Contenido	Página
1	Composición porcentual de dietas experimentales para pargo flamenco ( <i>L. guttatus</i> ).	33
2	Composición proximal y perfil de aminoácidos de ingredientes empleados como fuente alternativa de proteína para alimentar <i>L. guttatus</i> .	52
3	Composición proximal y perfil de aminoácidos de dietas experimentales empleadas para alimentar <i>L. guttatus</i> . (% en base húmeda).	53
4	Parámetros ambientales registrados durante los 120 días de cultivo de <i>L. guttatus</i> alimentado con dietas experimentales.	54
5	Resultados de evaluación biológica en 120 días de duración.	55
6	Composición proximal de alimentos balanceados empleados en la pre-engorda de <i>L. guttatus</i> en jaulas flotantes (% en base húmeda).	60
7	Resultados del análisis estacional de calidad de agua del sitio de cultivo empleado en la pre-engorda de pargo flamenco en jaulas flotantes.	62
8	Resultados de la evaluación biológica del <i>L. guttatus</i> alimentado con un alimento experimental y un alimento comercial de referencia durante la etapa de pre-engorda en jaulas flotantes.	63
9	Análisis de rentabilidad Beneficio-Costo en corridas bases de pre-engorda de pargo flamenco en jaulas flotantes.	67
10	Análisis de sensibilidad financiera de pre-engorda de pargo flamenco en jaulas flotantes.	69
11	Perspectiva de análisis de rentabilidad Beneficio-Costo en escenario óptimo para la pre-engorda de pargo flamenco en jaulas flotantes.	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Página
1	Elaboración de dietas experimentales	34
2	Peletización y secado de dietas experimentales.	35
3	Sala de bioensayos.	37
4	Elaboración de dieta CIAD para evaluación de pre-engorda de pargo flamenco en jaulas flotantes.	41
5	Ubicación geográfica del área seleccionada para establecer el módulo de jaula flotantes para pre-engorda de <i>L. guttatus</i> (Imagen de Dr. Cesar A. Berlanga-Robles, 2010).	42
6	Características de módulo de jaulas flotantes empleado en la evaluación de alimentos balanceados en la pre-engorda de pargo flamenco (Imagen de Juan A. Hernández Yau, 2010).	44
7	Componentes de jaula flotante utilizada en la evaluación de alimentos balanceados en pre-engorda de pargo flamenco (Imagen de Juan A. Hernández Yau, 2010).	45
8	Confección de maternidades empleadas en pre-engorda de <i>L. guttatus</i> en jaulas flotantes.	46
9	Trasporte terrestre de alevines de <i>L. guttatus</i> empleados en la pre-engorda en jaulas flotantes desde CIAD-Mazatlán.	47
10	Trasporte marítimo de alevines de <i>L. guttatus</i> empleados en la pre-engorda en jaulas flotantes.	48
11	Muestreo de pre-engorda de <i>L. guttatus</i> en jaulas flotantes.	49
12	Ganancia en peso de <i>L. guttatus</i> alimentados con dietas experimentales y dieta comercial durante 120 días de cultivo.	56
13	Parámetros ambientales de cultivo de <i>L. guttatus</i> en jaulas flotantes durante 183 días.	61
14	Ganancia en peso de <i>L. guttatus</i> cultivado en jaulas flotantes durante 183 días.	64

## RESUMEN

En el Pacífico Mexicano el pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*) es un pez marino que tiene una muy buena demanda por los consumidores y alcanza precios altos en el mercado nacional. Sin embargo no existe una dieta específica para su cultivo. Con el fin de encontrar una dieta que cumpliera con sus requerimientos específicos, se formularon cuatro dietas experimentales, con 51% de proteína y 18% de lípidos. Una dieta control con harina de pescado (HP) como principal fuente de proteína y tres dietas experimentales, en las cuales se sustituyó el 15% de la proteína de HP con harina de subproductos de ave (PBM), harina de carne y hueso (MBM) y harina de subproductos de atún (TBM), como grupo referencia se incluyó un alimento comercial para peces marinos. Se colocaron 20 juveniles de pargo con un peso promedio de  $8.23 \pm 0.02$  g en tanques de fibra de vidrio de 450 L, se alimentaron tres veces al día a una ración diaria equivalente al 3% de la biomasa existente en cada tanque, durante 120 días. Cada dieta se evaluó por triplicado. Se registró un promedio de 33 ‰ para salinidad, 5.98 mg/L de oxígeno disuelto y una temperatura de 27.1°C. Los mejores resultados de supervivencia, Factor de Conversión Alimenticia (FCA), Utilización Aparente de Nitrógeno (UAN), Tasa de Crecimiento Específico (TCE), Tasa de Eficiencia Proteica (TEP), ganancia en peso (g) y Costo Unitario de Alimentación (CUA) se registraron para la dieta PBM, sin embargo no mostró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) respecto a las dietas Control y TBM. Los peces alimentados con la dieta comercial mostraron los resultados más bajos para cada parámetro evaluado. En un segundo experimento se evaluó durante 183 días la mejor dieta (PBM) y se contrastó con una dieta comercial en la etapa de pre-engorda de pargo en jaulas flotantes. Se utilizaron 2 jaulas de 9 m de diámetro por 2 m de altura, las cuales se dividieron por la mitad. En cada división se sembraron 1350 juveniles con peso promedio de  $8.89 \text{ g} \pm 3.65$ . Los resultados no mostraron diferencias significativas entre ambos tratamientos en cuanto a supervivencia. Sin embargo, la respuesta para FCA, TCE, TEP, ganancia en peso (g) y CUA registrado para la dieta PBM mostro valores superiores y significativamente diferentes a la dieta comercial. El análisis de rentabilidad económica mostro que los juveniles alimentados con la PBM podrían alcanzar un precio de venta mayor debido a su mayor talla; así mismo una serie de sensibilidades económicas demostró que el costo por alevines es quien más afecta la rentabilidad de dicha pre-engorda; por último un escenario óptimo permitió visualizar el futuro de esta actividad. Los resultados del presente estudio, demuestran que la proteína de harina de pescado puede ser sustituida, en un 15% por harinas de sub productos pecuarios (PBM) y marinos (TBM) en dietas para *L. guttatus* satisfaciendo sus requerimientos nutricionales y sin que su crecimiento sea vea afectado.

## 1.- INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la FAO (2008), el crecimiento de la población, la urbanización y el aumento de los ingresos per cápita han hecho que el consumo mundial de pescado creciera durante el período 1961-2008, de 28 a 115 millones de toneladas, así mismo se proyecta que para el 2030 el consumo será de 184.5 millones, de igual forma los productos obtenidos por las pesquerías serán insuficientes para satisfacer tales demandas; por lo tanto, la acuicultura tiene en este sentido el desafío de coadyuvar a satisfacer las necesidades de alimentos proteicos de la población.

En México, la acuicultura nace como una actividad complementaria de apoyo social a las comunidades rurales, con lo cual se pretendía incrementar el consumo de proteína animal y mejorar así los niveles nutricionales de la población (Juárez-Palacios, 1987). Sin embargo, este objetivo no se ha cumplido, toda vez que el consumo *per cápita* no se ha incrementado significativamente en las últimas décadas, permaneciendo entre 10-20 kg/año (FAO, 2010). Actualmente, el esquema de la acuicultura que se presenta en México responde a una solución alternativa para fomentar la producción, generar divisas y evitar el agotamiento de los recursos pesqueros en el país (Avilés-Quevedo, 2002).

En el noroeste del Pacífico mexicano, el cultivo de camarón se ha desarrollado rápidamente. Particularmente los estados de Sonora y Sinaloa se consideran las regiones camaroneras más importantes del país, sin embargo en los últimos tiempos la actividad se ha desestabilizado por la aparición de enfermedades que han impactado su rentabilidad. Por lo anterior, ha sido

identificada la necesidad de diversificar la acuicultura mediante el cultivo de peces marinos de alto valor comercial.

Sin embargo y aun cuando a nivel mundial la piscicultura marina es una actividad relativamente nueva, cuyo auge data de los años 1960, al desarrollarse las técnicas para la producción de huevos, larvas y juveniles de *Pagrus major* en Japón (Ikenoue y Kafuku, 1992), los avances en este campo todavía no son muy relevantes, debido principalmente a la dificultad que presentan los peces marinos para su reproducción en cautiverio.

Los pargos (Familia Lutjanidae) representan un componente importante de las pesquerías, en las zonas tropicales del mundo (Polovina y Ralston 1987). Debido a que las pesquerías de estas zonas son principalmente artesanales, la importancia de estas especies adquiere más relevancia dado el alto número de personas a las que benefician de manera directa, ya sea como una fuente de ingresos o como una fuente de alimentación (Rojas-Herrera *et al.*, 2004) .

De tal forma, que desde el punto de vista comercial, la pesquería de pargos en México es sumamente importante, la cual ha ido en aumento en los últimos años, teniendo una producción en peso vivo de 2,655 t en el 2000 a 4,454 t en el 2007 (CONAPESCA,2009). Lo que ha ocasionado, que la talla de captura disminuya cada vez más, pescando así organismos que aún no han alcanzado la talla de primera madurez, esto ha logrado someter las pesquerías de pargos a fuertes presiones (Santamaría *et al.*, 1999; Espino, 2000; Rojas, 2001; Newman *et al.*, 2002; Lucano *et al.*, 2003; Díaz-Uribe *et al.*, 2004).

Particularmente, el pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*) es una especie demersal que habita arrecifes costeros de hasta 30 m de profundidad y generalmente solitaria o en pequeños cardúmenes. Los juveniles viven en estuarios y desembocaduras de ríos (Allen, 1995). Su distribución natural se

extiende en el pacifico oriental desde el Golfo de California, México hasta el norte de Perú (Allen, 1995).

El pargo flamenco, como es conocido localmente en México, constituye uno de los recursos más buscados en la pesca ribereña, donde son muy apreciados por su presentación, sabor, color y textura de su carne, además del alto precio que se paga por pieza y por el amplio mercado a nivel regional y nacional (Avilés-Quevedo, 2006).

Asimismo, debido al crecimiento de la población mundial y a los cambios ambientales, se cree que el consumo de peces alcanzara las 98.6 millones de toneladas para el año 2020 (Delgado *et al.*, 2003 en FAO, 2007). Lo anterior podría provocar alteraciones ecológicas irreversibles en los sistemas acuáticos, especialmente en los marinos, debido a que la pesca actúa con una enorme presión sobre un número muy limitado de especies, pues una de cada mil especies acuáticas es explotada (Castelló-Orvay, 2001 en Avilés-Quevedo, 2002).

En el mismo sentido Instituto Nacional de Pesca en la carta nacional pesquera 2010 recomienda regular las pesquerías de lutjanidos en general, debido a que se capturan durante todo el año, asimismo establecer una talla mínima de captura para evitar la pesca de juveniles. De igual forma sugiere específicamente para *L. guttatus*, su protección durante la época de reproducción en verano con posibilidad de ajustes en las fechas de apertura y cierre, en función de las condiciones de la población tal como sucede con el establecimiento de la veda de camarón, incluyendo áreas geográficas tales como: desembocaduras de ríos, zonas de reclutamiento y alimentación (zonas rocosas y coralinas). Todo esto debido a que con base en modelos de rendimiento por recluta en los estados del Pacífico centro la población se encuentra al máximo sustentable de su explotación (INAPESCA, 2010).

En los últimos 30 años la acuicultura ha experimentado un gran desarrollo, con el fin de abastecer una población en continuo crecimiento, con unas demandas cada vez más altas de pescado, lo que ha generado la necesidad de intensificar los procesos productivos. Esto ha incrementado el interés en los avances científicos y tecnológicos relacionados con los factores que influyen directamente en su rentabilidad económica, incluyendo la eficiencia alimenticia, velocidad de crecimiento, así como la salud y resistencia a enfermedades (Burr y Gatlin, 2005).

Dichos factores están estrechamente relacionados a la nutrición acuícola, ya que ésta juega un papel muy importante en el crecimiento, en la función del sistema inmune de los peces y en su resistencia a enfermedades. Por lo cual, los alimentos artificiales que se desarrollen deberán ser altamente digeribles, cubrir los requerimientos nutricionales y tener un bajo costo, para lograr así obtener el óptimo crecimiento, mejores tasas de conversión alimenticia, minimizar el estrés, mantener la salud de los peces y evitar el desperdicio del alimento, ya que esto propiciaría la contaminación del medio de cultivo y se traduciría en pérdidas económicas (Webster y Lim, 2002). Además, los alimentos y las prácticas de alimentación son elementos cruciales para lograr la rentabilidad económica de la industria acuícola, ya que los costos de alimentación representan entre el 30 al 60% de los costos totales de operación (NRC, 1993; Webster y Lim, 2002).

La harina de pescado (HP) es el ingrediente principal en las dietas acuícolas, debido a su contenido de proteína de alta calidad (excelente fuente de aminoácidos y ácidos grasos esenciales, energía, minerales, vitaminas y poder attractante) para muchos peces y camarones; así mismo la digestibilidad aparente tanto de proteína como de sus aminoácidos es alta en harinas de pescado de buena calidad. No obstante, ésta presenta desventajas que incluyen su alto costo y abastecimiento inestable, atribuido a factores de tipo climático como la anomalía de El Niño, que aunada a la sobre explotación de

los recursos pesqueros, puede provocar el colapso de las pesquerías orientadas a su fabricación, repercutiendo esto en su precio así como en el de los alimentos balanceados acuícolas (Hertrampf y Piedad-Pascual, 2000; Hajen *et al.*, 1993; Sugiura y Hardy, 2000; Tacon, 1994; Hardy, 1996 en Hernández-González, 2008).

De acuerdo a la International Fishmeal and Fish Oil Organization (IFFO) la producción de HP obtenida durante los últimos 20 años ha permanecido constante con alrededor de 6 millones de toneladas por año (en promedio). Sin embargo para 1998 y 2003 se registraron caídas en la producción de hasta uno y dos millones de toneladas con respecto al promedio global. Para 2003 se estima que las capturas de la flota peruana disminuyeron aproximadamente en un 32%, lo que impactó significativamente la disponibilidad global de HP, ya que este país es el principal productor y exportador de este insumo (IFFO, 2007 en Hernández-González, 2008).

Actualmente el uso de HP en dietas para peces se ha incrementado al mismo nivel con la que se ha intensificado la producción por acuicultura a lo largo de las dos últimas décadas. De la cantidad promedio de HP que se produce a nivel mundial, la acuicultura utiliza un 57%, seguida por la porcicultura con un 21%, la avicultura con un 13% y un 6% se dirige hacia la elaboración de alimentos para mascotas (Jackson, 2007). La acuicultura incrementó el consumo de HP aproximadamente en un 47% durante el mismo periodo, tal diferencia según la IFFO se ha suplido con la harina que la industria avícola redujo en sus formulaciones durante este tiempo (Tacon *et al.* 2006).

Los pronósticos realizados por algunos autores, coinciden en que la acuicultura presenta un potencial para utilizar hasta el 70% de la producción mundial de harina de pescado en el año 2012 (Tacon y Forster, 2001; Pike y Barlow, 2003). Adicionalmente Harvey (2004) y Tacon *et al.* (2006) prevén para el mismo periodo, una alza significativa en el precio de la HP y al mismo tiempo



un aumento del costo por kilo de camarón y pescado, situaciones que han forzado a la industria productora de alimentos acuícolas a remplazar parte de la HP con ingredientes alternativos más económicos en las formulaciones. Sin embargo, el análisis final de estos autores establece que el factor económico será el que mayormente defina los niveles de HP en dietas para acuicultura, comparado con el factor social, revelando que para los próximos años el precio de la HP continuará al alza y las producciones se mantendrán estáticas en el nivel promedio o tan bajas como la obtenida en el 2006 (Tacon *et al.*, 2006; GLOBEFISH, 2007).

La producción acuícola de peces y crustáceos depende de la disponibilidad de la HP, propiciando el desarrollo de una serie de investigaciones enfocadas en la identificación de materiales como fuentes de proteína alternativas de costo accesible y altamente digeribles, con potencial de sustituir la HP y mantener los márgenes de ganancia (New y Wijkström, 2002; Barlow, 2003; SEAFEEDS, 2003; Huntingon, 2004; Huntingon *et al.*, 2004; Pike, 2005; Tacon *et al.*, 2006; Hardy, 2007 en Hernández-González, 2008).

Basado en esto último y aunado a que la creciente demanda de pescado no se puede satisfacer mediante las pesquerías, así como la necesidad de incrementar y diversificar la producción acuícola en el país, es que se ha optado por sistemas de cultivos marinos, que permitan incrementar la disponibilidad de recursos alimentarios y que por ende disminuyan la presión que actualmente existe sobre la pesca.

Una de las técnicas acuícolas existentes es el cultivo marino en jaulas flotantes. Ésta se inició en Asia hace dos siglos y ha tomado auge en los últimos 20 años. Se considera como el sistema acuícola con mayor potencial de crecimiento a nivel mundial, en el que se cultiva una diversidad de especies, desde manera rudimentaria y a pequeña escala hasta nivel comercial.

Asimismo, se ha ido ampliando su utilización a diferentes cuerpos de agua como ríos, lagos y lagunas (FAO, 2007).

Es un sistema cuyas ventajas son: necesidad de espacios de cultivo pequeños, supresión de instalaciones de bombeo, facilidad de traslado en caso de contaminación, mayor producción por unidad de área que las instalaciones en tierra y menor esfuerzo para cosechar. Sin embargo de igual que otros sistemas de cultivo presenta desventajas como lo son: necesidad de sitios con suministro alto de oxígeno y flujo de agua, requerimientos de personal calificado, periódicas reparaciones y limpiezas de redes, dificultad para realizar tareas de rutina debido a factores ambientales, problemas en la prevención y tratamiento de patologías, peligro frente a tempestades o ataques de depredadores y difícil vigilancia (Comunicación personal M. en I. Alfredo E. Vázquez Olivares).

La engorda de pargos en jaulas flotantes se inició en los países asiáticos a partir de los años 80's, siendo *Lutjanus argentimaculatus* la especie más cultivada, alcanzando una producción máxima de 2,697 ton en el año 1996. Los países productores son China, Malasia, Nigeria, Singapur, Tailandia y Filipinas, con una producción acuícola de 2034 ton que generaron \$12,570,000 USD (FAO, 2000). A pesar de los avances en el desarrollo tecnológico, actualmente esta producción depende en más de un 95% de la colecta de especímenes silvestres.

En México, en 1994 el Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA), con la asesoría de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) realizó las primeras experiencias en el cultivo de *Lutjanus peru*, *L. guttatus*, *L. argentivetrus*, *L. aratus* mediante la colecta silvestre y su posterior engorda en jaulas flotantes (Avilés-Quevedo *et al.* 1996; Avilés-Quevedo y Castelló-Orvay, 2002).

Estos estudios se han enfocado particularmente al desarrollo de la biotecnología para esta y otras especies. Los sistemas de jaulas utilizadas han sido con fines experimentales. Particularmente, el estudio y diseño de jaulas para cultivos marinos se retomó formalmente en el 2002 con la propuesta de módulos demostrativos de cultivos comerciales en jaulas flotantes de especies nativas en la costa del pacífico, sin embargo la tecnología empleada aún sigue siendo rudimentaria para responder a las necesidades operativas de un cultivo comercial en la actualidad. Otro caso en México, es la engorda de atún aleta azul (*Thunnus thynnus*) siguiendo la experiencia de países como Australia. Este proyecto ha tenido buenos resultados económicos por las exportaciones de atún a Japón; esto ha motivado a participar a más empresas y ha tenido un desarrollo importante en México por su volumen de producción y su valor,. Esta es la única experiencia documentada de cultivos en jaulas marinas con éxito en México (Vázquez-Olivares, 2006).

Sin embargo otro factor crucial en un sistema de cultivo es el que implica los alimentos acuícolas y su aplicación. Éstos deben cumplir con los requerimientos nutricionales de la especie a la cual vaya a ser suministrado, dado que un desbalance en alguno de sus requerimientos logra reflejarse en diversos aspectos. Una inadecuada proporción de proteína o el uso de una fuente proteica limitada en aminoácidos esenciales reduce el crecimiento, malformaciones y/o disminuye la cantidad de eritrocitos en los peces lo cual llega a provocarles hasta la muerte. El desbalance de lípidos en la dieta limita la absorción de vitaminas y pigmentos liposolubles, al igual que disminuye el crecimiento. La falta de alguna vitamina y/o la limitación de alguna requerida por la especie causan en peces hemorragias cutáneas, exoftalmia, anemia, incremento de infecciones bacterianas, atrofia pancreática, etc. En el mismo sentido, el incumplimiento de los requerimientos de minerales produce en los peces descalcificación, desmineralización y deformación de vertebras.

Actualmente no existe en el mercado nacional y/o internacional un alimento comercial adecuado para *L. guttatus*, por lo que los productores se ven en la necesidad de usar alimento fresco (sardina, fauna de acompañamiento y restos de camarón), alimentos balanceados como Nutripec para peces marinos de la marca Purina, el cual no es específico para ninguna especie; incluso han llegado a emplear fórmulas diseñadas para trucha, camarón e importadas como es el caso del alimento Kona Pacific de la marca Skretting diseñado para *Seriola lalandi*, todas estas sin cumplir con los requerimientos específicos para el pargo flamenco.

Con base en todo lo anterior, el presente trabajo evaluó cinco alimentos balanceados a nivel experimental, cuyas formulaciones se realizaron en base a nutrientes digestibles requeridos para juveniles de pargo, *L. guttatus*; seleccionando al final de esta etapa la dieta que mostrara los mejores rendimientos productivos para evaluarse junto a una dieta comercial para peces marinos de marca comercial en la fase de pre engorda en jaulas flotantes.

## **2.- ANTECEDENTES**

### **2.1. Hábitos alimenticios de *L. guttatus***

Los organismos de *L. guttatus* son carnívoros (Walford, 1937 en Rojas 1994), depredadores activos especialmente de noche, al amanecer y durante el crepúsculo; alimentándose de una gran variedad de presas, entre las que figuran los peces de las familias Engraulidae y Clupeidae, estomatópodos, penéidos, portúnidos y larvas de crustáceos (zoea y megalopas) (Rojas-Herrera *et al.*, 2004). Se adapta fácilmente a condiciones de cautiverio y a la alimentación artificial.

### **2.2. Fuentes de proteína alternativas**

La lista de fuentes de proteínas alternativas adecuadas para reemplazar la HP en dietas para peces es relativamente corta, e incluye subproductos de aves y de la aportación del procesamiento de carnes, al igual que desechos de la industria del pescado, así como concentrados a partir de granos, oleaginosas y leguminosas, además de las nuevas fuentes proteicas de invertebrados marinos y de organismos unicelulares. La mayoría de éstas han sido estudiadas en las dietas para peces, así como también se han estimado sus niveles de reemplazo adecuados de HP para las principales especies acuícolas (Lim *et al.*, 2008).

El valor nutricional de estas fuentes de proteína es muy variable, pues depende de dos factores muy importantes como son los componentes que lo forman y el tipo de procesamiento al que fueron sometidos. Es importante mencionar que son productos muy susceptibles a la contaminación bacteriana, a la oxidación de sus lípidos, al desarrollo de hongos y a la adulteración (NRA, 2003).

Las harinas de origen pecuario son derivadas de la matanza de ganado vacuno, porcino y avícola. Están constituidas por tejidos conectivos, vísceras, sangre, canales enteras y plumas. Teóricamente no deben contener pelo, cascotes, cuernos y recortes de piel, pero en la realidad son constituyentes normales de estos ingredientes. Cuatro son las materias primas básicas comerciales que forman estos subproductos: harina de carne y hueso, harina de sangre, harina de subproductos de rastro avícola y harina de plumas. Sin embargo, en la práctica se tiene una gran variabilidad de productos, según los componentes y el procesamiento que se sigue en su elaboración (NRA, 2003).

Los subproductos de origen marino se generan del animal entero o bien de los desechos del procesamiento del mismo para consumo humano. La fuente más común es la harina de pescado, de la cual existe una gran variabilidad en su calidad nutricional, existiendo harinas fabricadas a base de una sola especie de pescado, como anchoveta, sardina o salmón, etc. Existen con grasa y sin grasa, clasificándose de acuerdo a su calidad biotóxica por su relación con las erosiones en la molleja y el vómito aviar (Castro-Campos, 1987).

La composición de la harina de pescado y por lo tanto la calidad de sus proteínas, depende fundamentalmente de cinco factores: tipo de materia prima (pescado entero o subproductos), frescura de la materia prima, temperatura del secado, tiempo de permanencia en el secador, calidad de los lípidos y de la calidad microbiológica del producto. (Abdo *et al.*, 1993). Las otras dos fuentes comunes de ingredientes de origen marino, son la harina de subproductos de camarón y de calamar.

### **2.3. Antecedentes nutricionales de *L. guttatus***

Villa-López (2005), determino los requerimientos de proteína y lípidos para sub adultos (140g) silvestres de pargo flamenco. En forma individual llevo a cabo dos experimentos para evaluar dietas con variaciones en los niveles de proteína (30, 35, 40, 45, 50, 55 y 60%) así como variaciones en los niveles de lípidos (8, 11, 14 y 17%). Los resultados obtenidos mostraron que la dieta con una inclusión de proteína del 40% promovió el mejor crecimiento de los peces; así mismo, para este nivel de proteína se observó cómo óptimo un contenido de lípidos del 11%.

Osuna-Duran (2009), estableció el requerimiento nutricional de vitamina C y el efecto de su deficiencia en el desarrollo de juveniles de *Lutjanus guttatus*. Elaboró seis dietas experimentales isoproteicas e isolipídicas, con diferentes concentraciones de vitamina C (0, 20, 47, 82, 177 y 718 mg/kg de alimento) en la forma de L-ascorbil-2-polifosfato (LA2PP). Fueron empleados juveniles de *L. guttatus* de peso promedio inicial de  $8 \text{ g} \pm 1.85$ . Después de ocho semanas de evaluación, los peces alimentados con las dietas de 0-82 mg/kg de LA2PP presentaron signos clínicos externos, así mismo a nivel histológico se observaron alteraciones en hígado, riñón, cerebro y branquias en peces de las dietas con 0-47 mg/kg de LA2PP. De igual forma la autora indica que los juveniles de *L. guttatus*, requieren una concentración de 137 mg de LA2PP (47 mg de ácido ascórbico/kg de alimento) para obtener el máximo crecimiento.

Abdo de la Parra *et al.* (2010), evaluaron el efecto de diferentes niveles de proteína y lípidos totales en la dieta sobre crecimiento y supervivencia de juveniles de *L. guttatus* producidos en laboratorio. Formularon nueve dietas semipuras 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 a juveniles con peso promedio inicial de  $2.2 \pm 0.1 \text{ g}$ . Los peces alimentados con las dietas de 45 y 50% de proteína y sus tres niveles de lípidos obtuvieron los mejores

resultados en cada uno de los índices nutricionales, que el resto de las dietas. Lo que indica 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.

En un segundo estudio, Abdo de la Parra *et al.* (2010) formularon dos dietas prácticas para *L. guttatus* con base al nivel óptimo de proteína cruda y lípidos totales obtenido en el anterior estudio; empleando como fuente proteína harina de pescado, harina de camarón y pasta de soya, además la primera dieta contenía harina de calamar y la segunda gónada de atún. Utilizando aceite de hígado de bacalao y canola como fuente de lípidos. Para confrontar sus resultados, se usaron dos dietas comerciales (Nutripec y Camaronina) las cuales son usadas para la engorda de pargo silvestre por pescadores del Pacífico mexicano. Los peces utilizados tenían  $3.2 \pm 0.1$  g de peso promedio inicial. Al término de ocho semanas la dieta práctica que contenía harina de calamar mostró los mejores valores en cada uno de los índices de evaluación.

#### **2.4. Utilización de fuentes de proteínas alternativas en peces marinos**

Robaina *et al.* (1997) evaluaron harinas de gluten de maíz y carne y hueso (MBM) y su implicaciones nutricionales en dietas para dorada (*Sparus aurata*). Elaboraron una dieta control a base de harina de pescado, y seis dietas en las que se sustituyó la proteína de pescado de la dieta control por harina de gluten de maíz (20, 30 y 40%) y harina de carne y hueso (20, 30 y 40%). Las dietas fueron utilizadas en juveniles de dorada de 40 g de peso promedio inicial. Después de 90 días de cultivo, no se encontraron diferencias entre los tratamientos. Sin embargo se observó un aumento en la ingesta de alimento conforme la inclusión de harina de gluten de maíz incrementaba, pasando lo inverso con las dietas con inclusión de MBM.



Para perca plateada Allan *et al.* (1999) formularon dos dietas prácticas. En la primera se incluyó 21.7% de harina de carne en la dieta y en la segunda 36.88%, de igual forma se elaboró una dieta control con 27% de harina de pescado las cuales fueron suministradas a juveniles de 80 g de peso promedio inicial. Después de seis meses de cultivo, la dieta con mayor contenido de carne fue quien obtuvo mejores resultados, al igual que mostro un costo significativamente menor en lo que respecta el costo de ingrediente por Kg de pez.

Shapawi *et al.* (2007) remplazaron la harina de pescado por harina de sub-productos de ave (PBM) en dietas formuladas para mero jorobado (*Cromileptes altivelis*). Formularon una dieta con harina de pescado como fuente principal de proteína y cinco dietas experimentales en las que se remplazó 50, 75 y 100% de la proteína de harina de pescado por harina de sub-productos de ave grado alimento en las tres primeras, así como 75 y 100% de harina de sub-productos de ave grado mascota en las dos restantes. Se utilizaron Juveniles de mero con un peso promedio de 12.4 g  $\pm$  0.2 de peso promedio inicial. Al término de ocho semanas, a excepción de la dieta con 100% de subproductos de ave grado mascota que fue quién mostro los valores más bajos, no se encontraron diferencias en los índices nutricionales evaluados entre el resto de las dietas.

En mero malabar (*Epinephelus malabaricus*) se estudió el remplazo de harina de pescado por proteína de subproductos pecuarios (Li *et al.*, 2009), para lo que se formuló una dieta control con 50% de harina de pescado y tres dietas en las que se remplazó el 25, 50 y 75% de la proteína de pescado por proteína de harina de subproductos de ave (PBM), dos más sustituyendo 25 y 50% de harina de pescado (HP) por harina de carne y hueso (MM1 y MM2), así como 25 y 50% de HP por harina de plumas (FM1 y FM2), incluyéndose también una dieta referencia (RF). Después de 10 semanas de evaluación en juveniles de mero con peso promedio inicial de 50.2 g, la dieta referencia fue quien mostró

los mejores resultados en cada uno de los índices evaluados. Sin embargo, la dieta con menor porcentaje de harina de plumas fue la que presentó mejores resultados, dentro del grupo de las dietas experimentales.

Li *et al.* (2010) evaluaron el potencial de varias fuentes de proteínas como sustitutos de la HP en dietas para corvina amarilla (*Pseudosciaena crocea*). Elaboraron una dieta control con harina de arenque como fuente principal de proteína y cuatro dietas en las que se reemplazó el 30% de la HP, por harina de soya, harina de carne y hueso, harina de sub-productos de ave y harina de cacahuete. Emplearon juveniles de corvina amarilla con un peso promedio inicial  $23.3 \pm 0.96\text{g}$ , los cuales fueron mantenidos en jaulas marinas flotantes. Al término de ocho semanas, la dieta con inclusión de harina de cacahuete obtuvo resultados adversos, mientras que el resto de los materiales demostraron ser adecuados para la elaboración de alimentos para corvina amarilla.

Hernández-González *et al.* (2010), determinaron los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de materia seca, proteína y lípidos de harina de canola, harina de carne y hueso, harina de atún, harina de soya, harina de cerdo y harina de ave grado mascota para el pargo flamenco. Para lo que elaboraron una dieta referencia formulada con harina de pescado y seis dietas experimentales, en las cuales se reemplazó el 30% de la dieta referencia por cada uno de los ingredientes experimentales. Se utilizaron organismos con un peso promedio de  $130 \pm 10\text{ g}$ , alimentados a saciedad aparente durante nueve semanas. Después de dicho tiempo, las harinas de ave grado mascota, atún, soya y de carne y hueso demostraron con base en los CDA's obtenidos, ser aptos para la formulación de alimentos para pargo.

Preciado-Iñiguez (2010) evaluó el efecto sobre el crecimiento y utilización del alimento del pargo flamenco al sustituir la HP por concentrado de proteína

de soya (CPS), y su complementación con DL-metionina. Realizó dos experimentos, en el primero analizó el efecto de sustituir la HP en la dieta por CPS, en niveles de 0, 10, 20, 30, 40, 50 y 100%; para lo que utilizó peces de 16.7 g  $\pm$  0.6 de peso inicial. Después de ocho semanas, se indica un crecimiento óptimo en un nivel de remplazo de 24.2% de HP por CPS; mientras que una relación entre la tasa de eficiencia económica (TEE) y los niveles de sustitución de CPS, mostró un nivel óptimo de inclusión de 21.45% de CPS. En su segundo experimento formuló dietas con diferentes niveles de DL-metionina (0, 0.5, 1, 1.5, 2 y 2.5), utilizando una formulación de 50% de HP y 50% de CPS en cada una de las dietas utilizadas. Al final de 12 semanas, indicó una complementación óptima de metionina del 1.16%; entretanto que la relación de la TEE con respecto al nivel de inclusión de DL-metionina, mostro un óptimo de inclusión del 0.81%.

## **2.5. Cultivo de pargos en jaulas**

Makhdoom *et al.* (2000) cultivaron *Lutjanus johni* en Pakistán con un peso inicial de 62.94 g y a una densidad de 37 organismos/m<sup>3</sup>. Después de 120 días de cultivo, obtuvieron organismos con un peso promedio final de 147.94 g y una longitud final de 17.5-24.0 cm, con una mortalidad del 5.04%.

Botero y Ospina (2002) evaluaron el crecimiento de juveniles de pargo palmero *Lutjanus analis* en jaulas flotantes. Para lo que utilizaron 127 juveniles con un peso promedio inicial de 151.1  $\pm$  23.59 g, manteniéndolos en una jaula de 8 m<sup>3</sup>. Se les suministró alimento comercial para trucha arcoíris con 45% de proteína cruda (PC) durante un periodo de 118 días. Posterior a ese periodo de tiempo obtuvieron organismos con un peso final de 524.0  $\pm$  40.03 g, un crecimiento absoluto individual de 3.16 g/día, una tasa de crecimiento específica de 1.06%/día y una supervivencia de 97.6%. Los resultados indican un excelente potencial de la especie para su cultivo en jaulas, aún cuando

obtuvieron un factor de conversión alimenticia de 3.53, el cual fue alto e inadecuado al utilizar alimento diseñado para otra especie.

Asimismo Benetti *et al.* (2002) investigo el crecimiento, supervivencia y tasa de conversión alimenticia de *L. analis* cultivado en jaulas flotantes. En un primer experimento, utilizaron juveniles con peso promedio inicial de 16.6 g, los cuales fueron sembrados en una jaula de 7 m de diámetro por 7 m de profundidad, a una densidad de 25 peces/m<sup>3</sup>. Al término de 246 días de cultivo, obtuvieron un peso promedio final de 330.7 g y una longitud total de 25.7 cm, con una tasa de crecimiento absoluto y específico de 1.28 g/día y 1.22%/día respectivamente, así como un factor de conversión alimenticia de 1.11. En el segundo experimento, utilizaron una jaula de 10 m de diámetro por 7 m de profundidad, y organismos con peso promedio inicial de 42.3 g sembrados a una densidad de 5 peces/m<sup>3</sup>. Posterior a 176 días de cultivo obtuvieron organismos con un peso promedio final de 245.6 g y una longitud total promedio de 23.8 cm, así como tasas de crecimiento absoluto y específico de 1.16g/día y 1%/día respectivamente, asimismo una tasa de conversión alimenticia de 1.64. Ambos experimentos lograron una supervivencia de 70%. Los datos obtenidos demuestran que el cultivo de este pargo en jaulas flotantes resulta más viable a densidades de 5 peces/m<sup>3</sup>.

García-Torcuato *et al.* (2006) realizaron una evaluación del crecimiento del pargo canane (*Ocyurus chrysurus*) y pargo biajaiba (*Lutjanus synagris*) a tres densidades de cultivo diferentes (5, 10 y 15 peces/jaula), en jaulas flotantes de 1.5 m<sup>3</sup> de volumen. Los organismos fueron tomados del medio con un peso promedio de 69.27 ± 8.8 g para canane y de 64.81 ± 11.71 g para el pargo biajaiba; los cuales fueron alimentados con sardina a una ración decreciente del 12% de la biomasa total. La densidad de siembra con 10 peces/jaula en canane presentó el mejor crecimiento con 119.82% y un FCA de 1.41, de igual manera la densidad de 5 peces/jaula biajaiba mostró el mejor crecimiento con 92.97% y un FCA de 1.35. Dichos resultados exhiben el amplio potencial que tienen

ambas especies para su cultivo en jaulas flotantes, a las densidades antes mencionadas.

Castillo-Vargasmachuca *et al.* (2007), evaluaron el efecto del peso inicial de cultivo sobre el crecimiento del pargo flamenco en jaulas flotantes. Se usaron pargos silvestres con pesos promedio de  $24.5 \pm 3.7$  g,  $55.4 \pm 3.5$  g y  $110.2 \pm 4.6$  g e introducidos para su engorda en jaulas flotantes de  $100 \text{ m}^3$  por un lapso de 153 días en Santa Cruz de Miramar, Nayarit, México, con la finalidad de encontrar el peso más adecuado de cultivo. Los pargos fueron alimentados con alimento comercial conteniendo 35% de PC (los primeros tres meses) y 25% de PC (el cuarto y quinto mes). Al final del experimento se obtuvo una supervivencia que fluctuó de 67.5 a 74.7%. Se determinaron, diferencias estadísticamente significativas (en cuanto a la biomasa final cosechada). Esta información sugiere que la utilización de pargos flamenco con peso inicial de 110 g puede ser una buena estrategia para el engorde en jaulas flotantes.

Garduño-Dionate *et al.* (2010), estimaron el crecimiento de juveniles silvestres de huachinango (*Lutjanus peru*) en un encierro de engorda en Puerto Vicente Guerrero, Guerrero, México; capturaron 1,200 juveniles con un peso promedio de  $96.00 \pm 20.28$  g, los cuales se confinaron en una jaula flotante de  $125 \text{ m}^3$ , donde fueron mantenidos por cuatro meses con alimento balanceado para camarón (35% de proteína) y sardina, en raciones equivalentes a 5% y 2% de la biomasa estimada respectivamente, durante los 106 días de cultivo. Las tasas de crecimiento en peso y crecimiento específico fueron de  $2.64 \pm 1.013$  g/día y  $1.075 \pm 0.651\%/día$  respectivamente, así como un peso promedio final de  $374 \pm 38.32$  g. Los datos recabados señalan que la talla capturada para la engorda es idónea para este tipo de cultivo

## **2.6. Antecedentes económicos del cultivo de pargo flamenco**

Aun cuando se han realizado diversos estudios sobre los hábitos alimenticios del pargo flamenco, así como sus requerimientos de proteína, lípidos y vitaminas, y su efecto sobre el crecimiento de esta especie, no existen reportes de análisis económicos en dichos estudios que generen un antecedente en este rubro.

### **3.- HIPÓTESIS**

El uso de un alimento balanceado con base en los requerimientos nutricionales de *L. guttatus*, permitirá obtener mejor crecimiento y supervivencia, así como una mayor rentabilidad económica durante su pre-engorda en jaulas flotantes.

### **4.- OBJETIVOS**

#### **4.1. Objetivo general**

Desarrollar y evaluar biológica y económicamente una dieta experimental para la etapa de pre-engorda de pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*) cultivado en jaulas flotantes.

#### **4.1.1. Objetivos específicos**

- I. Formular y evaluar cuatro dietas experimentales para su evaluación biológica en juveniles de *L. guttatus* a nivel experimental.
- II. Evaluar la dieta experimental con mejor rendimiento productivo, dentro de la etapa de pre-engorda de pargo flamenco en jaulas flotantes.
- III. Evaluar la rentabilidad económica de los alimentos balanceados empleados en la pre-engorda de pargo *L. guttatus* en jaulas flotantes.

## **5.- MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se desarrolló en dos etapas; la primera se llevó a cabo en las instalaciones de la Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., en el Laboratorio de Nutrición y Planta de Alimentos. La segunda fase se realizó en la costa de la Isla de la Piedra, Mazatlán, Sinaloa, México.

### **5.1 Bioensayo experimental correspondiente a la primera etapa**

#### **5.1.1. Formulación de dietas experimentales**

Con base a estudios previos de digestibilidad de nutrientes en diferentes ingredientes (Hernández *et al.*, 2010), se formularon cuatro dietas experimentales isoprotéicas e isolipídicas utilizando el programa de formulación Mixit-win. Se elaboró una dieta control con harina de pescado (HP) como principal fuente de proteína y tres dietas en las cuales se sustituyó el 15% del total de proteína de la HP por harina de subproductos de atún (TBM), harina de subproductos de ave (PBM) y harina de subproductos de carne y hueso (MBM) respectivamente (Tabla 1). Como principal fuente de lípidos fue usado aceite de pescado. El nivel de inclusión de pre mezclas de minerales y vitaminas fue semejante entre las dietas experimentales. Así mismo se empleó alginato (3%) como aglutinante y harina de trigo para integrar el 100% de las dietas. Con la finalidad de contrastar los datos obtenidos de las dietas experimentales también fue incluida en el diseño experimental una dieta comercial para peces marinos.



**Tabla 1.** Composición porcentual de dietas experimentales para pargo flamenco (*L. guttatus*)

INGREDIENTE	DIETAS			
	CONTROL	TBM	PBM	MBM
Harina de pescado	57.25%	43.52%	43.52%	43.52%
TBM	0.00%	9.24%	0.00%	0.00%
PBM	0.00%	0.00%	7.78%	0.00%
MBM	0.00%	0.00%	0.00%	10.81%
Harina de soya	6.35%	5.10%	5.10%	5.10%
Krill	7.19%	7.59%	7.59%	7.59%
Harina de calamar	4.06%	6.13%	5.97%	6.31%
Aceite de pescado	9.54%	11.29%	11.35%	11.02%
Harina de trigo	14.48%	11.52%	13.08%	10.04%
Pre mezcla vitaminas <sup>1</sup>	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%
Pre mezcla minerales <sup>2</sup>	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%
Vitamina c	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%
Alginato	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%
Carotenoides	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%
Lecitina de soya	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%
<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

<sup>1</sup>Premezcla de vitaminas de Trouw Nutrition International: Vitamina A, 2400 IU o mg/g de la Pre mezcla; Vitamina D3, 2250 IU; Vitamina E, 160 g; Vitamina K3, 8.00 g; Vitamina B1, 20.00 g; Vitamina B2, 40.00 g; Acido Pantoténico, 60.00 g; Acido Nicotínico, 160.00 g; Vitamina B6, 16.00 g; Ácido Fólico, 4.00 g; Vitamina B12, 80 mg; Biotina, 500 mg; Vitamina C, .2 g; Colina (como Cloruro). <sup>2</sup>Premezcla de minerales de Trouw Nutrition International: Manganeso, 100 g; Zinc, 160 g; Hierro, 200 g; Cobre, 20 g; Yodo, 5 g; Selenio, 0.40 mg; Cobalto 0.60 mg.

### **5.1.2. Elaboración de dietas experimentales**

Las dietas experimentales se elaboraron en la Planta de Alimentos de CIAD-Unidad Mazatlán. Inicialmente se molieron las harinas en un pulverizador marca Micrón (Figura 1 a), equipado con un tamiz de 250µm posteriormente

fueron pesados cada uno de los ingredientes de acuerdo con su nivel de inclusión en la formula, en una balanza Mettler PM4800-Delta Ranger con precisión de 0.01g (Figura 1 b). Posterior al pesado de los ingredientes, se colocaron cada una de las dietas en una mezcladora marca Hobart, modelo AT-200 de 5 kg de capacidad, (Figura 1 c).



**Figura 1.- a, b, c.-** Elaboración de dietas experimentales

La preparación de cada dieta inició con la mezcla durante 10 min de las harinas proteicas. En seguida fueron adicionados los ingredientes secos menores(vitaminas, minerales, alginato y carotenoides mezclando nuevamente durante 10 minutos aprox.; la harina de trigo se incorporó después de los ingredientes secos menores, ya que fue previamente cocida con agua a 100°C con el fin de desdoblarse el almidón, volviendo a incorporar por 10 minutos aprox.. Así mismo se hizo una mezcla con los ingredientes húmedos (aceite de pescado y lecitina de soya) para ser vertida a la mezcla obtenida anteriormente, hasta formar una mezcla homogénea.

Cuando fue necesario, se adiciono agua para formar una masa de consistencia apropiada para la elaboración de los pélets mediante el uso de un molino para carne marca Tor-rey modelo 22 (Figura 2 a) equipado con un dado de 3/32" (3mm).Enseguida fueron colocados en charolas de acrílico perforadas e introducidas a una vaporera comercial a una temperatura de 60°C por un periodo de 10 minutos, para el desdoblamiento de carbohidratos. Al sacar de la vaporera se peletizó de nuevo, recibiendo los pellets en charolas de malla

(Figuras 2 b y 2 c) que se colocaron en un secador de aire forzado a un rango de temperatura entre 37-39 °C durante aproximadamente 18 horas (Figuras 2d y 2e).



**Figura 2- a, b, c, d, e.-** Peletización y secado de dietas experimentales.

Las dietas ya secas se partieron los pellets con ayuda de un mortero y después de forma manual a un tamaño aproximado de 3mm de largo por 1.5 mm de ancho, siendo tamizadas para evitar finos .Después se colocaron en bolsas de plástico y almacenaron en un cuarto frío a una temperatura de 4° C, con el fin de mantenerlas en buen estado hasta el momento de su utilización.

### **5.1.3.Análisis químicos**

#### **5.1.3.1. Análisis proximales de ingredientes y dietas**

Se realizaron análisis proximales tanto a las dietas, como a peces al inicio y final del bioensayo con el objetivo de valorar el contenido nutricional inicial de los juveniles de pargo flamenco utilizados y posteriormente determinar variables de eficiencia de las dietas experimentales; los análisis citados se llevaron a cabo en el laboratorio de bromatología del CIAD-Unidad Mazatlán, mediante el uso de técnicas estándar AOAC (2000).

El contenido de proteína, se evaluó mediante la cuantificación del nitrógeno total en las muestras utilizando el método de combustión de Dumas

por medio de un equipo LECO® FP-520. La determinación de lípidos totales se realizó mediante extracción con éter de petróleo al emplear un equipo Micro Soxhlet. La evaluación de humedad fue realizada mediante el método gravimétrico con un horno eléctrico a 105°C. La calcinación de la muestra a 550°C durante 12 horas, fue el método empleado para el análisis de cenizas en cada una de las muestras, sirviéndose de una mufla.

El contenido de aminoácidos se determinó mediante cromatografía líquida de alta resolución con el uso de la técnica descrita por Vázquez-Ortiz *et al.* (1995), tanto de los ingredientes que fungieron como fuentes alternativas de proteína, como de las dietas experimentales.

#### **5.1.3.2. Extracción y cuantificación de carotenoides totales**

Al término del experimento se sacrificaron al azar cuatro organismos por tanque, de los cuales se extrajo la piel de ambos costados, y se limpiaron de cualquier rastro de músculo. Las pieles limpias de todos los peces fueron liofilizadas y almacenadas a -85°C en un ultra congelador en frascos de plásticos cubiertos de papel aluminio, para posteriormente extraer y cuantificar los carotenoides totales de cada muestra siguiendo la técnica descrita por Dall (1995) (Anexo 1).

#### **5.1.4. Descripción de la sala de bioensayos**

El área donde se llevó a cabo el experimento contaba con 15 tanques cilíndricos de fibra de vidrio color negro con una capacidad de 300 L, cada uno con un drenaje central de 50 mm y cubierto con malla de 0.5 cm. para evitar escapes de peces y a su vez permitir la limpieza de los tanques (Figura 3). Cada tanque contó con aireación moderada a través de piedras difusoras y flujo continuo de agua marina previamente filtrada con filtros de arena y cartuchos de

retención relativa de 16  $\mu\text{m}$ , con un recambio del 1,320% del volumen del tanque al día.



**Figura 3.** - Sala de bioensayos.

#### **5.1.5. Origen de organismos**

Los juveniles de pargo utilizados en este estudio, fueron producidos en la planta piloto de peces marinos de CIAD-Unidad Mazatlán, siguiendo los protocolos ya establecidos para desove y cultivo larvario (Abdo de la Parra *et al.*, 2010).

#### **5. 1.6. Diseño experimental**

Se colocaron 20 juveniles de pargo con un peso promedio inicial de  $8.2\text{g} \pm 0.5$  (equivalente a  $33 \text{ peces/m}^3$ ) en cada uno de los 15 tanques. Cada tratamiento se evaluó por triplicado durante 120 días. La distribución de los tratamientos se realizó al azar, mediante sorteo sin remplazo. Se omitió el periodo de aclimatación ya que los peces provenían de cautiverio y no fueron expuestos a condiciones experimentales distintas a las ya prevalecientes

durante la fase larval. Sin embargo, fue tomado como día uno del bioensayo el tercer día después de alimentarse con la dieta correspondiente a cada tanque, esperando que los peces aceptaran al óptimo cada uno de los alimentos experimentales suministrados.

El alimento fue suministrado de forma manual tres veces al día (8:00, 12:00 y 16:00) a cada uno de los tanques; la ración diaria fue el equivalente al 3% de la biomasa existente en cada uno de los tanques experimentales. Aproximadamente 15 minutos después de cada alimentación, se sifoneó el fondo de cada uno de los tanques, con la finalidad de coleccionar posibles restos de alimento no consumido y desechos orgánicos de los peces. El alimento no consumido coleccionado fue secado a 60°C y restado a la ración diaria del tanque correspondiente, registrando así el consumo diario de alimento de cada uno de los tanques. La alimentación fue suspendida los días que se llevó a cabo cada uno de los muestreos.

#### **5.1.7. Parámetros ambientales**

Los parámetros ambientales fueron monitoreados diariamente durante todo el periodo del bioensayo; temperatura y oxígeno disuelto fueron valorados con un oxímetro marca YSI modelo 55/12 FT, mientras que la salinidad fue estimada mediante el uso de un refractómetro marca Atago

#### **5.1.8. Evaluación biológica**

Cada 14 días se realizaron muestreos para fines de la evaluación biológica. Para evitar que los peces se golpearan durante la operación así como para un mejor manejo de los mismos, fueron sedados con una dosis de 0.3ml/L de 2-phenoxyetanol (marca Sigma). Se registró el peso de cada uno de los peces con la ayuda de una balanza digital con precisión de  $\pm 0.1$  g y su longitud

total con un ictiómetro convencional. Con los registros de peso y longitud total se calcularon los siguientes parámetros:

Ganancia en peso: evalúa la ganancia en peso del organismo en un tiempo dado.

$$\text{Ganancia en peso (g): } PG = \text{Peso } \bar{x} \text{ final} - \text{Peso } \bar{x} \text{ inicial}$$

Tasa Específica de Crecimiento: estima la ganancia porcentual de peso por día

$$\text{Tasa Específica de Crecimiento (\%/día): } TEC = \frac{(\ln \text{ peso } \bar{x} \text{ final} - \ln \text{ peso } \bar{x} \text{ inicial})}{\text{Tiempo}} \times 100$$

Supervivencia: expresa el porcentaje de organismos que sobreviven al término del experimento.

$$\text{Supervivencia (\%): } S = \frac{\text{No.de organismos final}}{\text{No.de organismos inicial}} \times 100$$

Factor de Conversión Alimenticia: indica la cantidad de alimento usado para producir una unidad de peso en el pez.

$$\text{Factor de Conversión Alimenticia: } FCA = \frac{\text{Alimento consumido}}{\text{Peso ganado}}$$

Tasa de Eficiencia Proteica: indica la cantidad de peso ganado por el pez por unidad de proteína consumida.

$$\text{Tasa de Eficiencia Proteica: } TEP = \frac{\text{Peso ganado}}{\text{Proteína consumida}}$$

Utilización Aparente de Nitrógeno: estima la cantidad de Nitrógeno biológico depositado en tejido

$$\text{Utilización Aparente de Nitrógeno (\%): } UAN = \frac{\text{Proteinacorporal fin.} - \text{Proteinacorporal inic.}}{\text{Protna consumida}} \times 100$$

Costo Unitario de Alimentación: calcula el costo de alimentación basado en el costo de la dieta y el FCA.

$$\text{Costo Unitario de Alimentación: } CUA = \text{Costo de Kg de dieta} \times FCA$$

Los resultados fueron sometidos a un ANOVA de una vía ( $P < 0.05$ ), mediante el programa Sigma Plot 11.0. Los tratamientos que presentaron

diferencias significativas se analizaron mediante una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ( $P < 0.05$ ).

## **5.2. Cultivo en jaulas flotantes**

### **5.3.1. Formulación de alimento balanceado experimental para la pre-engorda de *L. guttatus* en jaulas flotantes**

Con base en los resultados obtenidos en la primera etapa, se determinó utilizar la dieta PBM (la cual para fines de este experimento se denomina CIAD) como la dieta a probar en el cultivo de jaulas flotantes, a la par de una dieta comercial para peces marinos, con la finalidad de contrastar los resultados de la dieta CIAD.

### **5.2.2. Elaboración de dieta experimental para la pre-engorda de *L. guttatus* en jaulas flotantes**

Para el cultivo de pargo flamenco en jaulas flotantes dada sus dimensiones y tiempo de cultivo, fue necesario elaborar aproximadamente 2,000 Kg de la dieta experimental, siguiendo una metodología de manufactura similar a la de la etapa experimental y el uso de equipos de mayor capacidad.

Para moler cada una de las harinas incluidas en la fórmula, se utilizó un molino de martillo Roskamp Champion® (Figura 4 a) equipado con un tamiz de una luz de malla de 1mm, posteriormente fueron pesadas en una báscula marca TOR-REY® (Figura 4 b) modelo EQB 50/100 con una precisión de 0.01Kg; seguidamente etiquetadas y ensacadas en cantidades proporcionales para realizar mezclas de lotes de 150 Kg.





**Figura 4- a, b, c.-** Elaboración de dieta CIAD para evaluación de pre-engorda de pargo flamenco en jaulas flotantes.

Los lotes de 150 Kg se procesaron en una mezcladora de 200 Kg (4 c); en esta mezcla no fueron incluidos los ingredientes húmedos de la formulación así como tampoco los ingredientes menores, esto con objeto de preservar la mezcla lo más estable posible hasta su manufacturación final.

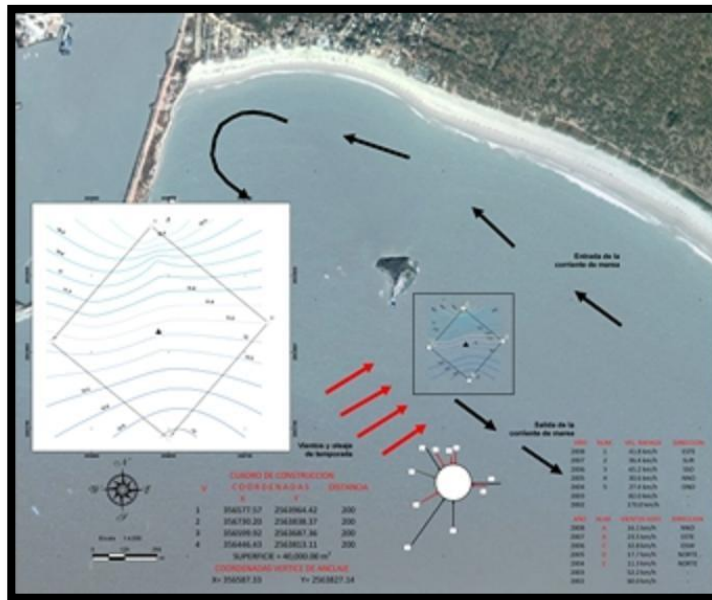
La elaboración por extrusión de la dieta CIAD bajo proceso industrial, fue elaborada por la compañía ALIKAM S.A. de C.V ubicada en Culiacán, Sinaloa, México. El primer lote se produjo en forma de migaja para los dos primeros meses y un segundo lote se produjo en presentación esfera extruida de tamaño 2/8", para los últimos cuatro meses de la pre-engorda, Ambas presentaciones fueron ensacadas en costales laminados con un contenido de 20 Kg.

### **5.2.3. Análisis químicos de alimentos balanceados y carcasa de los organismos utilizados en pre- engorda de *L. guttatus* en jaulas flotantes**

A los alimentos balanceados usados en la pre-engorda y a la carcasa de los organismos al inicio y al final del cultivo de pre-engorda se les determinó su contenido de proteína cruda, lípidos totales, ceniza y humedad en el laboratorio de bromatología del CIAD-Unidad Mazatlán, siguiendo las técnicas de la AOAC (2000).

#### **5.2.4. Sitio de cultivo para pre-engorda de *L. guttatus* en jaulas flotantes**

El área geográfica seleccionada y concesionada para la instalación y operación del módulo de jaulas flotantes para la evaluación de los alimentos, se ubicó a 800 m de la línea costera de la Isla de la Piedra, Mazatlán, Sinaloa (Figura 5) la cual se encuentra 20 Km al Noroeste de la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, México.



**Figura 5.-** Ubicación geográfica del área seleccionada para establecer el módulo de jaula flotantes para pre-engorda de *L. guttatus* (Imagen de Dr. Cesar A. Berlanga-Robles, 2010).

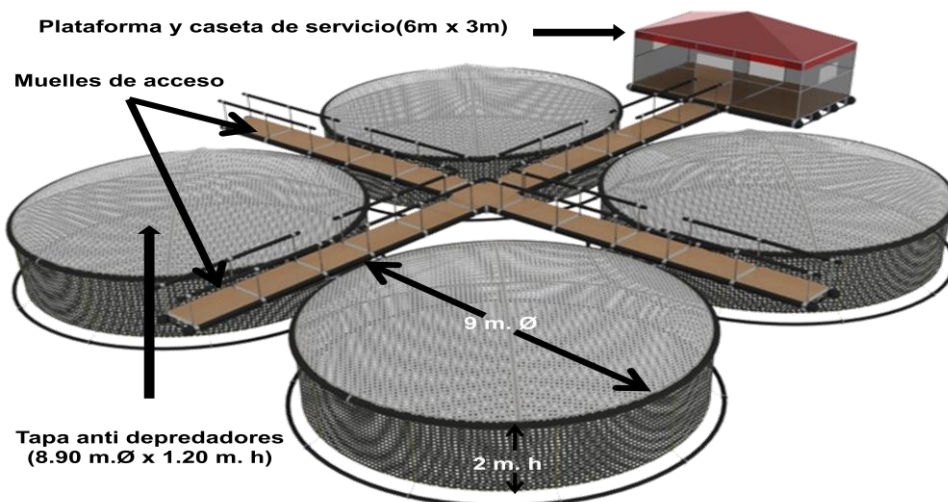
Para la selección del sitio de cultivo se utilizó la información preliminar de dependencias gubernamentales tales como la Comisión Nacional del Agua, Secretaría de Marina y centros de investigaciones especializados en la materia. De igual forma se realizaron visitas previas de reconocimiento, durante las cuales se registraron puntos geográficos mediante un GPS marca Garmin (GPSMAP76) dentro de un polígono de 40,000 m<sup>2</sup>. Así mismo se realizaron mediciones de corrientes empleando un correntómetro marca Braystoke

(BFM0012A) en puntos estratégicos del polígono; también se realizaron batimetrías con una videosonda marca Furuno.

El punto seleccionado fue el centro del polígono, cuyas coordenadas son 23° 10' 37.95" N y 106° 24'3.9" O; el cual registró una profundidad de 12.15 m en bajamar y de 13.34 m en pleamar, así como una corriente de 25 cm/s (0.486 nudos) y fondo arenoso (Com. Per. M. en I. Alfredo E. Vázquez Olivares).

#### **5.2.5. Descripción del módulo de jaulas flotantes utilizado en la evaluación de alimentos balanceados en la pre-engorda de *L.guttatus***

El módulo estuvo compuesto por cuatro jaulas (Figura 6) de 9 m de diámetro y 2 m de calado con volumen de 127 m<sup>3</sup> cada una. Cada jaula contó con una malla anti-aves para prevenir la depredación e impedir escapes de peces que pudiesen saltar fuera de la jaula. El sistema contó con una plataforma de servicios de 6 m x 3 m, en la cual se instaló una caseta cubierta de malla sombra y con techo de lona a cuatro aguas para el arribo de pangas, estadía de personal, almacenamiento de alimentos y utensilios; dicha plataforma contaba en su parte alta con una luz estroboscópica para evitar colisiones con unidades que navegaran durante la noche. Así mismos el módulo contó con pasillos de 90 cm de ancho los cuales estaban situados entre las jaulas de cultivo y conectados a la caseta de servicios, estos fueron utilizados para actividades de alimentación, limpieza y reparación (Com. Per. M. en I. Alfredo E. Vázquez Olivares y Juan A. Hernández Yau, 2010).

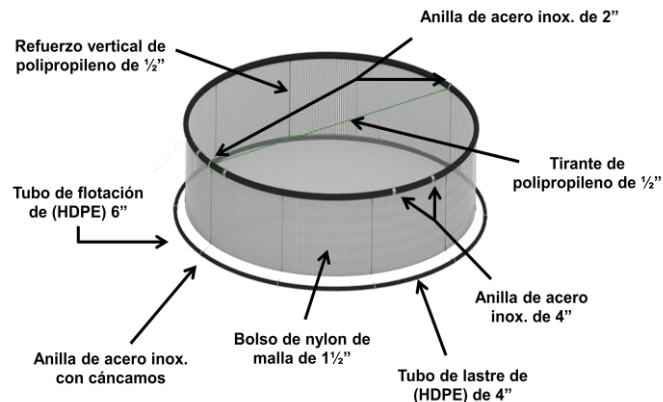


**Figura 6.-** Características de módulo de jaulas flotantes empleado en la evaluación de alimentos balanceados en la pre-engorda de pargo flamenco (Imagen de Juan A. Hernández Yau, 2010).

#### **5.2.6. Descripción de componentes de jaulas flotantes utilizadas en la evaluación de alimentos balanceados en la pre-engorda de *L. guttatus***

Cada una de las jaulas de cultivo (Figura 7) fue construida por un anillo de flotación de 9 m de diámetro construido con tubo de polietileno de alta densidad de 6" de diámetro, con una fuerza de flotación aproximada de 530 kg. El anillo de flotación contaba con cuatro anillas de acero inoxidable de 4" de ancho, ubicadas para la unión con los pasillos de acceso por medio de un herraje. Además de dos anillas de acero inoxidable de 2" de ancho tipo abrazadera, para amarre de tirantes entre jaulas. El bolso fue construido con paño de nylon sin nudo tipo raschel con tamaño de malla de 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub>" para trabajar a malla cuadrada, con relinga superior e inferior y refuerzos verticales. La relinga superior fue unida al tubo de flotación por medio de piola atunera No. 60. Así mismo contó con diez refuerzos verticales distribuidos uniformemente en el perímetro del bolso, los cuales soportaban el anillo de lastre de 30.15 m de perímetro fabricado con tubo de polietileno de alta densidad de 4" de diámetro y un peso de 105 kg. El anillo de lastre contaba además con diez anillas con

cáncamos para la unión con los cabos verticales (Com. Per. M. en I. Alfredo E. Vázquez Olivares y Juan A. Hernández Yau, 2010).



**Figura 7.-** Componentes de jaula flotante utilizada en la evaluación de alimentos balanceados en pre-engorda de pargo flamenco (Imagen de Juan A. Hernández Yau, 2010).

### **5.2.7. Organismos empleados en pre-engorda de *L. guttatus***

Los juveniles de pargo flamenco utilizados en la pre-engorda contaron con un peso promedio de  $5.00 \pm 1.10\text{g}$ , los cuales fueron adquiridos con la empresa Alevines de México S.A. de C.V. en Mazatlán, Sinaloa, México. Debido al pequeño tamaño de los peces, se procedió a una pre-cría de 30 días antes de ser sembrados en el módulo de jaulas flotantes. Durante la pre-cría los juveniles se dividieron en cuatro lotes de 1,350 peces cada uno, y colocados en tanques de 4,000 litros de capacidad. Estos tanques contaban con aireación continua, así como un flujo constante de agua marina con idénticas características a la empleada en la etapa experimental.

Durante el transcurso de los 30 días de pre-cría, los juveniles se alimentaron tres veces por día a razón del 6% de su biomasa total, con alimento comercial para juveniles de peces marinos Gemma Diamond de 1.8 mm de Skretting<sup>®</sup>, con 57% de proteína y 15 % de lípidos. Al término de esta etapa se

alcanzó un peso promedio individual de  $8.89g \pm 3.65$  por lo que se procedió a transportar a los juveniles a las jaulas flotantes.

Debido al pequeño tamaño de los peces, se utilizaron jaulas de crecimiento con dimensiones menores a las de la jaula de pre-engorda, las cuales tuvieron 1.5 m de diámetro por 1.5 m de altura, fabricadas con paño de nylon de  $\frac{1}{4}$  de pulgada de luz de malla y tubos de flotación y lastre de 1". Estas fueron fabricadas por los socios de la cooperativa de pescadores de la Isla de la Piedra (Figura 8). Los peces fueron mantenidos en las jaulas solamente el primer mes del tiempo total de la evaluación, cuando los organismos alcanzaron la talla promedio adecuada al paño de la jaula de pre-engorda.



**Figura 8**-Confección de maternidades empleadas en pre-engorda de *L. guttatus* en jaulas flotantes.

#### **5.2.8. Diseño experimental para la evaluación de alimentos balanceados en pre-engorda de *Lutjanus guttatus* en jaulas flotantes**

Para el experimento se utilizaron dos jaulas del módulo descrito. Cada una se dividió a la mitad mediante una cortina de paño similar al del bolso de la

jaula, la cual fue sostenida con una línea de flotadores, disponiendo finalmente de 4 jaulas de 65.3 m<sup>3</sup>.

La dieta CIAD y la dieta comercial para peces marinos se evaluaron por duplicado, sembrando 1,350 organismos de *L. guttatus* con un peso promedio de 8.89 g  $\pm$  3.65 por jaula (equivalente a 21 organismos/m<sup>3</sup>). La densidad de organismos utilizados en la pre-engorda, fue la usual con base a la literatura existente.

El traslado de cada uno de los lotes al módulo de jaulas, se realizó en un tanque polietileno provistos de oxígeno (Figura 9). Durante el transporte se monitorearon las variables de temperatura y oxígeno mediante un oxímetro YSI modelo 55/12FT.



**Figura 9.-** Transporte terrestre de alevines de *L. guttatus* empleados en la pre-engorda en jaulas flotantes desde CIAD-Mazatlán.

Los peces fueron transferidos en pequeños lotes de los tanques de polietileno a jabsas de 150 litros, para ser depositados en viveros de lanchas, para completar el transporte por vía marítima (Figura 10). Durante este trayecto también fueron monitoreadas las variables de temperatura, oxígeno disuelto y

salinidad. Las ocasiones en que los parámetros de los viveros de las pangas y de las jaulas flotantes diferían, se procedió a aclimatar los peces mediante recambios de agua, hasta alcanzar la igualdad de parámetros.



**Figura 10.-** Transporte marítimo de alevines de *L. guttatus* empleados en la pre-engorda en jaulas flotantes.

La distribución de los tratamientos se realizó al azar, mediante sorteo sin remplazo. Al igual que en el bioensayo experimental se omitió un periodo de aclimatación.

El alimento fue suministrado al boleo tres veces al día (9:00,13:00 y 16:00) a cada una de las jaulas; la ración diaria fue el equivalente al 3% de la biomasa existente en cada una de las jaulas. La alimentación fue suspendida los días que se realizaron los muestreos ya que los peces rechazaban el alimento a causa del estrés producido por el manejo.

Durante el desarrollo del cultivo se limpiaron las jaulas semanalmente con la ayuda de cepillos de plástico, asegurando así que el bolso no se



ensuciara, y buscando mantener las mejores condiciones de oxigenación posibles.

### **5.2.9. Parámetros ambientales**

Los parámetros ambientales fueron monitoreados diariamente durante los 183 días de la evaluación en las jaulas flotantes. Temperatura y oxígeno disuelto fueron valorados con un oxímetro marca YSI modelo 55/12 FT, mientras que la salinidad fue estimada mediante el uso de un refractómetro marca Atago.

### **5.3.0. Evaluación biológica.**

Para fines de la evaluación biológica se realizaron muestreos mensuales, de manera similar que durante la etapa experimental, calculando los mismos índices nutricionales descritos en la primera etapa, sin embargo, algunos fueron realizados en la fecha más próxima a cada mes, con temperatura en el agua favorable ( $>19$  °C) para los organismos, esto con la finalidad de evitarle a los peces un estrés por la sinergia del manejo y temperaturas adversas. Las mediciones se realizaron en la playa “cerro de los chivos”, para evitar las condiciones climáticas prevaletientes (marejadas, vientos, etc.) (Figura 11).



**Figura 11.-**Muestreo de pre-engorda de *L. guttatus* en jaulas flotantes.

Los resultados fueron sometidos a un ANOVA de una vía ( $P < 0.05$ ), mediante el programa Sigma Plot 11.0. Los tratamientos que presentaron diferencias significativas se analizaron mediante una prueba t de Student de Newman-Keuls ( $P < 0.05$ ).

#### **5.4.0. Análisis estacionales de calidad de agua**

Fueron efectuados análisis estacionales de calidad de agua (otoño, invierno y primavera) en los cuales se determinaron los niveles de nitrato, nitrito, amonio total, fosfato y clorofila "a", en el área donde fue establecido el módulo de jaulas flotantes. Estos análisis se realizaron en las instalaciones del Centro Regional de Investigación Pesquera unidad Mazatlán mediante métodos estándares.

#### **5.5.0. Rentabilidad económica**

Además de los índices nutricionales y medioambientales analizados se evaluó la rentabilidad económica de los alimentos balanceados utilizados para la pre-engorda del pargo flamenco, mediante la compilación de los costos de operación y suponiendo ingresos generados por cada uno de los alimentos balanceados utilizados, es decir, mediante un análisis costo-beneficio (Shang, 1986). Así mismo, se realizó una serie de sensibilidades económicas, las cuales son simulaciones de escenarios mediante los cuales se busca observar los cambios en los resultados, las sensibilidades fueron obtenidas con base en la manipulación de sus principales variables.

También se efectuó el supuesto de un escenario óptimo (con todas las condiciones favorables para el cultivo y comercialización, de acuerdo a los resultados obtenidos en una corrida en las jaulas de pre-engorda) con el

objetivo de mostrar el posible futuro que esta actividad puede tener en el ámbito regional y nacional. Mediante la utilización de dietas específicas.

## **6.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **6.1. Bioensayo experimental**

#### **6.1.1. Análisis proximales de ingredientes y dietas**

Los ingredientes utilizados como fuente de proteína alternativa, así como las dietas experimentales utilizadas en el bioensayo experimental (Tabla 2), presentaron valores inferiores de aminoácidos esenciales (AAE) a los encontrados en huevos de pargo flamenco fertilizados, sin embargo cabe destacar que ingredientes como TBM y PBM mostraron valores superiores de Alanina, Arginina, Fenilalanina, Metionina y Tirosina. De igual forma las dietas presentaron deficiencias de AAE, no obstante todas las dietas superaron los valores de Ácido Aspartico, Ácido Glutámico, Glicina, Metionina y Fenilalanina encontrados en los huevos de pargo fertilizados (Tabla 3).

**Tabla 2.-** Composición proximal y perfil de aminoácidos de ingredientes empleados como fuente alternativa de proteína para alimentar *L. guttatus*

Composición Proximal (%)	Ingredientes				Huevos de pargo*
	HP	TBM	PBM	MBM	
Humedad	9	9	10	9	-
Proteínas	70	58	69	49	-
Lípidos	10	12	14	13	-
Cenizas	15	25	13	28	-
<b>Aminoácidos (% Proteína)</b>					
Alanina	6.4	7.28	7.8	ND	7.60
Arginina	6.3	9.11	6.8	6.8	6.37
Histidina	3.5	2.02	2.1	1.8	2.68
Isoleucina	4.4	4.8	4.7	2.9	5.51
Leucina	6.5	6.59	9.7	6.1	10.28
Lisina	6.7	6.13	5.7	5.9	8.25
Metionina	2.4	4.87	1.5	1.5	2.37
Fenilalanina	3.9	6.09	6.0	3.2	4.40
Treonina	4.1	4.3	3.9	3.3	4.60
Tirosina	3.6	5.2	4.1	ND	4.17
Valina	4.5	5.7	5.2	4.2	6.86

De la misma manera, las dietas experimentales cumplieron con los requerimientos nutricionales específicos para *L. guttatus* (Abdo de la Parra *et al.*, 2010). El resultado del análisis proximal (Tabla 3) muestra que las dietas experimentales contenían >45% de proteína y >15% de lípidos, sin presentar diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre ellas, por lo que se consideraron isoproteicas e isolipídicas. Así mismo el porcentaje de humedad de todas las dietas estuvieron dentro del intervalo óptimo (<10%), lo que evito la proliferación de hongos en estas mismas (Tacon, 1996). De igual manera el contenido de cenizas se encontró dentro del óptimo ( $\leq 14\%$ ) (Tacon, 1996).

**Tabla 3.-** Composición proximal y perfil de aminoácidos de dietas experimentales empleadas para alimentar *L. guttatus*. (% en base húmeda), valores promedio  $\pm$  su desviación estándar

Composición Prox. (%)	Dietas					Huevos de pargo*
	COMERCIAL	CONTROL	PBM	TBM	MBM	
Humedad	6.30 $\pm$ 0.01	6.53 $\pm$ 0.10	6.1 $\pm$ 0.02	5.7 $\pm$ 0.01	7.32 $\pm$ 0.1	-
Proteínas	47.99 $\pm$ 0.03	48.98 $\pm$ 0.10	48.91 $\pm$ 0.46	48.12 $\pm$ 0.10	47.63 $\pm$ 0.20	-
Lípidos	21.70 $\pm$ 0.20	15.99 $\pm$ 0.10	17.35 $\pm$ 0.10	17.29 $\pm$ 0.10	17.41 $\pm$ 0.20	-
Cenizas	10.82 $\pm$ 0.50	12.24 $\pm$ 0.10	11.55 $\pm$ 0.10	13.69 $\pm$ 0.10	13.38 $\pm$ 0.03	-
Energía (Kcal/100g)	545.51 $\pm$ 1.01	511.44 $\pm$ 0.97	522.09 $\pm$ 1.09	511.53 $\pm$ 0.43	511.64 $\pm$ 1.38	-
Aminoácidos (% Proteína)						
ÁcidoAspartico	8.31	9.25	10.57	10.92	10.70	6.96
ÁcidoGlutamico	16.93	14.84	15.99	17.79	18.45	13.26
Serina	4.33	2.86	2.87	2.61	2.14	3.65
Histidina	2.86	1.94	2.18	2.11	2.06	2.68
Glicina	9.13	7.87	9.74	8.26	8.95	4.12
Treonina	4.53	4.12	4.41	4.65	5.10	4.60
Arginina	8.11	5.35	5.82	4.36	4.93	6.37
Alanina	7.40	5.69	6.81	7.46	8.15	7.60
Tirosina	5.42	5.77	4.40	3.85	4.04	4.17
Metionina	4.53	3.71	3.92	4.12	3.28	2.37
Valina	6.21	4.99	5.70	5.49	5.90	6.86
Fenilalanina	6.78	5.66	6.30	6.35	6.81	4.40
Isoleucina	5.01	4.99	5.67	5.07	5.17	5.51
Leucina	8.58	8.20	10.20	9.30	9.41	10.28
Lisina	7.31	8.20	8.67	9.58	8.02	8.25

### **6.1.2. Parámetros ambientales**

La Tabla 4 muestra los parámetros ambientales promedio ( $\pm$  desviación estándar) de temperatura, oxígeno disuelto y salinidad registrados diariamente durante los 120 días del bioensayo experimental. La temperatura promedio se mantuvo en  $27.8 \pm 2.2^{\circ}\text{C}$ . El oxígeno disuelto fue de  $6.13 \pm 0.8$  mg/L. y la salinidad se mostró constantemente en  $34 \pm 1.12$  ‰

**Tabla 4.-** Parámetros ambientales registrados durante los 120 días de cultivo de *L. guttatus* alimentado con dietas experimentales

Parámetro	Valor
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	$27.8 \pm 2.2$
Oxígeno Disuelto (mg/L)	$6.13 \pm 0.8$ .
Salinidad (‰)	$34 \pm 1.12$

### **6.1.3. Evaluación biológica**

La Tabla 5 muestra los resultados de la evaluación del desempeño de *L. guttatus* después de 120 días de cultivo, alimentado con cuatro dietas experimentales, en las que se sustituyó el 15% de la proteína de HP por harina de subproductos de atún (TBM), harina de subproductos de ave (PBM) y harina de carne y hueso (MBM) respectivamente, así como con una dieta comercial para peces marinos y una dieta control a base de harina de pescado.

**Tabla 5.-** Resultados de evaluación biológica en 120 días de duración ( $\pm$  desviación estándar). Los promedios en los mismos renglones con índices distintos presentan diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

Índices	DIETAS				
	COMERCIAL	CONTROL	TBM	PBM	MBM
Peso Inicial (g)	8.24 $\pm$ 0.03	8.23 $\pm$ 0.01	8.23 $\pm$ 0.02	8.23 $\pm$ 0.02	8.23 $\pm$ 0.02
Supervivencia (%)	86.67 $\pm$ 14.43	98.33 $\pm$ 2.88	91.67 $\pm$ 7.63	100	86.67 $\pm$ 18.93
FCA	2.08 $\pm$ 0.29 <sup>b</sup>	1.35 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	1.41 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	1.31 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	1.54 $\pm$ 0.16 <sup>a</sup>
TCE(%/día)	1.71 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>	2.07 $\pm$ 0.02 <sup>ab</sup>	2.07 $\pm$ 0.01 <sup>ab</sup>	2.11 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	2.04 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>
TEP	0.95 $\pm$ 0.13 <sup>c</sup>	1.42 $\pm$ 0.09 <sup>ab</sup>	1.40 $\pm$ 0.11 <sup>ab</sup>	1.49 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	1.28 $\pm$ 0.13 <sup>b</sup>
Ganancia en peso (g)	64.30 $\pm$ 3.16 <sup>c</sup>	98.61 $\pm$ 2.08 <sup>ab</sup>	98.32 $\pm$ 0.77 <sup>ab</sup>	103.37 $\pm$ 3.08 <sup>a</sup>	95.04 $\pm$ 6.55 <sup>b</sup>
UAN (%)	42.95 $\pm$ 5.76 <sup>b</sup>	73.65 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	66.92 $\pm$ 5.18 <sup>a</sup>	76.96 $\pm$ 2.84 <sup>a</sup>	67.30 $\pm$ 6.66 <sup>a</sup>
CUA(\$/kg)	56.18 $\pm$ 7.74 <sup>b</sup>	17.95 $\pm$ 1.09 <sup>a</sup>	18.26 $\pm$ 1.35 <sup>a</sup>	17.25 $\pm$ 0.64 <sup>a</sup>	19.37 $\pm$ 2.08 <sup>a</sup>
Carotenoides alimento ( $\mu$ g/g)	2.22 $\pm$ 0.99 <sup>a</sup>	1.48 $\pm$ 0.14 <sup>b</sup>	2.06 $\pm$ 0.76 <sup>b</sup>	2.25 $\pm$ 0.91 <sup>b</sup>	1.89 $\pm$ 0.33 <sup>c</sup>
Carotenoides piel ( $\mu$ g/g)	2.22 $\pm$ 0.99 <sup>ab</sup>	1.48 $\pm$ 0.14 <sup>c</sup>	2.06 $\pm$ 0.76 <sup>ab</sup>	2.25 $\pm$ 0.91 <sup>a</sup>	1.89 $\pm$ 0.33 <sup>bc</sup>

**FCA=** Factor De Conversión Alimenticia **TCE=** Tasa De Crecimiento Especifico  
**TEP=** Tasa De Eficiencia Proteica **UAN=** Utilización Aparente de Nitrógeno (%)  
**CUA=** Costo Unitario De Alimentación

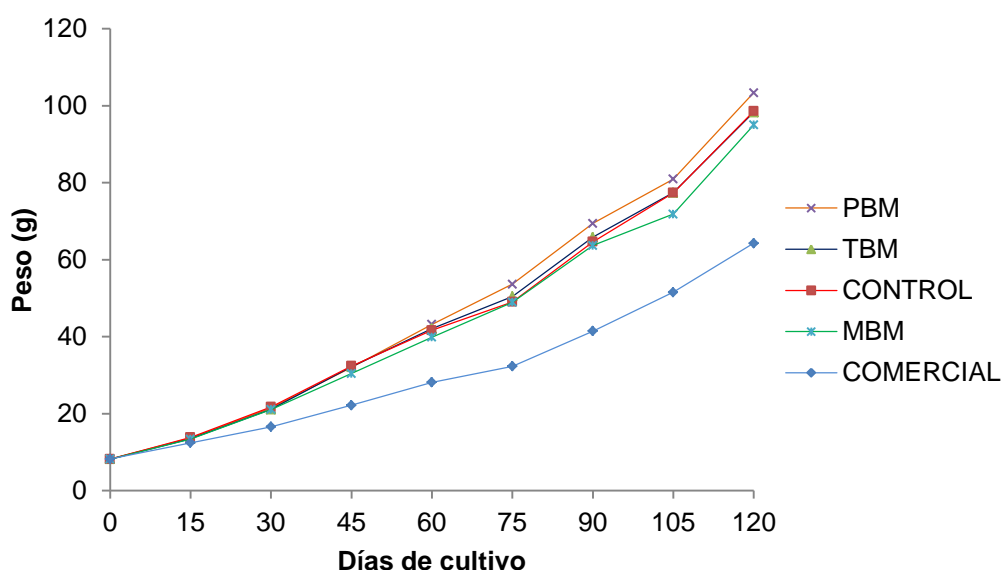
### **6.1.3.1. Supervivencia (%)**

La supervivencia no presentó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos, sin embargo, la dieta PBM resultó con el valor más alto (100%), y la dieta MBM y Comercial el valor más bajo (86.67%). Las mortalidades registradas se debió al manejo, debido que durante las biometrías, los organismos se estresaban. Resultados similares se han reportado para diversos peces marinos alimentados con dietas suplementadas con MBM y PBM tales como la dorada (Robaina *et al.* 1997), perca plateada (Allan *et al.*, 1999), mero jorobado (Shapawi *et al.*, 2007), mero malabar (Li *et al.*, 2009), pez tambor (Wang *et al.*, 2010) y corvina amarilla (Li *et al.*, 2010).

### **6.1.3. 2. Ganancia en peso**

La dieta PBM obtuvo el mayor incremento de peso (103.37 g) después de 120 días de cultivo (Figura12), sin embargo, no mostro diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con respecto a las dietas TBM y control. La dieta comercial presentó el valor significativamente más bajo (64.30 g).

La harina de subproductos de ave (PBM) se ha probado en diversas especies tales como el mero jorobado (Shapawi *et al.*, 2007), mero malabar (Li *et al.*, 2009) y corvina amarilla (Li *et al.*, 2010), con resultados positivos. Resultados que dejan de manifiesto, el potencial de PBM como proteína alternativa, esto debido al contenido de lípidos crudos ( $>10\%$ ) y proteína cruda ( $>55\%$ ), al igual que sus altos coeficientes de digestibilidad aparente para proteína ( $>89\%$ ) y lípidos ( $>96\%$ ). Así mismo, la harina de subproductos de atún (TBM) representa una adecuada fuente de proteína y lípidos al mostrar características similares a PBM (Hernández-González *et al.* 2010).



**Figura 12.-**Ganancia en peso de *L. guttatus* alimentados con dietas experimentales y dieta comercial durante 120 días de cultivo.



### **6.1.3.3. Tasa Especifica de Crecimiento (TEC)**

La dieta PBM generó la TEC mas alta (2.11) siendo estadísticamente similar ( $P < 0.05$ ) a las dietas con TBM y la control. La dieta comercial resultó con el valor más bajo (1.71) para este índice. La harina PBM en dietas para otros peces marinos como mero jorobado (Shapawi *et al.*, 2007) y corvina amarilla (Li *et al.*, 2010) ha expuesto tasas de crecimiento específicas con resultados eficaces.

### **6.1.3.4. Factor de conversión alimenticia (FCA)**

El factor de conversión alimenticia más bajo (1.31) fue obtenido con la dieta PBM, sin embargo resulto estadísticamente similar ( $P < 0.05$ ) al resto de las dietas experimentales; al respecto, la dieta comercial fue la que dio el resultado más alto (2.08). La eficiencia alimenticia de PBM ha sido demostrada en otras especies de peces marinos como mero jorobado, el cual mostró un FCA de 1.2 (Shapawi *et al.*, 2007) y mero malabar con un FCA de 1.21 (Li *et al.*, 2009).

### **6.1.3.5. Tasa de eficiencia proteica (PER)**

En lo que respecta a la tasa de eficiencia proteica (PER) nuevamente la dieta PBM resulto con el valor más alto (1.49) sin mostrar diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) a las dietas TBM y control, mientras que la dieta MBM obtuvo un valor de 1.28 y el más bajo (0.95) fue registrado para la dieta comercial. Esto demuestra que la harina PBM presenta un adecuado contenido de proteína (>55%), así como un excelente coeficiente de digestibilidad aparente (>89%), lo que queda confirmado con las tasas de eficiencia proteica encontradas en dorada (Robaina *et al.* 1997), perca plateada (Allan *et al.*, 1999) y mero jorobado (Shapawi *et al.*, 2007).

#### **6.1.3.6. Utilización aparente de nitrógeno (%)**

La utilización aparente de nitrógeno más elevada (76.96%) se registró con la dieta PBM, pero su valor fue estadísticamente similar al del resto de las dietas con proteínas alternativas ( $P < 0.05$ ), mientras que los resultados de todas éstas fueron estadísticamente diferentes al de la dieta comercial que presentó la UAN más baja (42.95%). La harina PBM ha sido probada en otros peces marinos como mero jorobado (Shapawi *et al.*, 2007), lo que corrobora la alta digestibilidad aparente de PBM por peces marinos.

#### **6.1.3.7. Cuantificación de carotenoides totales**

La dieta comercial presentó los niveles más elevados de carotenoides (3.39  $\mu\text{g}$  de carotenoides. totales por g de muestra), mientras que la dieta MBM fue la que mostro la menor cantidad de pigmentos en comparación al resto de las dietas, resultando estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

En cuanto a la cantidad de carotenoides totales incorporados en la piel de pargo, los organismos alimentados con la dieta PBM presentaron la mayor cantidad de pigmentos (2.75  $\mu\text{g}$  / g de muestra) con diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) al resto de las dietas; los peces alimentados con dieta MBM presentaron la menor cantidad de pigmentos en la piel (1.86  $\mu\text{g/g}$  de muestra), los cuales mostraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con respecto a las dietas restantes.

De acuerdo a Rodríguez-Moreno (2009), quien mostró el efecto de la inclusión de la astaxantina en el alimento sobre la pigmentación de la piel de *L. guttatus* bajo condiciones de cultivo, la cantidad carotenoides incluidos en las dietas experimentales fue insuficiente para modificar el color de la piel de los organismos, ya a que en dicho estudio se observaron efectos sobre el color de la piel de los organismos a partir de 50 $\mu\text{g}$  de carotenoides / g de dieta.

### **6.1.3.8. Costo Unitario de Alimentación (CUA).**

Dado que el FCA para la dieta comercial resulto el más alto de las cinco dietas evaluadas y aunado al alto precio de dicha dieta (\$27.00/kg), es que el CUA para la dieta comercial fue el más alto (56.18 pesos/ kg de pez) obtenido en el presente estudio, mientras que la dieta con PBM, con un costo inferior (\$13.20/kg), resultó con el menor costo (17.25 pesos/ kg de pez), sin presentar diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con respecto a las demás dietas experimentales. En este aspecto se han calculado costos unitarios de alimentación, en dietas con inclusión de harina y carne hueso (MBM) para peces marinos como la perca plateada (Allan *et al.*, 1999) encontrándose un costo de 17.1 pesos/ kg de pez, con lo que se ratifica el potencial del uso de las proteínas pecuarias en la formulación de alimentos acuícolas balanceados.

## **6.2. Cultivo en jaulas flotantes**

### **6.2.1. Análisis proximales de alimentos balanceados**

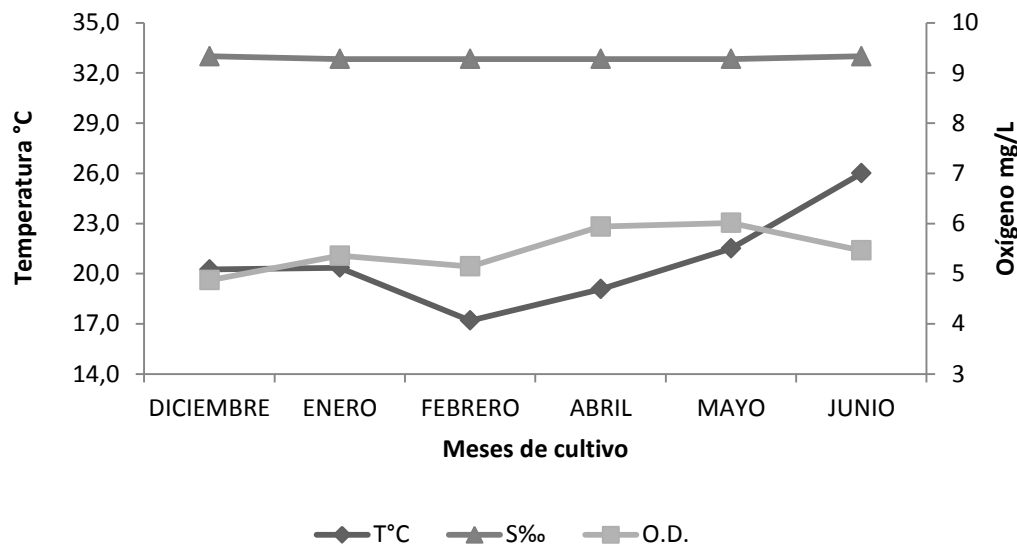
El alimento balanceado CIAD cumplió con los requerimientos nutricionales (>45% de proteína y >15% lípidos) específicos para *L. guttatus* (Abdo de la Parra *et al.*, 2010); mientras que la dieta comercial no cumplió con los niveles mínimos de proteína y lípidos requeridos por el pargo flamenco. Los porcentajes de humedad de ambos alimentos estuvieron dentro del intervalo óptimo (<10%). De igual manera el contenido de cenizas se encontró dentro del óptimo ( $\leq 14\%$ ) (Tacon, 1996).

**Tabla 6.-** Composición proximal de alimentos balanceados empleados en la pre-engorda de *L. guttatus* en jaulas flotantes (% en base húmeda), valores promedio  $\pm$  su desviación estándar

Composición proximal (%)	Dietas	
	Comercial	CIAD
Humedad	6.30 $\pm$ 0.2	7.32 $\pm$ 0.1
Proteínas	41.5 $\pm$ 0.2	48.8 $\pm$ 0.1
Lípidos	10.8 $\pm$ 0.1	15.1 $\pm$ 0.1
Cenizas	10.9 $\pm$ 0.1	13.8 $\pm$ 0.1

### **6.2.2. Parámetros ambientales**

Durante los 183 días de cultivo el oxígeno disuelto (Figura 13) se mantuvo por arriba del nivel mínimo requerido (>4 mg/L) reportado para el cultivo de lutjanidos, al igual que la salinidad que se mostró constantemente en el rango óptimo (>33 ‰) para éstos peces (Benetti *et al.*, 2002; Botero y Ospina, 2002; García-Torcuato *et al.*, 2006; Castillo-Vargasmachuca *et al.*, 2007). A diferencia de la temperatura (Figura 13), que durante la mayor parte del cultivo se mantuvo fuera del intervalo óptimo (24-30°C) para cultivo del pargo flamenco (Avilés-Quevedo, 2002; Avilés-Quevedo y Castillo-Orvay, 2002; Avilés-Quevedo, 2004 y Castillo-Vargasmachuca *et al.*, 2007), por lo que los peces estuvieron expuestos a un estrés termorregulatorio, en el cual los peces presentan inanición, susceptibilidad a enfermedades, bajo crecimiento y hasta la muerte; así mismo, el 5 de febrero de 2011 el cultivo se vio afectado por una onda gélida, la cual hizo disminuir la temperatura del sitio de cultivo a 14°C durante tres días consecutivos.



**Figura 13.-** Parámetros ambientales de cultivo de *L. guttatus* en jaulas flotantes durante 183 días.

### **6.2.3. Análisis estacionales de calidad de agua.**

Los resultados del análisis estacional de calidad de agua (Tabla 7) muestran que la concentración de nitrato, nitrito, amonio, y fosfatos, no afectaron negativamente el crecimiento ni la supervivencia de los organismos. Esto concuerda con lo descrito por Benetti *et al.* (2002), quienes reportan que valores de hasta 1.32 mg/L de amonio no afectaron el crecimiento, supervivencia y tasa de conversión alimenticia de *Lutjanus analis* cultivado en jaulas flotantes situadas en los cayos de la Florida, USA. En el mismo sentido Castillo-Vargasmachuca *et al.* (2007) reporta valores máximos de 1.18 mg/L de amonio para el cultivo de pargo flamenco en jaulas flotantes marinas en “Punta el Caballo” Santa Cruz de Miramar, Nayarit, México, lo cual no afectó la tasa de crecimiento de los peces.

Por otro lado los niveles de clorofila se incrementaron conforme las horas luz aumentaron, en cada una de las estaciones del año. Dado que a mayor cantidad de luz solar será más la fotosíntesis realizada por el fitoplancton,

produciendo una mayor cantidad de fitoplancton presente en el agua y por ende una mayor cantidad de clorofila en cada una de las muestras observadas. Por lo que la estación de primavera mostro mayor cantidad de clorofila seguida de otoño y por último invierno.

**Tabla 7.-** Resultados del análisis estacional de calidad de agua del sitio de cultivo empleado en la pre-engorda de pargo flamenco en jaulas flotantes.

Estación	Profundidad	Nitratos (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Amonio (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Clorofila "a" (mg/L)
Otoño	Superficie	0.02	0.002	0.02	0.02	2.67
	5 M. Prof.	0.11	0.014	0.02	0.04	8.01
	10 M. Prof.	0.13	0.015	0.03	0.04	5.68
	12 M. Prof.	0.18	0.016	0.03	0.05	2.1
Invierno	Superficie	0.02	0.002	0.04	0.02	0.0061
	5 M. Prof.	0.02	0.008	0.07	0.04	0.0041
	10 M. Prof.	0.039	0.016	0.06	0.04	0.0023
	12 M. Prof.	0.45	0.018	0.04	0.05	0.0028
Primavera	Superficie	0.02	0.003	0.02	0.06	34.71
	5 M. Prof.	0.07	0.006	0.11	0.10	45.39
	10 M. Prof.	0.41	0.014	0.15	0.09	16.28
	12 M. Prof.	0.44	0.016	0,20	0.11	12.68

#### **6.2.4. Evaluación biológica de pre engorda de *L. guttatus* en jaulas flotantes**

La Tabla 8, muestra los resultados de la evaluación biológica de pargo alimentado con la dieta CIAD y un alimento comercial después de 183 días de pre engorda en jaulas flotantes, ubicadas en la Isla de la Piedra, Mazatlán, Sinaloa, México.

**Tabla 8.-** Resultados de la evaluación biológica del *L. guttatus* alimentado con un alimento experimental y un alimento comercial de referencia durante la etapa de pre-engorda en jaulas flotantes. Los promedios en los mismos renglones con índices distintos presentan diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

Índice	DIETAS	
	COMERCIAL	CIAD
Peso Inicial (g)	8.89 ± 3.65	8.89 ± 3.60
Supervivencia (%)	42.41 ± 11.78	42.59 ± 1.05
FCA	1.72 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.27 ± 0.04 <sup>a</sup>
TCE(%/día)	1.39 ± 0.03 <sup>b</sup>	1.60 ± 0.01 <sup>a</sup>
TEP	1.42 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.61 ± 0.05 <sup>a</sup>
Ganancia en peso (g)	104.72 ± 5.66 <sup>b</sup>	159.47 ± 1.41 <sup>a</sup>
UAN (%)	41.26 ± 3.00 <sup>a</sup>	42.75 ± 1.64 <sup>b</sup>
CUA(\$/Kg)	25.69 ± 0.07 <sup>b</sup>	16.76 ± 1.64 <sup>a</sup>

**FCA=** Factor De Conversión Alimenticia **TCE=** Tasa De Crecimiento Especifico  
**TEP=** Tasa De Eficiencia Proteica **UAN=** Utilización Aparente de Nitrógeno (%)  
**CUA=** Costo Unitario De Alimentación

### **6.2.5. Supervivencia (%)**

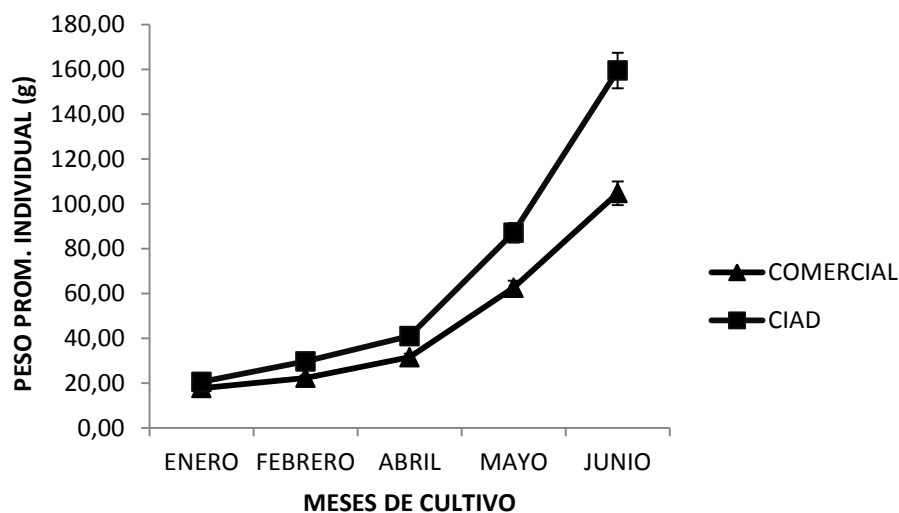
La supervivencia obtenida con la dieta CIAD (42.59) fue más elevada sin ser significativamente diferente ( $P < 0.05$ ) a la dieta comercial. Dichas supervivencias fueron bajas, poco aceptables e inferiores a las reportadas por otros autores para lutjanidos cultivados en jaulas flotantes (Guerrero, 1997; Makhdoom *et al.*, 2000; Benetti *et al.*, 2002; Botero y Ospina, 2002; Silva, 2004; Garcia-Torcuato *et al.*, 2006; Castillo-Vargasmachuca *et al.*, 2007).

Esta supervivencia es el resultado de que el 83% del periodo de cultivo los valores de temperatura se mantuvieron fuera del intervalo óptimo para el cultivo de lutjanidos. Así mismo cabe recordar que *L. guttatus* es un pez de distribución tropical cuyo clima tiene temperaturas medias superiores a los 18 °C, esto aunado a la onda gélida reportada en el mes de febrero en la cual la temperatura del agua descendió a 14°C y arrojó una mortalidad de 50% durante esa eventualidad.

### 6.2.6. Ganancia en peso

Después de 183 días de cultivo los organismos alimentados con la dieta CIAD mostraron el mayor incremento en peso (159.47g) siendo estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) al valor obtenido con la dieta comercial (104.72 g) (Figura 14). La factibilidad del cultivo de pargos en jaulas flotantes ha sido mostrada en diversos estudios (Benetti *et al.*, 2002; García-Torcuato *et al.*, 2006; Castillo-Vargasmachuca *et al.*, 2007; Garduño-Dionate *et al.*, 2010).

Sin embargo, a diferencia del presente trabajo, los estudios antes mencionados, emplearon peces de mayor tamaño; así como, alimento balanceado no específico para la especie, y/o el uso de alimento fresco. Finalmente, en la mayoría de dichos cultivos los parámetros ambientales (temperatura) fueron idóneos para el cultivo de las especies estudiadas.



**Figura 14.-** Ganancia en peso de *L. guttatus* cultivado en jaulas flotantes durante 183 días.



### **6.2.7. Tasa específica de crecimiento**

La dieta CIAD expreso la TEC mas alta (1.60) siendo estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) a la obtenida con la dieta comercial. Esto debido a que el alimento comercial no cumplió con los requerimientos específicos ( $>45\%$  de proteína y  $>15\%$  lípidos) para el pargo flamenco. Este valor es superior a los publicados para *L. johni* (Makhdoom *et al.*, 2000), *L. analis* (Benetti *et al.*, 2002; Botero y Ospina, 2002), *L. argentiventris* (Guerreo, 1997; Silva, 2004), *L. synagris* (García-Torcuato *et al.*, 2006) y *L. guttatus* (Castillo-Vargasmachuca *et al.* 2007).

### **6.2.8. Factor de conversión alimenticia (FCA)**

El factor de conversión alimenticia más bajo (1.27) fue el observado en los organismos del tratamiento CIAD el cual fue significativamente diferente ( $P < 0.05$ ) al obtenido con los peces alimentados con la dieta Comercial. La eficiencia alimenticia de pargos cultivados en jaulas se puede observar en múltiples estudios (Benetti *et al.*, 2002; Botero y Ospina., 2002; Castillo-Vargasmachuca *et al.*, 2007), con lo que se reafirma la fácil adaptación al alimento artificial por parte del pargo.

### **6.2.9. Tasa de eficiencia proteica**

La tasa de eficiencia proteica obtenida con la dieta CIAD (1.61) fue más alta y estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) a la obtenida con la dieta comercial, lo que coincide con los resultados obtenidos en el bioensayo experimental, dónde la dieta CIAD correspondió al tratamiento PBM, esto diferencia se debió al mayor contenido de proteína en la dieta CIAD que en la comercial. En distintos peces marinos tales como perca plateada (Allan *et al.*, 2000) y mero jorobado (Shapawi *et al.*, 2007) se ha confirmado la eficiencia proteica de PBM.

### **6.3.0. Utilización aparente de nitrógeno (%)**

En cuanto a la utilización aparente de nitrógeno, la dieta CIAD registro el valor más alto (42.75%), estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ), al obtenido por la dieta comercial (41.26%). Existen estudios en diversos peces marinos donde se evaluó la utilización aparente de nitrógeno en dietas con inclusión de PBM, como los realizados por Allan *et al.*(2000) en perca plateada y Shapawi *et al.*(2007) en mero jorobado.

### **6.3.1. Costo unitario de alimentación (CUA)**

El menor costo unitario de alimentación (16.76 pesos/kg de pez) fue obtenido con la dieta CIAD la cual fue estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) a la comercial. Este costo es menor al obtenido por la misma dieta en la etapa experimental, lo cual reafirma el potencial de PBM como fuente alternativa de proteína para la elaboración de alimentos acuícolas balanceados, para ser usados en la pre-engorda de pargo flamenco en jaulas flotantes.

### **6.4. Rentabilidad económica**

En lo que respecta al análisis de rentabilidad económica, se compilaron todos los gastos inmiscuidos en la pre-engorda de pargo flamenco en jaulas flotantes, para establecer relaciones Beneficio-Costo (Ganancia). Estos datos deben de tomarse bajo reservas debido a que no es posible su comparación con algunos otros estudios, ya que si bien si se han realizado cultivos de lutjánidos en jaulas no se han realizado análisis de rentabilidad económica dentro de estos y compararlos con cultivos de otras especies marinas serían muy arriesgado, debido a que se siguen otros protocolos de cultivo.

Mediante estos resultados se estableció una ganancia teórica (corrida base) para cada uno de los tratamientos mediante los gastos de operación asumiendo un 25% de ganancia, sobre los costos de operación de cada uno de los alimentos evaluados (Tabla 9); ambos tratamientos arrojaron ganancias negativas, las cuales se debieron a la mortalidades registradas y al no haber alcanzado una talla (>450g) con precio de mercado. Sin embargo el tratamiento CIAD al tener una mayor talla final de peces alcanzó teóricamente un precio de venta mayor (16.38 pesos/ pez), que los producidos con la dieta Comercial (14.16 pesos/ pez) por lo que a pesar de que las ganancias son negativas para ambos alimentos evaluados, son mejores para la dieta CIAD.

**Tabla 9.-** Análisis de rentabilidad Beneficio-Costo en corridas bases de pre-engorda de pargo flamenco en jaulas flotantes

Concepto	CIAD	% de costos*	Comercial	% de costos*
Insumos para mantenimiento	4632	9	4632	9
Alevines	24000	48	24000	48
Alimento	3063	6	3047	6
Gasolina	2681	5	2681	5
Personal técnico	10645	21	10645	21
Personal obrero	2948	6	2948	6
Personal de limpieza	2549	5	2549	5
Costos de operación total	50518	100	50502	100
Ingresos	18837		15274	
Ganancias	<b>-31681</b>		<b>-35228</b>	

\*Porcentaje de costos de operación total

Con estos resultados se realizaron cuatro sensibilidades (Tabla 10); en las cuales se respetó cada una de las condiciones (supervivencia, FCA, incremento en peso, CUA) obtenidas de la pre-engorda de pargo flamenco en jaulas flotantes, para lo cual se modificó una variable de costo a la vez, mostrando como repercutía en particular sobre la relación Beneficio-Costo. En las primeras dos sensibilidades (CIAD-HD y Comercial-HD), se aumentó la densidad de organismos de 21 a 80 organismos/m<sup>3</sup> en ambos tratamientos; en una tercera sensibilidad (CIAD-HD sin técnico) se muestra un cultivo sin el costo que crea el empleo de personal técnico para un cultivo, por último en la

cuarta sensibilidad denota un cultivo que no incluye ningún costo de personal (técnico, obrero y de limpieza), pensando en un cultivo con cooperativistas suficientemente capacitados, y suponiendo que el trabajo de personal obrero y de limpieza podría realizarse por socios de la misma cooperativa sin costo alguno.

En las cuatro sensibilidades se reflejaron ganancias negativas, lo que se atribuye principalmente a factores que afectaron el cultivo tales como: una baja supervivencia (<45%) y no haber alcanzado una talla (>450 g) con buen precio de mercado; sin embargo las sensibilidades tres y cuatro (CIAD-HD sin técnico y CIAD-HD sin personal) mostraron las mejores ganancias. El análisis de las cuatro sensibilidades reflejó que el costo que más influyó sobre la pre-engorda fue el originado por la adquisición de alevines y no el de alimentación como se podría esperar.

**Tabla 10.-** Análisis de sensibilidad financiera de pre-engorda de pargo flamenco en jaulas flotantes.

CONCEPTO	CIAD-HD	% de costos*	Comercial-HD	% de costos*.	CIAD-HD S/TECNICO	% de costos*	CIAD-HD S/PERSONAL	% de costos*
Insumos para mantenimiento	4632	5	4632	5	4632	5	4632	6
Alevines	61080	63	61080	64	61080	70	61080	75
Alimento	12886	13	11624	12	12886	15	12886	16
Gasolina	2681	3	2681	3	2681	3	2681	3
Personal técnico	10645	11	10645	11	-	-	-	-
Personal obrero	2948	3	2948	3	2948	3	-	-
Personal de limpieza	2549	3	2549	3	2549	3	-	-
Costos de operación total	97421	100	96159	100	86776	100	81279	100
Ingresos	71024		61129		71024		71024	
Ganancias	<b>-26397</b>		<b>-35030</b>		<b>-15752</b>		<b>-10255</b>	

\* Porcentaje de costos totales de operación

Por último, se evaluó un escenario (Tabla 11) óptimo en la utilización de la dieta CIAD la cual resulto la mejor en la mayoría de los aspectos evaluados; en dicho escenario se estableció una densidad alta (36 kg/m<sup>3</sup>), una supervivencia del 90% y un precio de venta de 60 pesos/Kg (Avilés-Quevedo *et al.*, 2009), para peces con una talla promedio de 450 g, obteniendo ganancias positivas en el orden de los \$149,953 pesos. Lo que nos permite visualizar los aspectos a resolver en futuros cultivos de pargo flamenco en jaulas flotantes.

**Tabla 11.-** Perspectiva de análisis de rentabilidad Beneficio-Costo en escenario óptimo para la pre-engorda de pargo flamenco en jaulas flotantes

CONCEPTO	CIAD-HD OPTIMO	% de costos*
Insumos para mantenimiento	4632	5
Alevines	61080	63
Alimento	12886	13
Gasolina	2681	3
Personal técnico	10645	11
Personal obrero	2948	3
Personal de limpieza	2549	3
Costos de operación total	97421	100
Ingresos	247374	
Ganancias	<b>149953</b>	

\*Porcentaje de costos de operación total

## **7.- CONCLUSIONES**

1. Los resultados mostrados en el presente estudio, demuestran que la proteína de harina de pescado puede ser sustituida en un 15% por harinas de subproductos pecuarios (PBM y MBM) y marinos (TBM) en dietas para *L. guttatus* sin afectar su crecimiento.
2. Aun cuando la dieta comercial empleada mostro los valores más bajos para cada uno de los parámetros nutricionales, no evidencia que se trate de una dieta deficiente, sin embargo no puede ser empleada como una dieta específica para pargo flamenco aun siendo este un pez marino.
3. El Costo unitario de alimentación, de cada una de las dietas experimentales empleadas, ratifica el potencial del uso de sub productos pecuarios y marinos como fuente de proteína alternativa para dietas de *L. guttatus*.
4. La utilización de una dieta específica en pre-engorda de *L. guttatus* en jaulas flotantes, demostró mejores rendimientos productivos con base en índices nutricionales que una dieta comercial genérica para peces marinos.
5. El crecimiento del pargo flamenco en pre-engorda de jaulas flotantes, fue afectado por las temperaturas propias de los meses (diciembre-marzo) en los cuales se realizó la pre-engorda, mientras que la supervivencia fue perjudicada por eventos extraordinarios (ondas gélidas).

6. La calidad de agua del sitio de cultivo utilizado para la pre-engorda de *L. guttatus* en jaulas flotantes, no afectó su crecimiento ni supervivencia.
7. El análisis económico demuestra que para este estudio la rentabilidad se basa en el precio de venta que alcancen los organismos al momento de la cosecha, así como la supervivencia al final del cultivo.
8. Las sensibilidades económicas revelan que para el presente caso es el gasto por alevines, lo que constituye el mayor costo de producción y no el alimento como se supone en la mayoría de los casos en la acuicultura.
9. Por último una pre-engorda óptima de *L. guttatus* en jaulas flotantes a densidades altas (80 peces/m<sup>3</sup>) y realizado durante fechas propicias, ofrecería ganancias económicas al finalizar el primer ciclo de cultivo.



## **8.-RECOMENDACIONES**

- Continuar con la evaluación de sub productos pecuarios y marinos disponibles para elaborar dietas para pargo flamenco.
- Evaluar diversos niveles de carotenoides de origen natural, basados en las dietas experimentales utilizadas en el presente estudio.
- Utilizar organismos de *L. guttatus* de mayor tamaño (>30 g) al empleado en este estudio para el cultivo en jaulas flotantes.
- Evaluar la dieta CIAD en una pre-engorda de pargo flamenco en jaulas flotantes a densidades altas (80 peces/m<sup>3</sup>), así como en época óptima (agosto-junio) para su crecimiento y supervivencia.

## **9.- BIBLIOGRAFÍA**

Abdo de la Parra, I., Cruz, E., Ricque. M. (1993). Especificaciones de harinas y aceites de pescado para nutrición animal acuícola. Memorias del I Simposio internacional y tecnología de alimentos para la acuicultura .Monterrey, Nuevo León, México.

Abdo-de la Parra, M.I., Rodríguez-Ibarra, L. E., Hernández-González, C., Hernández-Mendoza, K., González-Rodríguez, B., Martínez-Rodríguez, I., García-Ortega, A.(2010). Efecto de diferentes niveles de proteína y lípidos totales en la dieta sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles de pargo lunarejo *Lutjanus guttatus*. Revista de biología tropical. 45(3):433-439 (disponible en [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-19572010000300008&lang=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-19572010000300008&lang=es) )

Abdo-de la Parra, M. I., Rodríguez-Ibarra, L. E., Campillo-Martínez, F., Velasco-Blanco, G., García-Aguilar, N., Álvarez-Lajonchère, L. S., Voltolina, D.(2010). Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y supervivencia larval del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus*. Revista de biología tropical. 45(1):141-146 . (Disponible en <http://www.scielo.cl/pdf/revbiolmar/v45n1/art14.pdf> )

Allan, G.L., Rowland, S.J., Mifsud, C., Glendenning, D., Stone, D.A.J. and Ford, A.(2000). Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*V. Least-cost formulation of practical diets. Aquaculture. 186:327-340.

Avilés-Quevedo A. Y Castelló-Orvay. F.(1999). Situación, posibilidades y perspectivas del cultivo de peces marinos en jaulas flotantes en México. Foro Internacional de Acuicultura Tropical Sustentable. Del 12 al 14 de agosto de 1999 en Villahermosa, Tabasco, México.

Avilés-Quevedo A. (2000) Cultivo de peces marinos. In:Alvarez-Torres P, Torres-Rodríguez LM (eds.) Estado de Salud de la Acuicultura. Instituto Nacional de la Pesca-SEMARNAT, México, 506.

Avilés-Quevedo A. ( 2006) Engorda de pargos en jaulas flotantes.. En M. Hernández, C. Rangel, M. Garduño y I. Mora (eds.) Mem. 2da Reunión de la Red Nacional de Cultivo de Peces Marinos, y 2do Foro Internacional de Acuicultura, Hermosillo, Sonora, México. 1-3 de diciembre de 2005. ISBN 968-800-704-8, SAGARPA-INP 176 P:73-79 .

Avilés-Quevedo A.(2009). Desarrollo de biotecnología para el cultivo de pargos. Foro internacional de acuicultura tropical sustentable. Boletín del Instituto Nacional de Pesca. (Disponible en <http://www.inapesca.gob.mx/portal/sala-de-prensa/boletines/1-desarrollo-de-biotecnologia-para-el-cultivo-de-pargos>)

Barlow, S.(2003). World market overview of fish meal and fish oil.. In P.J. Bechtel,(ed.) Advances in seafood byproducts: 2002 conference proceedings. Fairbanks, Alaska Sea Grant College Program, University of Alaska Fairbanks, 566.

Benetti, D., Matera, J.A., Stevens, O.M., Alarcón, J.F., Feeley, M.W., Rotman, F.J. Minemoto,Y., Banner, S.G., FankeJ.,Scott, Z. and Eldridge, L.(2002). Growth, survival, and feed conversion rates of hatchery-reared mutton snapper *Lutjanus analis* cultured in floating net cages. Journal of the World aquaculture society. 33(3):349-357.

Botero, J. y Ospina, J.F.(2002). Crecimiento de juveniles de pargo *Lutjanus analis* (Cuvier) en jaulas flotantes en Islas del Rosario, Caribe colombiano. Boletín de investigaciones marinas y costeras. 31:205-217.

Burr, G. and Gatlin D.(2005). Microbial ecology of the gasterointestinal tract of fish and potential application of prebiotic and probiotic in finfish aquaculture. Journal of the World aquaculture society. 36: 425-436.

Castillo-Vargasmachuca, S., Ponce-Palafox, J.T., Chávez-Ortiz E., and Arredondo-Figueroa, J.L.(2007). Effect of the initial stocking body weight on growth of spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) in marine floating cages. Revista de Biología Marina y Oceanografía. 42(3):261 – 267.

Castro-Campos E.(1987). Erosiones a la molleja y vómito negro aviar: prevención a través del control de calidad a las harinas de pescado. Avicultura profesional. 5 (2): 55-56.

Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. ( 2009) . Anuario estadístico de pesca y acuicultura 2007. Edición 2007. 223.

Escalante-Rojas, M.E., 2010. Efecto de la inclusión de aceite de canola en el alimento sobre el crecimiento y composición de ácidos grasos omega-3 del músculo de pargo flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869). Tesis de Maestría en Ciencias, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Unidad Mazatlán, Mazatlán, Sinaloa, México,

Faid, M., Zouiten, A., Elmarrakchi, A., Achkari-Begdouri, A.(1997). Biotransformation of fish waste into a stable feed ingredient. Food Chem. 60 (1):13–18.

García-Torcuato, R.R., Cervantes-Trujano, M. y Ancona-Ordaz, Á.(2006). Evaluación del crecimiento de Pargo Canane *Ocyurus chrysurus* y Biajaiba *Lutjanus synagris* cultivadas en jaulas flotantes en la costa de Lerma, Campeche, México. IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura, CIVA 2006 (<http://www.civa2006.org>):882-890.

Garduño-Dionate, M.,Unzueta-Bustamante, M.L., Hernández-Martínez, M., Lorán-Núñez, R.M. y Martínez-Isunza, F.R.(2010). Crecimiento de huachinangos juveniles silvestres (*Lutjanus peru*) en un encierro de engorda en Puerto Vicente Guerrero, Guerrero, México. Ciencia Pesquera 18(1):93-96.

GLOBEFISH Seafood Highlights, 2007

Hajen, W.E., Higgs, D.A., Beames, R.M., and Dosanjh, B.S.(1993). Digestibility of various dietstuffs by post-juvenile chinook salmon (*Onchorhynchus chustshawytscha*) in seawater. 2. Measurement of digestibility. Aquaculture, 112:333-348.

Hardy, R.W.(1996). Alternate protein sources for salmon and trout diets. Animal feed science technology. 59: 71-80.

Hardy, R.W., Sealey, W. M., Gatlin, D. M. III.(2005). Fisheries by-catch and by-product meals as protein sources for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. J. World Aquacult. Soc. 36 (3):293-400.

Hardy, R.W.(2007). Farmed fish diet requirements for the next decade and implications for global availability of nutrients. In: Chorn, L., Webster, C.D., Lee, CH, S., (Eds.), Alternative Protein sources in Aquaculture Diets. The Haworth Press, New York. 1-15.

Harvey, D.J.(2004). Aquaculture outlook. Electronic Outlook Report from the Economic Research Service, USDA, LDP-AQS-20, October 8, 2004 (available at <http://usda.mannlib.cornell.edu/reports/erssor/livestock/ldp-aqs/2004>)

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 de Doctorado en Ciencias, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida, Mérida, Yucatán, México.

Hernández-González, C.Varillas-Martinez, P., Olvera-Novoa, M.A., Marquez-Martinez, D.G.,Hardy, R., Gonzalez-Rodriguez, B.T. (2010). Apparent digestibility of various protein ingredient in diets for spotted rose snapper *Lutjanus guttatus*. X Simposio Internacional de Nutricion Acuicola. Monterrey, Nuevo León, México, Noviembre 8-10 del 2010.

Hertrampf, J. W. & Piedad-Pascual, F.(2000). Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds. Kluwer Academic Publisher (Ed.), Dordrecht, The Netherlands. 573 .

Hevrøy, E. M, Espe, M., Waagbø, R., Sandnes, K., Ruud, M., Hemre, G.I.(2005). Nutrient utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar*.) fed increased levels of fish protein hydrolysate during a period of fast growth. Aquacult. Nutr. 11:301–313.

Huntington, T.C.(2004). Feeding the fish: Sustainable fish feed and Scottish Aquaculture. Report to the Joint Marine Programme (Scottish Wildlife Trust and WWF Scotland) and RSPB Scotland. Poseidon Aquatic Resource Management Ltd,

Huntington, T., Frid, C., Banks, R., Scott, C., Paramor, O.(2004). Assessment of the sustainability of industrial fisheries producing fish meal and fish oil. Report to the Royal Society for the Protection of Birds (RSPB). Poseidon Aquatic Resource Management Ltd.

Ikenoue, H. and T. Kafuco (eds.)(1992). Modern methods of aquaculture in Japan. 2<sup>nd</sup>. ed. Developments in aquaculture and fisheries science. Kodansha Ltd. Tokio. 24:272.

Internacional Fishmeal and Fish Oil Organization (IFFO).(2007). available at: IFFO, [www.iffonet.net/](http://www.iffonet.net/).

Jackson, A. J.(2007). Challenges and opportunities for the fishmeal and fish oil industry. Feed Technology Update. Int. Aqua Feed. 2:16-18.

Juárez-Palacios, R.R.(1987). La Acuicultura en México., importancia social y económica. En: Desarrollo pesquero mexicano 1986-1987. Secretaria de pesca. México. 3:219-232.

Li, J., Lu, Z., Mai, K., Ai, Q., Zhang, C., Li, H., Duan, Q., Ma, H., Lu, Z., and Zheng, S.(2010). Potential of Several Protein Sources as Fish Meal Substitutes in Diets for Large Yellow Croaker, *Pseudosciaenacrocea*. Journal Of The World Aquaculture Society, 41(S2):278-283.

Li, K., Wang, Y., Zheng, Z., Jiang, R., Xie, N. And Bureau, D.P.(2009). Replacing Fish Meal with Rendered Animal Protein Ingredients in Diets for Malabar Grouper, *Epinephelus malabaricus*, Reared in Net Pens. Journal Of The World Aquaculture Society, 40(1):67-75.

Lim, C., Webster, C.D., Lee, C.S.(2008). Alternative protein sources in aquaculture diets. The Haworth press. First edition. New York.571.

Lymington, Hampshire, UK. June. (2004). (available at <http://www.consultposeidon.com/reports.asp>).

Meyers, S.P.(1986). Utilization of shrimp processing wastes. Infofish Mark. Dig. 4:18-19.

New, M.B., Wijkström, U.N. (2002). Use of fishmeal and fish oil in aqua feeds: further thoughts on the fishmeal trap. FAO Fish Circ. No. 975, Rome. 61.

NRC (National Research Council).(1993). Nutrient requirements of fish. National Academic Press. Washington; D.C. USA. 114.

NRA (National Renderers Association, Inc.). (2003).Pocket information manual a buyer's guide to rendered products.National Renderers Association, Inc. First edition. Alexandria, Virginia. 44 pp (available at [http://assets.nationalrenderers.org/pocket\\_information\\_manual.pdf](http://assets.nationalrenderers.org/pocket_information_manual.pdf) )

Osuna-Duran, B. (2009).Requerimiento nutricional de vitamina C y efectos de su deficiencia en el desarrollo de juveniles de pargo flamenco (*Lutjanusguttatus*), (Steindachner, 1869). Tesis de Maestría en Ciencias, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Unidad Mazatlán, Mazatlán, Sinaloa, México.

Pike, I.H., Barlow, S.M.(2003). Impact of fish farming on fish stocks. Int. Aqua Feed–directory and buyers' guide 2003. Luton, UK, Turret West Ltd. Bartham Press. 24–29.

Pike, I.H.(2005). Eco-efficiency in aquaculture: global catch of wild fish used in aquaculture. Int. Aqua feed. 8:38–40 .

Polovina,J.J.&S.Ralston.(1987).Tropical snappers and groupers. Biology and fisheries management. Ocean Resour. Mar. Policy Ser.,Westview,Boulder.659 .

Preciado-Iñiguez, K.Y.(2010). Sustitucion de harina de pescado por concentrado de proteína de soya y complementación de DL-metionina en dietas para pargo flamenco, *Lutjanusguttatus* (Steindachner, 1869), y su efecto sobre el crecimiento y utilización del alimento. Tesis de Maestría en Ciencias, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Unidad Mazatlán, Mazatlán, Sinaloa, México.

Robaina, L., Moyano , F.J., Izquierdo , M.S., Socorro , J., Vergara, J.M., y Montero, D.(1997). Corn gluten and meat and bone meals as protein sources in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*): Nutritional and histological implications. Aquaculture. 157:347-359.

Rodríguez-Moreno, F.(2009). Efecto de la inclusión de la astaxantina en el alimento sobre la pigmentación de la piel de *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) bajo condiciones de cultivo. Tesis de Maestría en Ciencias, Centro de

Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Unidad Mazatlán, Mazatlán, Sinaloa, México,

Rojas-Herrera, A.A., Mascaró, M. y Chiappa-Carrara, X.(2004). Hábitos alimentarios de los peces *Lutjanus peru* y *Lutjanus guttatus* (Pisces:Lutjanidae) en Guerrero, México. Revista de biología tropical. 52(4), (disponible en [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442004000400018&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442004000400018&script=sci_arttext) )

SEAFEEDS (Sustainable Environmental Aquaculture Feeds).(2003). Final report of the Sea feeds Workshop organized and chaired by Nautilus Consultants in association with the Stirling University Institute of Aquaculture, Stirling 8th – 9th April 2003. (available at [www.nautilus-consultants.co.uk/seafeeds/Files/Final%20Report.pdf](http://www.nautilus-consultants.co.uk/seafeeds/Files/Final%20Report.pdf)).

Shapawi, R., Ng, W. and Mustafa S.(2007). Replacement of fish meal with poultry by-product meal in diets formulated for the humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. Aquaculture.273:118-126.

Sugiura, S.H. and Hardy, R.W.(2000). Environmentally friendly feeds. In R.R. Stickney (Ed.), Encyclopedia of aquaculture. John Wiley & sons, Inc. New York.310

Tacon, A.G.J.(1994). Feed ingredients for carnivorous fish species: Alternatives to fishmeal and other fishery resources. FAO Fisheries Circular No. 881. FAO, Rome, Italy. 35.

Tacon A.G.J. (1996). Nutritional studies in crustaceans and the problems of applying research findings to practical farming systems. Aquac.Nutr. 2: 165-174

Tacon, A.G.J and Forster, I.P.(2001). Global trends and challenges to aquaculture and aquafeed development in the new millennium. Int. Aqua Feed –directory and buyers' guide 2001. Middlesex, UK, Turret RAI, Uxbridge. 4–25.

Tacon, A.G.J., Hasan, M.R., Subasinghe, R.P. (2006). Use of fishery resources as feed inputs to aquaculture development: trends and policy implications. FAO Fisheries Circular No. 1018:99 FAO, Rome. .

Vázquez-Olivares, A. E.(2006) . La siguiente generación de jaulas flotantes (Diseño de un sistema de jaula flotante móvil para cultivos marinos en México) .En M. Hernández, C. Rangel, M. Garduño y I. Mora (eds.) Mem. 2da Reunión de la Red Nacional de Cultivo de Peces Marinos, y 2do Foro Internacional de Acuicultura, Hermosillo, Sonora, México. 1-3 de diciembre de 2005. ISBN 968-800-704-8, SAGARPA-INP 176 : 89-111.

Villa-López A. Y. (2005). Efecto de diferentes niveles de proteína y lípidos en el crecimiento y sobrevivencia del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) (Pisces: Lutjanidae). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias del Mar, Mazatlán, México.

Webster , C.D. and Lim, C.E. (2002) . Introduction to fish nutrition. In :Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture, (eds.) Webster , C.D. and Lim, C.E. CABI publishing, USA. 1-27.

Zanuy, S. y M. Carrillo. (1993) . *Técnicas de control de la reproducción en los teleósteos*. 143-156.En: Castelló-Orvay F.(ed.) *Acuicultura Marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción*. Universidad de Barcelona, España. 739.



## Anexo 1

### EXTRACCION DE CAROTENOIDES (acetona)

Cuando se trabaja con extracción de carotenoides, las muestras deben estar protegidas de la luz y del aire, con papel de aluminio, antes y durante la extracción, y tener los tubos tapados siempre que se pueda, ya que éstas pueden oxidarse rápidamente. Mantener siempre las muestras en frío. De ser posible, las lámparas del laboratorio deberían ser de luz amarilla.

1. Pesar ( 1 – 1.5 gramos) y lo añadimos a un tubo (**TUBO A**), en caso de trabajar con piel, debemos utilizarla siempre del mismo lado y pigmentada, seguidamente limpiarla bien antes de pesarla (quitarle todo el músculo).
2. Se le añade 5 ml de acetona y se homogeniza en ultraturrax durante 1 minuto, y se limpia el vástago con otros 5 ml.
3. Se centrifuga durante 5 min. a 2000 rpm, en caso de trabajar con piel se omite este paso ya que no ultraturreamos
4. Se pasa el sobrenadante del tubo con la muestra a otro tubo, (**tubo B**) y se va evaporando con N 2 para ir bajando el volumen. (evaporar sin calor, y no dejarlo a sequedad)
5. Se añade de nuevo al **tubo A** otros 5 ml de acetona y se vuelve a repetir los pasos 3 y 4. (En caso de que todavía quedara color en el tubo A, habría que seguir añadiendo acetona hasta su completa extracción).
6. Se añade al **tubo B** :
  - 5 ml de hexano (No hacerlo lentamente)
  - 2 ml de H<sub>2</sub> O para que se formen dos fases. (dejar caer el H<sub>2</sub> O muy despacio por las paredes para evitar formación de emulsiones.
7. Se filtra la fase superior en un tercer tubo (**tubo C**).
8. Se evapora a sequedad ( evaporar sin calor)
9. Se diluyen los carotenoides. Dependiendo de la cantidad de color que se obtenga, se aplicará un volumen de hexano con BHT 0,05%. Se va añadiendo dicho solvente de 1 ml a 1 ml hasta conseguir el color deseado que será lo más claro posible.

10. Se pasa a una cubeta y leemos la absorbancia en el espectrofotómetro a 470nm. Poner el aparato en modo de espectro para leer las abs. de las muestras. Debemos saber que el rango de lectura de la abs. de las muestras suele estar entre 0,2 a 0,9.

CALCULOS.- Con la siguiente fórmula obtendremos los µg de carotenoides totales que contiene la muestra:

$$\mu\text{g} = \frac{\text{Abs.} \times V \times 10000}{2100 (E)}$$

Por ejemplo; Se pesó 1,5000g de piel. Al acabar la extracción se diluyó con 5 ml de hexano y al leer en el espectro dio una abs. de 0,4 por lo que:

$$\begin{array}{l} V = 5 \text{ ml} \\ P = 1,500 \text{ g} \end{array} \qquad \qquad \qquad 0,4 \times 5 \times \frac{10000}{2100} = 9,53$$

Abs. = 0,4      sustituimos y → ----- =

9,53 µg de carotenoides totales en 1,500g de muestra.

\*Si se quiere saber los carotenoides totales que hay en 1g de la misma muestra:

Si en:

1,500g de muestra-----9,53 µg de caroten.

1g      “      “      ----- X = 6,35 µg de carot. tot. / g de muestra