

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS**



**SUSTITUCIÓN DE LA HARINA DE PESCADO CON HARINA DE SOYA, EN
DIETAS PRÁCTICAS PARA JUVENILES DE PARGO FLAMENCO
*Lutjanus guttatus***

TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA LA OBTENCIÓN DEL
GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS EN EL
ÁREA DE CIENCIAS PESQUERAS

PRESENTA

YESSICA SILVA CARRILLO

XALISCO, NAYARIT; DICIEMBRE DEL 2011

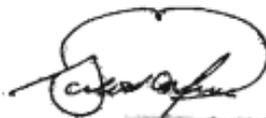
Dr. J. Diego García Paredes
Coordinador del Posgrado CBAP
Presente

Los que suscribimos, integrantes del Consejo Tutorial de la C. Yessica Silva Carrillo, declaramos que hemos revisado la tesis titulada "Sustitución de la harina de pescado con harina de soya en dietas prácticas para juveniles de pargo flamenco, *Lutjanus guttatus*" y determinamos que la tesis puede ser presentada por la alumna para aspirar al grado de Maestría en Ciencias Biológico Agrícolas con opción Terminal en Ciencias Pesqueras.

ATENTAMENTE
EL CONSEJO TUTORIAL



Dra. Candelaria Hernández González
Directora



Dr. Sergio G. Castillo Vargas
Co-director



Dr. Roberto Gómez Aguilar
Asesor



Dr. Emilio Peña Messina
Asesor



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

CBAP/332/11

Xalisco, Nayarit., 17 de noviembre de 2011

Ing. Alfredo González Jáuregui
Director de Administración Escolar
Presente.

Con base al oficio de fecha 3 de noviembre de 2011, enviado por los CC. Dra. Crisantema Hernández González, Dr. Sergio Gustavo Castillo Vargasmachuca, Dr. José Roberto Gómez Aguilar y Dr. Emilio Peña Messina, donde se nos indica que el trabajo de tesis titulado "Sustitución de la harina de pescado con harina de soya en dietas prácticas para juveniles de pargo flamenco, *Lutjanus guttatus*" cumple con lo establecido en forma y contenido, debido a que ha cumplido con los demás requisitos que pide el Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Nayarit, se autoriza a la C. Yessica Silva Carrillo, continúe con los trámites necesarios para la presentación del examen de grado de Maestría.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente

"Por lo Nuestro a lo Universal"

Dr. J. Diego Garcia Paredes
Coordinador del Posgrado



C.c.p.-Minutario.
C.c.p.-Expediente.
ref.

DEDICATORIAS

A Dios:

Agradezco a Dios, por permitirme cumplir una meta más en mi vida. Sin duda fue un trabajo que en un principio presento momentos duros, pero él me dio la fuerza para sobrellevarlos. Jamás me cerró una puerta sin que me abriera dos, y detrás de ellas encontré personas muy valiosas que fueron junto con mi familia el soporte que me llevo a este logro.

A mi hijo:

Mi pequeño Diego Antonio, por ser mi motor de vida. Muchas gracias mi amor por tu ternura, tu inocencia, tus risas, tus besos y por esos "te amo mamá" que me exigen ser mejor, para poder darte lo mejor. Tenerte conmigo hace más significativo este éxito.

A mi padre:

Antonio Ernesto Silva González, por ser mi ejemplo de vida. Gracias papá por tu interés en mi maestría, por nuestras platicas, por tu aliento y serenidad ante mis momentos de angustia.

A mi madre:

María Teresa Carrillo Díaz, por asumir amorosamente el cuidado de mi hijo durante estos dos años, para que yo pudiera salir y cursar mi posgrado. Te agradezco mamá tu incondicional apoyo en ese y en todos los momentos que te he necesitado, porque siempre has estado ahí.

A mi hermano:

Antonio Silva Carrillo, por estar a mi lado y apoyarme en este momento tan importante.

AGRADECIMIENTOS

A los Fondos Mixtos CONACYT-Gobierno del Estado de Nayarit por el apoyo financiero para la realización de mis estudios de maestría, con el proyecto Clave NAYARIT-2006-C01-66170.

A 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 el apoyo financiero para la realización de este estudio.

Mis más sincero agradecimiento a la Dra. Crisantema Hernández González, Investigador Titular del Laboratorio de Nutrición del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) Unidad Mazatlán, quien ha dirigido esta Tesis de Maestría y quien me dio la oportunidad de empezar a trabajar en este mundo fascinante de la Acuicultura. Su confianza, auxilio, paciencia y conocimiento sobre el tema han resultado insustituibles.

Mi gratitud al Dr. Sergio Gustavo Castillo Vargasmachuca, Coordinador del Área de Ciencias Biológico Agropecuarias y Pesqueras de la Universidad Autónoma de Nayarit, quien ha codirigido este trabajo de investigación. Su amistad, apoyo y optimismo han sido importantes al momento de valorar este trabajo.

Al Dr. Roberto Gómez Aguilar, Profesor Investigador del Posgrado en Ciencias Biológicas Agropecuarias (CBAP) de la Universidad Autónoma de Nayarit. Gracias por su colaboración, dedicación y experiencia prestadas durante la realización de este trabajo.

Al Dr. Emilio Peña Mesina, Profesor Investigador del CBAP de la Universidad Autónoma de Nayarit, por su asesoría, solidaridad, formalidad y transigencia proporcionadas en el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Juan Diego García Paredes, Coordinador del Posgrado en Ciencias Biológicas Agropecuarias (CBAP) de la Universidad Autónoma de Nayarit, por su apoyo, disposición, atención y confianza desde un principio para la realización de este estudio.

A la Bióloga Blanca González Rodríguez, Técnico Superior del Laboratorio de Análisis Proximales del CIAD, Unidad Mazatlán. Gracias por su compañerismo a lo largo de mi trabajo experimental. Su experiencia depositada en mi estudio ha sido invaluable.

Al Dr. Milton Spanopoulos Hernández, Profesor Investigador del Instituto Tecnológico de Mazatlán, por su amistad y desinteresada colaboración en las ocasiones que acudí a él.

Mi más profundo y sincero agradecimiento a la familia López Molina, por su generosidad demostrada a lo largo de mi estancia en el Puerto de Mazatlán al permitirme un lugar en su familia y en su hogar. Su invaluable amistad, cariño, apoyo, confianza e inagotables ganas de salir adelante me animaron en todo momento.

"Gracias muy especiales" a quienes fueron mis compañeros de trabajo durante mi permanencia en CIAD, Unidad Mazatlán: a la Bióloga Virginia Patricia Domínguez Jiménez, al Biólogo Acuicultor Alan Jesús Humberto González Santos, al Biólogo Acuicultor Martín Valverde Romero, al Ing. Bioquímico Paúl Varillas Martínez, a la Ing. Bioquímica Lorena Gpe. Osuna Osuna, a la Ing. Bioquímica Erika Yazmin Sánchez Gutiérrez y al Ing. Bioquímico Asahel Benítez Hernández, por apoyarme en distintos aspectos de este trabajo.

A la M.P.A. Noemí García Aguilar, Profesor Investigador y al Biólogo Pesquero Armando Ibarra, Técnico Superior del Laboratorio de Reproducción y Genética del CIAD, Unidad Mazatlán. Gracias por su aliento, aprecio y consejos.

Al M.C. Gerónimo Rodríguez Chávez por las facilidades concedidas para que pudiera aspirar a una maestría en ciencias.

Mi mayor gratitud al M.C. Porfirio López Lugo, Secretario General del Sindicato del Personal Académico de la Universidad Autónoma (UAN), por el firme apoyo otorgado desde mi comienzo en la Unidad Académica Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera.

Gracias de corazón a mis compañeros de la Unidad Académica Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera: a la M.C. Beatriz López Molina, al M.C. Miguel Ángel Regalado de Dios y al Ing. Pesquero Rodolfo Navarro Villalobos por su respaldo, ayuda y amistad incomparables.

Agradezco a todos aquellos que involuntariamente he olvidado mencionar y que, en alguna medida, han participado en la realización de esta tesis.

INDICE

1. Introducción.....	1
2. Hipótesis.....	4
3. Objetivos.....	4
3.1. Objetivo general.....	4
3.2. Objetivos específicos.....	4
4. Antecedentes.....	5
4.1. Taxonomía y características de la familia Lutjanidae.....	5
4.2. Ubicación taxonómica.....	6
4.3. Morfología de la especie.....	6
4.4. Requerimientos de proteínas y lípidos reportados en Lutjanidos.....	7
4.5. Evaluación de la inclusión de soya en dietas para especies carnívoras marinas.....	9
4.6. Composición química de la soya.....	13
4.6.1. Composición proximal y contenido mineral.....	13
4.6.2. Composición en aminoácidos esenciales (AAE).....	14
4.7. Disponibilidad de nutrientes en la soya.....	15
4.7.1. Digestibilidad de nutrientes.....	15
5. Materiales y métodos.....	19
5.1. Formulación de las dietas experimentales.....	19
5.2. Elaboración de dietas experimentales.....	20
5.3. Análisis proximales.....	23
5.4. Descripción de la sala de bioensayos.....	25
5.5. Origen de los organismos.....	25
5.6. Diseño experimental.....	26
5.6.1. Diseño experimental para evaluar las dietas.....	26
5.6.2. Alimentación.....	26
5.6.3. Parámetros ambientales.....	26
5.6.4. Evaluación biológica.....	26
5.7. Análisis estadístico.....	27

5.8. Análisis económico.....	28
6. Resultados.....	29
6.1. Análisis proximales de harinas.....	29
6.2. Análisis proximal de dietas.....	30
6.3. Análisis proximal de carcasa.....	30
6.4. Evaluación biológica.....	31
6.4.1. Incremento en peso.....	32
6.4.2. Tasa de crecimiento.....	33
6.4.3. Tasa específica de crecimiento.....	34
6.4.4. Consumo de alimento individual.....	36
6.4.5. Tasa de conversión alimenticia.....	37
6.4.6. Supervivencia.....	38
6.4.7. Índice de eficiencia proteica.....	39
6.4.8. Utilización Aparente de Nitrógeno.....	40
6.5. Análisis económico.....	41
7. Discusión.....	43
8. Conclusiones.....	47
9. Literatura citada.....	48
Anexos.....	57
A1. Análisis entre consumo por biometría y tratamientos (D-0 y D20%).....	57
A2. Análisis de regresión lineal para las variables consumo y temperatura correspondiente a los tratamientos D-0 y D-20%.....	63
A3. Análisis de regresión lineal para las variables peso y longitud correspondiente al tratamiento D-0%.....	65
A4. Análisis de regresión lineal para las variables peso y longitud correspondiente al tratamiento D-20%.....	67
A5. Análisis de regresión lineal para las variables peso y longitud correspondiente al tratamiento D-40%.....	69
A6. Análisis de regresión lineal para las variables peso y longitud correspondiente al tratamiento D-60%.....	71

A7. Análisis de regresión para las variables de peso y longitud con inclusión de un término cuadrático correspondiente al tratamiento D-0%.....	73
A8. Análisis de regresión para las variables de peso y longitud con inclusión de un término cuadrático correspondiente al tratamiento D-20%.....	75
A9. Análisis de regresión para las variables de peso y longitud con inclusión de un término cuadrático correspondiente al tratamiento D-40%.....	77
A10. Análisis de regresión para las variables de peso y longitud con inclusión de un término cuadrático correspondiente al tratamiento D-60%.....	79
A11. Análisis factorial entre las variables consumo y crecimiento correspondiente a los tratamientos D-0 y D-20%.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición proximal (%) y contenido mineral (g/kg) de los diferentes productos proteicos de soya y harinas de pescado.....	13
Tabla 2. Composición de aminoácidos esenciales (% de proteína cruda) de los diferentes productos de soya y harinas de pescado.....	15
Tabla 3. Coeficientes de digestibilidad aparente de nutrientes (%) en harina de soya total grasa (HSTG), harina de soya desgrasada (HSD) con o sin cascara, concentrado de proteína de soya (CPS) y harina de pescado (HP) para algunas especies marinas carnívoras	17
Tabla 4. Composición porcentual de las dietas experimentales para pargo.....	19
Tabla 5. Composición proximal de harinas de pescado (HP) y soya desgrasada (HSD) con cascara.....	29
Tabla 6. Perfil de aminoácidos de harinas de pescado (HP) y soya desgrasada (HSD) con cascara.....	29
Tabla 7. Análisis proximal de dietas experimentales en % base húmeda.....	30
Tabla 8. Análisis proximal de carcasa final en % base húmeda.....	30
Tabla 9. Resultados de crecimiento, eficiencia de alimento y supervivencia del pargo <i>L. guttatus</i> , alimentado con dietas incluidas con harina de soya durante doce semanas de cultivo	31
Tabla 10. Costo específico de las harinas de pescado y soya por Kg de dietas experimentales en M/N.....	41
Tabla 11. Costo específico de las harinas de pescado y soya por Kg de biomasa producida en M/N.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pargo flamenco, <i>Lutjanus guttatus</i>	6
Figura 2. Proceso de molienda y mezclado a) Molino de martillos Micrón; b) Balanza Scout Pro SP2001; c) Mezcladora marca Hobart.....	21
Figura 3. Proceso de peletizado y secado de las dietas a) Molino para carne marca Torrey; b) Charolas tipo cernidores; c) Secador de aire forzado; d) Tamices.....	22
Figura 4. Equipo LECO®/ Dumas FP-520.....	23
Figura 5. Equipo Foss-Let Tecator Soxhlet Avanti 2050.....	23
Figura 6. Horno eléctrico.....	24
Figura 7. Muffa.....	24
Figura 8. Sala de bioensayos.....	25
Figura 9. Incremento en peso del pargo lunarejo alimentado con dietas experimentales por un periodo de doce semanas.....	32
Figura 10. Tasa de crecimiento del pargo lunarejo alimentado con dietas experimentales por un periodo de doce semanas.....	33
Figura 11. Tasa específica de crecimiento del pargo lunarejo alimentado con dietas experimentales por un periodo de doce semanas.....	34
Figura 12. Análisis de regresión polinomial de segundo orden o cuadrática que relaciona el crecimiento en incremento en peso, con respecto al nivel de sustitución de harina de pescado por harina de soya.....	35
Figura 13. Consumo de alimento individual del pargo lunarejo alimentado con dietas experimentales por un periodo de doce semanas.....	36
Figura 14. Tasa de conversión alimenticia del pargo lunarejo alimentado con dietas experimentales por un periodo de doce semanas.....	37
Figura 15. Porcentaje de supervivencia del pargo lunarejo alimentado con dietas experimentales por un periodo de doce semanas.....	38
Figura 16. Índice de eficiencia proteica del pargo lunarejo alimentado con dietas experimentales por un periodo de doce semanas	39
Figura 17. Porcentaje de utilización aparente de nitrógeno del pargo lunarejo	

alimentado con dietas experimentales por un periodo de doce semanas.....	40
Figura 18. Regresión lineal para las variables consumo y temperatura correspondiente a los tratamientos D-0 y D-20%.....	64
Figura 19. Regresión lineal para la variables peso y longitud correspondiente al tratamiento D-0%.....	66
Figura 20. Regresión lineal para la variables peso y longitud correspondiente al tratamiento D-20%.....	68
Figura 21. Regresión lineal para la variables peso y longitud correspondiente al tratamiento D-40%.....	70
Figura 22. Regresión lineal para la variables peso y longitud correspondiente al tratamiento D-60%.....	72
Figura 23. Regresión para las variables de peso y longitud con inclusión de un término cuadrático correspondiente al tratamiento D-0%.....	74
Figura 24. Regresión para las variables de peso y longitud con inclusión de un término cuadrático correspondiente al tratamiento D-20%.....	76
Figura 25. Regresión para las variables de peso y longitud con inclusión de un término cuadrático correspondiente al tratamiento D-40%.....	78
Figura 26. Regresión para las variables de peso y longitud con inclusión de un término cuadrático correspondiente al tratamiento D-60%.....	80

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura intensiva de peces carnívoros marinos con alto valor en el mercado, se ha expandido rápidamente durante esta década y se espera que siga creciendo en un futuro, debido al incremento en la demanda de mariscos de buena calidad y al suministro limitado de la pesca de captura. De 1990 al 2001, la producción de peces marinos ha crecido a una tasa anual del 27.8 por ciento, con una producción total de 2.34 millones de toneladas en el 2001 (FAO, 2004). Sin embargo, en el desarrollo de tecnologías para el cultivo, debe tenerse una mayor comprensión de los requerimientos nutricionales y la tolerancia de las especies a ciertos productos alimenticios.

El pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*), es un pez carnívoro marino de gran importancia económica, tanto en México como en varios países de Latinoamérica, y se distribuye a lo largo de la costa del Pacífico del continente americano (Rojas-Herrera, 2001). Se le considera una especie con alto potencial para el cultivo, debido a la demanda comercial, su capacidad de adaptación y el control de la reproducción en cautiverio (Ibarra-Castro y Duncan, 2007).

De acuerdo con las estadísticas oficiales, la producción de pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*), en el ámbito nacional, fue de 8,175.91 toneladas en el 2010, con un valor de producción pesquera de \$ 357, 198,570.91 pesos (CONAPESCA, 2010).

Para el 2010, en el estado de Nayarit se reportó un volumen de producción de pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*), de 598.59 toneladas, alcanzando un precio promedio por kilogramo de \$70.00 pesos (CONAPESCA, 2010). El pargo flamenco no tiene problemas de demanda en el mercado. El hecho de estar catalogada como especie de primera clase, permite que la captura obtenida tenga demanda inmediata.

La mayoría de las especies marinas que se cultivan actualmente son carnívoras y generalmente requieren elevados niveles de proteína de alta calidad en la dieta. La proteína es uno de los componentes claves a la hora de considerar los requerimientos nutricionales de cualquier especie, ya que comprende la mayor parte de la composición corporal, se utiliza como fuente de energía y desempeña un papel regulador en la forma de enzimas y hormonas (Halver y Hardy, 2002). Desde el

punto de vista económico, la proteína de la dieta constituye el principal costo asociado a la formulación de la mayoría de los alimentos. Así mismo, es la principal fuente de residuos nitrogenados en el sistema de cultivo (Catacutan y Coloso, 1995; Shiau y Land, 1996; Pérez *et al.*, 1997; Thoman *et al.*, 1999). Por lo tanto, la optimización de las fuentes de proteínas y sus niveles de inclusión, son aspectos críticos en el desarrollo de dietas prácticas.

La harina de pescado, ha sido usada de manera tradicional en dietas para especies carnívoras, como fuente de proteína de alta calidad, energía, aminoácidos esenciales, ácidos grasos altamente insaturados (n-3), minerales y atrayentes. No obstante, la producción mundial total de harina de pescado en 2007 se estima en 6,0 millones de toneladas, frente a 5,6 millones de toneladas en 2006. En los principales países exportadores la producción de harina de pescado alcanzó los 2,7 millones de toneladas, poco menos que en 2006 (FAO, 2007). Los nutricionistas en acuicultura han realizado considerables esfuerzos encaminados a la búsqueda de fuentes proteicas alternativas fácilmente disponibles y con bajo costo, como sustitutos de la harina de pescado.

Entre los ingredientes que han sido investigados como alternativas para sustituir a la harina de pescado, los productos derivados de la soya son algunos de los más prometedores (Lim *et al.*, 1998; Hardy, 1995; Storebakken *et al.*, 2000; Swick, 2002). La harina de soya con cáscara contiene aproximadamente 48% de proteína cruda, uno de los mayores contenidos de proteína de todos los ingredientes de proteínas basados en plantas (NCR, 1993). Al ser usado como fuente principal de proteína, el perfil de aminoácidos esenciales de la harina de soya, a excepción de la metionina, es adecuado para cumplir con los requerimientos reconocidos en peces marinos (NRC, 1993).

En el año 2005, la producción global de soya se estimó en 218 mtn lo que representa el 56% del total de la producción mundial de oleaginosas. El precio de la harina de soya puede variar, pero normalmente está cerca de los \$ 200.00 dólares por tonelada métrica (USDA, 2006). Lim *et al.* (1998) reportó que, desde el punto de vista nutricional, económico y de disponibilidad en el mercado, los productos

derivados de soya, como la harina de soya total grasa, harina de soya desgrasada con o sin cascara y concentrados proteicos de soya serán probablemente los ingredientes clave en la dieta de la acuacultura del futuro. Este estudio está encaminado a determinar el nivel de inclusión de harina de soya desgrasada con cascara, en la dieta para juveniles de una de las principales especies del pacifico mexicano, utilizada en alimentación humana.

2. HIPÓTESIS

La inclusión de entre 0 y 60% de harina de soya en dietas prácticas para juveniles de pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*), no afectará su tasa de crecimiento y supervivencia.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Evaluar el uso de la harina de soya en dietas prácticas para la engorda de juveniles de pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*), y su efecto en el crecimiento, aprovechamiento del alimento, supervivencia y composición proximal de los peces.

3.2. Objetivos Específicos

- Formular cuatro dietas experimentales para pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*), con inclusiones de 0, 20, 40 y 60% de harina de soya en sustitución de la harina de pescado.
- Evaluar las dietas experimentales en la alimentación de juveniles de pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*) en términos de ganancia en peso, factor de conversión y supervivencia.
- Evaluar en términos económicos la factibilidad del uso de harina de soya en dietas para la engorda de juveniles de pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*).

4. ANTECEDENTES

La historia de la acuicultura tiene muchos años de antigüedad, se ha reportado que sus inicios fueron en Egipto en 2500 AC aproximadamente; sin embargo, los primeros estudios hacia el desarrollo de dietas formuladas para peces marinos fueron llevados a cabo en Japón (Watanabe *et al.*, 1983).

El cultivo de peces marinos en México se encuentra en sus inicios, actualmente son varias las especies sujetas a investigación como candidatas para el cultivo a nivel comercial, tales como: pargo flamenco, botete diana, huachinango del Golfo, cabrilla arenera, esmedregal, entre otras. Todas ellas representan pesquerías de gran importancia comercial, sin embargo, a la fecha no existe información suficiente de la biología reproductiva de las especies, ni se ha evaluado su respuesta biológica en condiciones controladas. Esta información es necesaria para establecer los protocolos de producción masiva de crías para el cultivo a escala comercial. Por lo que carecer de una fuente de abasto permanente de crías limita y condiciona el desarrollo de la Maricultura.

Por lo anterior, no es recomendable depender de crías silvestres recolectadas en lagunas costeras, ya que genera incertidumbre en la producción en cuanto a la calidad y cantidad de los organismos. Por otro lado, debería cuantificarse el efecto negativo probable en la población debido al esfuerzo de la recolección y de la pesca selectiva.

4.1. Taxonomía y características de la familia Lutjanidae

Los peces marinos de la familia Lutjanidae, denominados internacionalmente como pargos o "snappers" en inglés, forman parte de un importante recurso pesquero en la región costera y zona subtropical alrededor del mundo. Esta se distribuye en América desde el Golfo de California, México, hasta Perú (Allen y Robertson, 1994). Actualmente forma parte importante de la pesca artesanal en México por los elevados volúmenes de captura y por el costo-beneficio que arroja su pesca.

La familia Lutjanidae se integra de 17 géneros y 103 especies, incluyendo 65 especies de *Lutjanus*, de las cuales 39 se encuadran en el Indo Pacífico, 9 en el Pacífico Oriental, 12 en el Atlántico Occidental y 5 en el Atlántico Oriental (Doi y Singhagraiwan, 1993). En el Pacífico Mexicano se encuentran 8 especies de *Lutjanus* (Escobar-Fernández y Siri, 1997) mismas que se distribuyen a través de la provincia de Panamá. La mayoría de los pargos son demersales, comunes especialmente en mares tropicales y subtropicales, desde aguas costeras hasta profundidades considerables; algunas viven en estuarios de aguas salobres, pudiendo penetrar en ríos, especialmente durante la fase juvenil (FAO, 1995).

4.2. Ubicación taxonómica

Reino Animal, Phylum Chordata, Clase Osteichthyes, Subclase Actinopterygii, Orden Perciformes, Suborden Percoidae, Familia Lutjanidae, Genero *Lutjanus*, Especie: *guttatus*.

4.3. Morfología de la especie



Figura 1. Pargo flamenco, *Lutjanus guttatus*.

Es un pez de cuerpo oblongo, moderadamente comprimido; cabeza triangular con hocico puntiagudo y boca terminal ligeramente protráctil y labio grueso, provista de fuertes dientes coniformes en ambas mandíbulas y otros más pequeños en el paladar. La aleta dorsal es continua o ligeramente dentada, con doce espinas y de 10 a 17 radios blandos, la aleta anal presenta tres espinas y varios radios blandos, las aletas pélvicas se originan justo detrás de la base de la aleta pectoral. Su coloración

variable facilita la identificación de las distintas especies. Unas de las características de los juveniles de pargo es la presencia de una mancha oscura por debajo del extremo de la porción blanda de la dorsal.

4.4. Requerimientos de proteínas y lípidos reportados en Lutjanidos

Estudios acerca de los hábitos alimenticios de la familia Lutjanidae en el medio silvestre, como los de Díaz Uribe (1994), Santamaría-Miranda (1996 y 1998), Rojas Herrera (1996), Santamaría-Miranda y Elorduy-Garay (1997), Saucedo-Lozano *et al.* (1999), Saucedo-Lozano y Chiappa-Carrara (2000), Rojas *et al.* (2004), concluyen que la dieta del *L. guttatus* está constituida de forma general de 88 componentes, principalmente peces (%Proteico=50.8) y crustáceos (%Proteico=43.3).

Villa-López (2005), desarrolló dos experimentos con sub-adultos (140 g) silvestres de pargo flamenco, para evaluar dietas con diferente nivel de proteína (30, 35, 40, 45, 50, 55 y 60%) y de lípidos (8, 11, 14, y 17%) respectivamente. Los resultados obtenidos mostraron que la dieta con una inclusión de proteína del 40% promovió mejor el crecimiento de los peces; así mismo, para este nivel de proteína se observó un contenido óptimo de lípidos del 11%.

Abdo-de la Parra *et al.* (2010), evaluaron el efecto de diferentes niveles de proteína y lípidos totales en la dieta, sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles de pargo flamenco (2.2 ± 0.01 g) producidos en laboratorio. Se formularon nueve dietas semi-puras con tres niveles de proteína (40, 45 y 50%) y tres niveles de lípidos (9, 12 y 15%). Al final del estudio se determinó que el nivel de proteína afectó significativamente el crecimiento, independientemente del nivel de lípidos. Los resultados indicaron que los juveniles de pargo flamenco requieren de dietas que contengan de 45 a 50% de proteína y 9 a 12% de lípidos para obtener buen crecimiento, supervivencia, factor de condición y tasa de conversión alimenticia.

Miller *et al.* (2005), realizaron cuatro experimentos con huachinango del Golfo (*Lutjanus campechanus*). En el primer experimento se formularon dietas para juveniles (5.9 g) con niveles de 32, 36, 40 y 44% de proteína. Al final del experimento no se encontraron diferencias significativas en cuanto al crecimiento. En el segundo

experimento, juveniles (8.6 g) fueron alimentados con dietas formuladas con variaciones de 8, 10, 12 y 14% de lípidos y 44% de proteína. Se obtuvo como resultado que la inclusión de lípidos en un 14% supera la demanda energética de los juveniles de huachinango del Golfo, debido al aumento significativo en la grasa intraperitoneal con respecto a los resultados obtenidos en las dietas con un contenido de 8 y 10% de lípidos. El mejor crecimiento se obtuvo en las dietas que contenían 10% de lípidos y 36% de proteína. Se condujo un tercer experimento con huachinangos pre-adultos (151.5 g) los cuales fueron alimentados con las mismas variaciones en el nivel de proteína del experimento uno y no obtuvieron diferencias significativas en el crecimiento. Finalmente se desarrolló un cuarto experimento con pre-adultos (178.3 g) alimentados con dietas que contenían 32% de proteína y de 6 a 12% de lípidos. Se encontró que el porcentaje de peso ganado y la tasa de eficiencia alimenticia se incrementan en forma directa con la cantidad de lípidos presentes en la dieta. Los autores concluyeron que un buen crecimiento en el huachinango del Golfo se logra utilizando una dieta que contenga un nivel proteico de entre 32 y 36%, y 10% de lípidos.

Catacutan *et al.* (2001), probaron tres dietas en juveniles (21.1 ± 0.1 g) de pargo rojo (*Lutjanus argentimaculatus*), con niveles de proteína (35, 42.5, y 50%). Cada una de las dietas se elaboró considerando dos niveles de lípidos (6 y 12%). La dieta con 50% de proteína mostro la mejor tasa de crecimiento específico. Los lípidos no afectaron de manera significativa el crecimiento de los peces.

Watanabe *et al.* (2001), evaluaron en juveniles (12.2 g) de pargo criollo (*Lutjanus analis*), cuatro dietas isoproteicas (45%) con variaciones en el contenido de lípidos (6, 9, 12 y 15%) bajo dos temperaturas controladas (25 y 30°C), respectivamente. El máximo crecimiento en los peces fue observado en las dietas con 6 y 9% de lípidos a 30°C.

4.5. Evaluación de la inclusión de soya en dietas para especies carnívoras marinas.

Besugo (*Pagellus bogaraveo*)

Uno de los primeros estudios en el uso de la harina de soya como sustituto de la harina de pescado en dietas para besugo, mostró que la inclusión de 25% de harina de soya como reemplazo del 33% de la harina de pescado, proporciona un crecimiento similar al obtenido con la dieta control a base de harina de pescado. El incremento en la inclusión de la harina de soya a un 40%, como sustituto del 50% de la harina de pescado, dio como resultado una reducción significativa en el crecimiento y eficiencia alimenticia (Ukawa *et al.*, 1994). Un estudio más reciente realizado por Aoki *et al.* (1998), demostró que la harina de soya, en un nivel de inclusión del 30% en la dieta, promueve el crecimiento y rendimiento alimenticio comparables con los obtenidos en la dieta control a base de harina de pescado.

El valor nutricional del concentrado proteico de soya fue evaluado en juveniles y organismos de un año de edad, por Takagi *et al.* (2001), usando dietas con un contenido de 52% de concentrado proteico de soya como sustituto del 90% de la harina de pescado, y 3% de harina de krill, con y sin suplementación de lisina y/o metionina. El mejor crecimiento para ambas tallas, se obtuvo con la dieta control a base de harina de pescado. En los juveniles, el crecimiento que se obtuvo con la dieta de concentrado proteico de soya, suplementada con metionina, fue significativamente superior con respecto a la dieta sin suplementar. En los organismos de un año de edad no se observaron efectos benéficos, por la suplementación de metionina y lisina en la dieta.

Tambor rojo (*Sciaenops ocellatus*)

Reigh y Ellis (1992), realizaron un estudio para evaluar el valor nutricional de la harina de soya como sustituto del 0, 25, 50, 75 y 100% de la harina de sardina. Los resultados obtenidos indican que aproximadamente 50% de la harina de pescado en la dieta (52.2 % de la dieta) puede ser remplazada con 35.5% de la harina de soya sin afectar de manera significativa el crecimiento en juveniles de tambor rojo. Sin

embargo, en relación a las dietas que contienen una menor cantidad de soya, los peces alimentados con esta dieta consumen menos alimento, pero muestran una mejora significativa en: eficiencia alimenticia, retención neta de proteína aparente y retención neta de energía aparente.

Davis *et al.* (1995), desarrollaron una serie de cuatro experimentos con tambor rojo para evaluar el valor nutricional de los productos proteicos de soya como sustitutos de la harina de sardina, con y sin la adición de los aminoácidos esenciales (metionina y lisina) y atractantes. El crecimiento, la supervivencia, y la eficiencia alimenticia disminuyen, conforme aumento el nivel de sustitución de la harina de pescado por harina de soya o concentrado proteico de soya. Los autores argumentan, que es poco probable que el bajo desarrollo de los peces alimentados con dietas altas en harina de soya o concentrado proteico de soya, se deba a la presencia de factores anti-nutricionales, ya que las dietas bajas en harina de pescado, que contienen harina de soya o proteína de soya, proporcionan un crecimiento similar al de la harina de pescado, pero si puede deberse a la deficiencia de aminoácidos que contienen azufre. La ganancia en peso y eficiencia alimenticia obtenidas en dietas bajas en harina de pescado, suplementadas con atractantes fueron semejantes a los valores obtenidos con la dieta control.

Pargo rojo (*Lutjanus campechanus*)

Allen *et al.* (2005), diseñaron un experimento para evaluar el reemplazo de harina de pescado con harina de soya (23.0, 35.8, 48.5, y 61.4%), en dietas prácticas para juveniles, con un contenido de 10% de harina de subproductos de ave. Las dietas fueron formuladas con 40% de proteína y 8% de lípidos. En general el crecimiento de los peces se redujo a medida que el nivel de la harina de pescado en la dieta, disminuyo. Los resultados obtenidos indican que las dietas bajas en harina de pescado no son adecuadas en términos de calidad nutricional, y palatabilidad.

Pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*)

Hernández *et al.* (2010), determinaron los coeficientes de digestibilidad aparente de proteína cruda, lípidos y materia seca en siete ingredientes proteicos. Estos fueron evaluados utilizando un método indirecto en dietas que contenían 0.5% de óxido de cromo como un indicador no absorbible. Las dietas experimentales se prepararon usando 700 g Kg⁻¹ de la dieta de referencia y 300 g Kg⁻¹ cada uno de los ingredientes proteicos. Los resultados muestran que los coeficientes de digestibilidad aparente de proteína cruda, lípidos y materia seca fueron significativamente más altos para: harina de pescado, harina de subproductos de atún, productos derivados de aves de corral e ingredientes de origen vegetal. *Lutjanus campechanus* presenta una capacidad similar para digerir la harina de soya en sus dietas. Los valores más bajos de los coeficientes se obtuvieron en la harina de porcino y la harina de carne y hueso. Ambos ingredientes registraron el mayor contenido de cenizas, lo anterior puede ser efecto de su digestibilidad.

Hernández *et al.* (2010), formularon cuatro dietas con un contenido proteico de 51% y 18% de lípidos. En la primera dieta (control), se usó harina de pescado como la principal fuente proteica. En el resto de las dietas se sustituyó el 15% de la harina de pescado por harina de subproductos de ave de corral, harina de carne y hueso y harina de subproductos de atún. También se puso a prueba un alimento comercial (KONA) comparándolo con las dietas experimentales. Los peces alimentados con subproductos avícolas obtuvieron los valores más altos en: incremento en peso, tasa de crecimiento, tasa de crecimiento específica y tasa de conversión alimenticia. No hubo diferencias significativas entre los peces alimentados con la dieta control y la dieta que contenía harina de subproductos de atún. Los peces alimentados con Kona y la dieta que contenía harina de carne y hueso registraron los valores más bajos en cada uno de los parámetros biológicos estimados, los cuales fueron estadísticamente similares. La supervivencia no mostró diferencias significativas entre tratamientos

Pez cola amarilla (*Chrysiptera parasema*)

En diversos estudios se ha evaluado la calidad nutricional de los productos proteicos de soya, como sustitutos de la harina de pescado en la dieta para pez cola amarilla. Los resultados de estos estudios han demostrado que aproximadamente el 30% de la harina de soya total grasa (Shimeno *et al.*, 1997), de 20 a 30% de la harina de soya comercial, el 14% de concentrado proteico de soya sin suplementación de aminoácidos (Shimeno *et al.*, 1992a, 1992b, 1993), y el 20% de concentrado proteico de soya con suplemento de aminoácidos (Takii *et al.*, 1989) pueden utilizarse como sustitutos de 30 hasta 50% de la harina de pescado en la dieta, sin afectar el crecimiento del pez cola amarilla.

Watanabe *et al.* (1992) y Viyakarn *et al.* (1992), evaluaron la calidad nutricional de la harina de soya como sustituto de la harina de pescado, en el desarrollo de un pellet, que fue reportado por Watanabe *et al.* (2001), muy apetecible y aceptable para el pez cola amarilla, con mayor humedad y mejor valor nutricional que el pescado crudo. La inclusión de harina de soya en niveles de hasta 50% como sustituto de la harina de pescado no tuvo efecto sobre la palatabilidad y la aceptabilidad de la dieta en juveniles y adultos de pez cola amarilla, pero el índice de crecimiento fue significativamente menor comparado con las dietas a base de harina de pescado. Una tendencia similar se observó en un nivel alto de sustitución de harina de pescado por concentrado proteico de soya (Watanabe *et al.*, 1995).

El crecimiento y la eficiencia alimenticia fueron ligeramente más bajos con un nivel de sustitución de 30% de la harina de soya, pero no se apreció ningún efecto en la hematología, la composición corporal, y la calidad de la carne (sabor, textura y pigmentación). Se sugiere, sin embargo, que la harina de soya puede ser incluida en niveles de hasta 30% como un sustituto de 55% de la harina de pescado en pellets para pez cola amarilla.

4.6. Composición química de la soya

4.6.1. Composición proximal y contenido mineral

La composición proximal y el contenido mineral de los productos proteicos de soya se presentan en la Tabla 1. El concentrado de proteína de soya tiene un contenido bruto de proteína aproximadamente igual al de la harina de pescado y considerablemente superior al obtenido en harina de soya extraída por solvente con o sin cáscara, y harina de soya total grasa. La harina de soya extraída por solvente contiene de 0.9 a 1.1 % de lípidos comparada con la harina de soya total grasa. Los productos proteicos de soya tienen un contenido alto en fibra y un contenido de cenizas mucho menor al de la harina de pescado. El contenido de minerales parece variar mucho entre los productos proteicos de soya. Los productos a base de soya tienen un contenido muy alto en potasio, pero bajo en calcio y fósforo en comparación con la harina de pescado. Por otra parte, la mayoría de los productos de soya contienen fósforo en forma de ácido fítico, el cual es indisponible para los peces.

Tabla 1. Composición proximal (%) y contenido mineral (g/kg) de los diferentes productos proteicos de soya y harinas de pescado.

	HSTG	HSD (con cascara)	HSD (sin cascara)	CPS	HP (anchoveta)	HP (sardina)
Composición proximal.						
Materia seca	90	90	89	92.5	92	92
Proteína	38	44	47.5	66.6	65.5	64.5
Grasa	18	1.1	0.9	-	7.6	9.6
Fibra	5	7.3	3.4	3.5	1	0.7
Cenizas	4.5	6.3	5.8	5.5	14.3	19
Minerales						
Calcio	3	4.2	2.5	2.2	37.3	51.9

Tabla 1. Continuación.

	HSTG	HSD (con cascara)	HSD (sin cascara)	CPS	HP (anchoveta)	HP (sardina)
Fosforo	6.5	9.4	5.9	7	24.3	21.88
Potasio	21.1	11.9	17	21	9	70
Magnesio	2.9	6.9	2.1	2.5	2.4	1.5
Cobre	0.023	0.004	0.016	0.016	0.009	0.001
Hierro	0.14	0.031	0.08	0.11	0.22	0.554
Manganeso	0.031	0.019	0.03	0.03	0.01	0.037
Zinc	0.052	0.098	0.54	0.061	0.103	0.144

Simbología: HSTG = harina de soya totalmente grasa; HSD = harina de soya desgrasada; CPS = Concentrado proteico de soya; HP = harina de pescado

4.6.2. Composición en aminoácidos esenciales (AAE)

De las proteínas vegetales, es conocido que la harina de soya, muestra uno de los mejores perfiles de aminoácidos, para satisfacer las necesidades esenciales de la mayoría de las especies de peces. La composición de aminoácidos esenciales en harina de soya total grasa, harina de soya desgrasada con o sin cascara, concentrado proteico de soya y harina de pescado a base de anchoveta y sardina se presenta en la Tabla 2.

Cuando se expresa como porcentaje de proteína, el perfil de aminoácidos esenciales es muy congruente entre los diferentes productos de soya. A pesar que el nivel proteína cruda es superior en los productos proteicos de soya, el perfil de aminoácidos esenciales es muy similar al de la harina de pescado. En comparación con la composición de aminoácidos esenciales de la harina de pescado, los productos a base de harina de soya contienen niveles altos de arginina, pero son bajos en contenidos de aminoácidos sulfurados como la metionina y la cisteína.

Tabla 2. Composición de aminoácidos esenciales (% de proteína cruda) de los diferentes productos de soya y harinas de pescado*.

	HSTG	HSD (con cascara)	HSD (sin cascara)	CPS	HP (anchoveta)	HP (sardina)
Proteína	31.2	44.8	50.0	64.5	65.5	64.5
(%)						
Arginina	8.11	7.57	7.34	9.05	5.88	5.92
Histidina	2.76	2.66	2.44	2.81	2.46	2.25
Isoleucina	5.13	4.53	4.28	5.16	4.84	4.12
Leucina	8.43	7.79	7.26	8.28	7.71	6.95
Lisina	7.18	6.36	6.16	6.56	7.69	7.32
Metionina	1.47	1.27	1.36	1.41	3.04	2.71
Cisteína	1.09	1.56	1.50	1.56	0.92	0.87
Fenilalanina	5.51	4.96	4.88	5.31	4.24	3.74
Tirosina	4.01	1.27	3.52	3.91	3.42	3.01
Treonina	4.52	3.97	3.78	4.38	4.31	3.88
Triptófano	1.67	1.43	1.38	1.41	1.15	1.01
Valina	6.47	4.51	5.10	5.31	5.34	4.99

Simbología: HSTG = harina de soya totalmente grasa; HSD = harina de soya desgrasada; CPS = Concentrado proteico de soya; HP = harina de pescado.

* Datos adaptados de Perkins (1995) y NRC (1993, 1998)

4.7. Disponibilidad de nutrientes en la soya

4.7.1. Digestibilidad de nutrientes

Los coeficientes de digestibilidad aparente de nutrientes en productos de soya, se han determinado para varias especies de peces marinos. La Tabla 3, resume los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de la harina de soya total grasa, la harina de soya desgrasada con o sin cascara, concentrado proteico de soya y la

harina de pescado para diversas especies marinas carnívoras. Los valores de digestibilidad de varios nutrientes parecen ser similares a los de otras especies de peces. La proteína de los productos de soya, se digiere relativamente bien por la mayoría de los peces marinos.

Los coeficientes de digestibilidad de la proteína de los productos de soya son similares al de harina de pescado, aunque existen grandes variaciones entre los valores de los productos de soya. Estas variaciones pueden estar relacionadas con diferencias entre las especies, los procedimientos experimentales, y las condiciones de transformación de los productos de soya, que afectan a la calidad de la proteína y los niveles de factores anti-nutricionales, especialmente los inhibidores de tripsina.

Los lípidos en la harina de soya total grasa son bien digeridos por los peces marinos, pero el valor de digestibilidad es ligeramente inferior al de la de harina de pescado. La energía de digestibilidad de los productos de soya es mucho menor comparado con la harina de pescado, posiblemente debido a un menor contenido de grasa (excepto la harina de soya total grasa) y a la presencia de carbohidratos.

Los productos de soya contienen oligosacáridos (rafinosa y estaquiosa, principalmente) y los polisacáridos sin almidón (pectinas, galactanos, celulosa y lignina), los cuales son mal digeridos por los peces carnívoros marinos. La digestibilidad del fósforo en la harina de pescado varía en función de la calidad de la materia prima, pero en general es más alto que el de los productos de soya. Gran parte del fósforo presente en la soya se encuentra en forma de ácido fitico, el cual no se encuentra disponible para los peces, debido a la falta de la enzima fitasa, necesaria para la hidrólisis fitina (NRC, 1993). Este ácido también forma complejos con proteínas y minerales, lo que reduce su bio-disponibilidad (Davis y Gatlin, 1991).

Tabla 3. Coeficientes de digestibilidad aparente de nutrientes (%) en harina de soya total grasa (HSTG), harina de soya desgrasada (HSD) con o sin cascara, concentrado de proteina de soya (CPS) y harina de pescado (HP) para algunas especies marinas carnivoras.

Coeficientes de digestibilidad aparente (%)							
Especie	Ingrediente	Proteina	Energia	Lipidos	CHOS*	P ^b	Referencia
Lubina	HSD (sin cascara)	85-91	69-82	--	--	36	Alexis, 1997; Silva and Olive-Teles, 1998; Lanari et al., 1998; Tibaldi and Tulli, 1998; Tulli and Tibaldi, 2001
	CPS	97	88-92	--	--	--	Tibaldi and Tulli, 1998; Tulli and Tibaldi, 2001
	HP	95	97	--	--	81	Silva and Olive-Teles, 1998; Nengas et al., 1995
Dorada	HSTG	76	62	85	--	--	Nengas et al., 1995
	HSD (sin cascara)	86-93	45-98	--	49	--	Robaina et al., 1995; Lupatsch et al., 1997
	HP	83-96	80-94	94	--	--	Lupatsch et al., 1997
	HSTG	83	--	--	--	--	Mesumoto et al., 1997
Pez cola amarilla	CPS	73-87	--	--	--	--	Mesumoto et al., 1996; Ruchmat et al., 1997
	HSD (sin cascara)	85-91	68-74	--	45-58	--	Watanabe et al., 1992
	HP	87-94	--	--	--	--	Mesumoto et al., 1996; Ruchmat et al., 1997

Tabla 3. Continuación

Coeficientes de digestibilidad aparente (%)							
Especie	Ingrediente	Proteína	Energía	Lípidos	CHOS ^a	P ^b	Referencia
Besugo	HSD (sin cascara)	92-95	—	—	—	—	Yamamoto et al., 1998
	HP	93	—	—	—	—	
	HSD (sin cascara)	86	93	63	—	47	Gaylord and Gatlin, 1996
Tambor rojo	HSD (con cascara)	80	38	—	—	—	McGoogan and Reigh, 1996
	HP	88-86	60-95	87	—	50.3	Gaylord and Gatlin, 1996 McGoogan and Reigh, 1996

Simbología: HSTG = harina de soya totalmente grasa; HSD = harina de soya desgrasada; CPS = Concentrado proteico de soya; HP = harina de pescado.

^aCHOS= carbohidratos

^bP= fosforo

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Formulación de las dietas experimentales

Se formularon cuatro dietas experimentales, sustituyendo a la harina de pescado (HP) con la harina de soya desgrasada (HSD) con cascara: 100% HP y 0% HSD (D-0%); 80% HP y 20% HSD (D-20%); 60% HP y 40% HSD (D-40%), 40% HP y 60% HSD (D-60%). Como fuente de lípidos se utilizó aceite de pescado. El nivel de inclusión de harina de calamar, harina de krill, gluten de trigo, carotenoides, antioxidantes, lecitina de soya, pre-mezclas de minerales y vitaminas fue constante en las cuatro dietas. Se utilizó alginato de sodio (3%) como aglutinante y dextrina de maíz para ajustar al 100%. Se suplementó con fosfato de calcio dibásico analítico grado reactivo ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y DL-metionina para optimizar el valor nutricional de la tercer y cuarta dieta, debido a su alto contenido de harina de soya (Tabla 4).

Tabla 4. Composición porcentual de las dietas experimentales para pargo.

INGREDIENTE (%)	D-0%	D-20%	D-40%	D-60%
Harina de pescado	52.60	46.10	39.59	33.08
Harina de soya desgrasada con cascara	0.00	10.52	21.04	31.56
Harina de calamar	6.00	6.00	6.00	6.00
Harina de krill	7.59	7.59	7.59	7.59
Aceite de pescado	8.78	9.28	9.78	10.27
Dextrina	17.47	12.95	8.37	3.82
Gluten de trigo	2.00	2.00	2.00	2.00
Pre-mezcla de vitaminas ^a	0.60	0.60	0.60	0.60
Pre-mezcla de minerales ^b	0.23	0.23	0.23	0.23
Carotenoides	0.08	0.08	0.08	0.08
Antioxidante	0.05	0.05	0.05	0.05
Lecitina de soya	1.50	1.50	1.50	1.50

Tabla 4. Continuación.

INGREDIENTE (%)	D-0%	D-20%	D-40%	D-60%
Vitamina C	0.10	0.10	0.10	0.10
Alginato	3.00	3.00	3.00	3.00
Fosfato de calcio dibásico grado ACS ^c	0.00	0.00	0.05	0.10
DL-metionina	0.00	0.00	0.02	0.02
Energía (kcal/100g) ¹	401.20	391.69	421.40	398.88

^aPre-mezcla de vitaminas: Vitamina A, 2400 IU o mg/g; 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; Acido Fólico, 4.00 g; Vitamina B12, 80 mg; Biotina, 500 mg; Vitamina C, .2 g; Colina (como Cloruro).

^bPre-mezcla mineral: Manganeso, 100 g; Zinc, 160 g; Hierro, 200 g; Cobre, 20 g; Yodo, 5 g; Selenio, 0.40 mg; Cobalto 0.60 mg.

^cFosfato de calcio dibásico: FAGALAB grado reactivo analítico (ACS)

^dDL-metionina: SIGMA

¹Energía (kcal/g) fue calculada en función de los valores fisiológicos de proteína, 5 kcal/g; lípidos, 9 kcal/g; y extracto libre de nitrógeno, 4 kcal/g (Shiau and Chou, 1991).

5.2. Elaboración de dietas experimentales

Las dietas experimentales se elaboraron en la Planta de Alimentos del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) Unidad Mazatlán. El proceso inicio con la molienda de las harinas en un molino de martillo Micrón (Figura 2a). Enseguida se pesaron cada uno de los ingredientes en una balanza Scout Pro SP2001 con una precisión de 0.001g, (Figura 2b). El mezclado de los ingredientes se realizo utilizando una mezcladora marca Hobart, modelo AT-200 de 5 kg de capacidad, (Figura 2c).

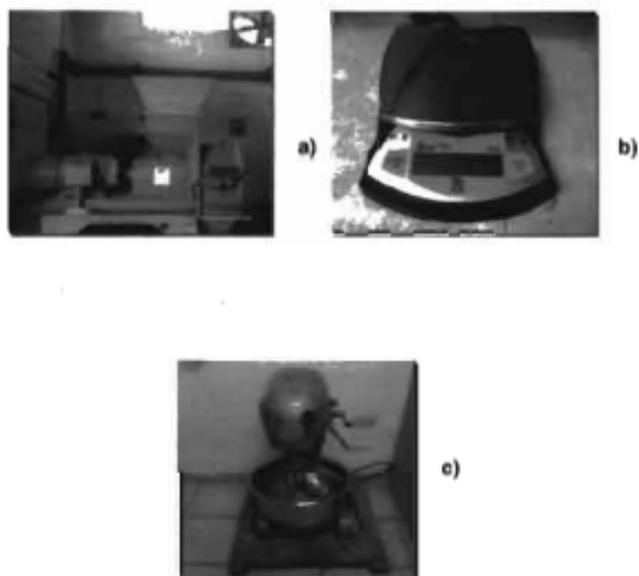


Figura 2. Proceso de molienda y mezclado a) Molino de martillos Micrón; b) Balanza Scout Pro SP 2001; c) Mezcladora marca Hobart.

Primero se integraron las harinas de calamar, soya, pescado y harina de krill. Después la pre-mezcla de minerales y vitaminas, la vitamina C, el alginato, gluten de trigo, dextrina, carotenoides, antioxidante, con fosfato de calcio dibásico analítico grado reactivo ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y DL-metionina. Los periodos de mezclado fueron de 10 minutos.

Seguido el aceite de pescado y la lecitina fueron incorporados a la mezcla. Finalmente poco a poco se vertió agua destilada, hasta lograr una pasta firme y homogénea.

Para llevar a cabo la peletización de la pasta se utilizó un molino de carne Torrey modelo 22 (Figura 3a) equipado con un dado de 3/32" (3mm). Las tiras de pasta se colocaron en charolas tipo cernidores (Figura 3b) para su secado en un equipo de aire forzado (Figura 3c) a una temperatura de 38°C durante 12 horas.

Transcurrido el tiempo de secado, las charolas fueron retiradas del secador, para el enfriado de las tiras a temperatura ambiente. Posteriormente las tiras de pasta fueron reducidas a un tamaño de 0.5 mm aproximadamente, de manera manual utilizando tijeras; para después tamizarse, con el objetivo de eliminar las partículas finas (Figura 3d).

Los pellets se almacenaron en recipientes herméticos previamente etiquetados y se mantuvieron en refrigeración a 4°C para su conservación hasta su uso.

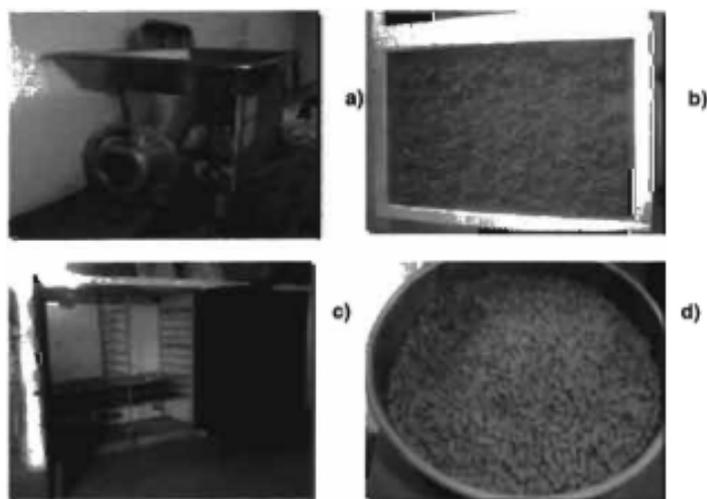


Figura 3. Proceso de peletizado y secado de las dietas a) Molino para carne marca Torrey; b) Charolas tipo cernidores; c) Secador de aire forzado; d) Tamices.

5.3. Análisis proximal

El análisis proximal en harinas, dietas, carcasa inicial y final, se realizó en el laboratorio de Bromatología del CIAD Unidad Mazatlán, siguiendo los métodos de análisis proximal descrito por la AOAC (1984). La proteína se evaluó por el método de combustión de Dumas (Ebling, 1968), utilizando un equipo Leco FP-528; (Figura 4).



Figura 4. Equipo LECO® Dumas FP-520.

Las grasas se analizaron por extracción con éter de petróleo utilizando un equipo Foss-Let Tecator Soxhlet Avanti 2050 (Figura 5).



Figura 5. Equipo Foss-Let Tecator Soxhlet Avanti 2050.

La determinación de la humedad se realizó por el método gravimétrico empleando un horno eléctrico. (Figura 6).



Figura 6. Horno eléctrico.

El contenido de cenizas se obtuvo mediante la calcinación de la muestra a 550 °C en una mufia durante 12 horas. (Figura 7).



Figura 7. Mufia.

5.4. Descripción de la sala de bioensayos

El área donde se llevó a cabo el experimento, cuenta con 12 tanques cilíndricos de fibra de vidrio, color negro con capacidad de 600 L. cada uno con drenaje central de 50 mm, cubierto con malla con una luz de 0.5 cm. para evitar la salida de los peces y a la vez permitir la limpieza de los tanques. Cada tanque conto con aireación y flujo de agua continuo de 6.5 L min.^{-1} , con distribuciones individuales para poder regularlos. El agua de mar fue bombeada desde playa Las Brujas y pasada a través de filtros de arena y de cartuchos de 16 micrómetros (μ) de retención relativa.



Figura 8. Sala de bioensayos.

5.5. Origen de los organismos

Los juveniles de pargo flamenco (*L. guttatus*) para el experimento, fueron producidos en la planta piloto de peces marinos del CIAD Mazatlán por la empresa Alevines de México, S.A de C.V., siguiendo los protocolos ya establecidos para el desove y cultivo larvario (Abdo-de la Parra *et al.*, 2010).

5.6. Diseño experimental

5.6.1. Diseño experimental para evaluar las dietas

En cada tanque se colocaron 15 juveniles de pargo flamenco, con un peso promedio inicial de 17.75 ± 0.03 g. No fue necesario un periodo de aclimatación, debido a que los peces fueron criados en cautiverio y no se presentaron condiciones experimentales distintas a las ya prevalecientes durante la fase larval.

Se considero como día 1 del bioensayo, al tercer día de alimentación con la dieta correspondiente a cada tanque; ya que debe asegurarse que los peces en su totalidad acepten sin problema el alimento. Cada tratamiento se evaluó por triplicado durante doce semanas. La distribución de los tratamientos se realizó al azar, mediante sorteo sin reemplazo y los tanques se marcaron para su identificación.

5.6.2. Alimentación

El suministro de alimento a cada tanque fue de forma manual tres veces al día (8:00, 12:00 y 16:00 horas), hasta saciedad aparente de los organismos. Diariamente se limpió el fondo de los tanques para coleccionar posibles restos de alimento y eliminar desechos orgánicos de los peces. Así mismo, se registró el consumo diario de alimento de cada tanque. En los días en que realizaron biometrías solo se ofreció la tercera alimentación, ya que los peces se estresan por el manejo y su apetito disminuye.

5.6.3. Parámetros ambientales

Se realizó un monitoreo diario de los parámetros ambientales, durante las 12 semanas, con los siguientes resultados (\pm SD): temperatura 21.39 ± 1.5 °C, salinidad $32.77 \pm 0.87\%$ y oxígeno disuelto en el agua 6.40 ± 0.51 mg/L.

5.6.4. Evaluación biológica

La evaluación biológica se llevó a cabo cada 14 días, para conocer el crecimiento en peso, calcular la supervivencia y ajustar la ración de alimento. En

cada biometría los organismos fueron extraídos de los tanques con red y llevados a un contenedor para ser sedados con el anestésico 2-phenoxyetanol (σ) a una dosis de 0.3ml/L. Los peces sedados eran extraídos con red y secados sobre toallas para eliminar el exceso de humedad. A cada uno se le determinó el peso en una balanza analítica con precisión de ± 0.1 g y la longitud total con un ictiómetro convencional. Los índices nutricionales calculados al término del estudio fueron:

- **Peso ganado (incremento):** $PG = \text{peso promedio final} - \text{peso promedio inicial}$.
- **Tasa de Crecimiento:** $TC = (\text{peso ganado} / \text{peso inicial promedio}) \times 100$.
- **Tasa de Crecimiento Específico:** $TCE = [\text{Ln}(\text{peso final}) - \text{Ln}(\text{peso inicial})] / \text{números de días} \times 100$.
- **Supervivencia:** $S = [\text{No. final} / \text{No. inicial}] \times 100$.
- **Tasa de Conversión Alimenticia:** $TCA = \text{alimento consumido} / \text{peso ganado}$.
- **Índice de Eficiencia Proteica:** $IEP = \text{incremento de peso} / \text{consumo de proteína}$.
- **Utilización aparente del nitrógeno:** $UAN = [(\text{Proteína corporal final} - \text{Proteína corporal inicial}) / \text{proteína consumida}] \times 100$.

5.7. Análisis estadísticos

Para cada parámetro se realizaron pruebas de normalidad y homocedasticidad. Los datos presentaron una distribución normal y fueron homocedásticos. Se aplicó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) con el número de dietas como variable independiente. La prueba de Duncan se realizó para determinar los efectos entre las dietas.

5.8. Análisis económico

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

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

6. RESULTADOS

6.1. Análisis proximal de harinas

Tabla 5. Composición proximal de harinas de pescado (HP) y soya desgrasada (HSD) con cascara.

DETERMINACIÓN (% MATERIA SECA)	HP	HSD (con cascara)
Proteínas	72.4±0.2	47.8±0.1
Lípidos	9.62±0.12	1.33±0.01
Cenizas	14.15±0.1	6.73±0.03

Los valores son el promedio de 3 replicas.

Tabla 6. Perfil de aminoácidos de harinas de pescado (HP) y soya desgrasada (HSD) con cascara.

AMINOÁCIDOS (% DE PROTEÍNA)	HP	HSD (con cascara)
Alanina	6.4	1.7
Arginina	6.3	3.14
Histidina	3.5	1.12
Isoleucina	4.4	2.72
Leucina	6.5	3.71
Lisina	6.7	2.2
Metionina	2.4	0.63
Fenilalanina	3.9	2.15
Treonina	4.1	1.71
Tirosina	3.6	1.55
Valina	4.5	2.4

Los valores son el promedio de 3 replicas.

6.2. Análisis proximal de dietas

Tabla 7. Análisis proximal de las dietas experimentales en % base húmeda.

	Húmedad	Lípidos	Cenizas	Proteína	ELN*
D0%	7.09 ± 0.20	13.86 ± 0.15	14.01 ± 0.01	43.06 ± 0.93	15.27 ± 0.12
D20%	9.06 ± 0.04	13.98 ± 0.09	13.04 ± 0.06	43.09 ± 0.91	12.60 ± 0.08
D40%	6.07 ± 0.04	14.74 ± 0.09	12.49 ± 0.56	44.63 ± 0.94	16.38 ± 0.38
D60%	8.76 ± 0.07	13.85 ± 0.13	11.86 ± 0.08	43.92 ± 0.91	13.64 ± 0.08

*Extracto libre de nitrógeno, con fibra incluida (calculado por diferencia).

Los valores son el promedio de 3 replicas ± SD.

6.3. Análisis proximal de carcasa

Para analizar la carcasa de los peces, al inicio del experimento, se toma una muestra de diez peces al azar, del total de organismos utilizados en el bioensayo. Los resultados obtenidos para carcasa inicial en % base húmeda son: humedad (%) 71.74 ± 0.15, lípidos (%) 5.79 ± 0.05, proteínas (%) 16.00 ± 0.13, cenizas (%) 5.27 ± 0.03 y extracto libre de nitrógeno (ELN) (%) 1.17 ± 0.21. Los valores son el promedio de 3 replicas ± SD. En el análisis de la carcasa final, se tomaron dos peces al azar de cada tanque. Es decir, una muestra de seis organismos por tratamiento (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis proximal de carcasa final en % base húmeda.

	Húmedad	Lípidos	Cenizas	Proteína	ELN*
D0%	68.21 ± 2.24 ^{ab}	9.53 ± 1.56 ^a	4.86 ± 0.15 ^{ab}	16.63 ± 0.73 ^b	0.78 ± 0.20 ^a
D20%	68.64 ± 0.20 ^{ab}	9.29 ± 0.24 ^a	4.63 ± 0.20 ^b	16.81 ± 0.12 ^b	0.63 ± 0.40 ^a
D40%	67.26 ± 0.72 ^b	9.26 ± 0.79 ^a	4.97 ± 0.15 ^{ab}	17.66 ± 0.08 ^a	0.85 ± 0.13 ^a
D60%	69.45 ± 0.10 ^a	7.22 ± 1.17 ^b	5.13 ± 0.50 ^a	17.63 ± 0.54 ^a	0.57 ± 0.30 ^a

*Extracto libre de nitrógeno, con fibra incluida (calculado por diferencia).

Los valores (la media \pm SD, n=3) con superíndice distinto denotan las diferencias significativas entre los tratamiento (P<0.05). Prueba Duncan.

6.4. Evaluación biológica

Tabla 9. Resultados de crecimiento, eficiencia de alimento y supervivencia del pargo *L. guttatus*, alimentado con dietas incluidas con harina de soya durante doce semanas de cultivo.

Dietas	PI (g)	PF (g)	PG (g)	CAI (g)	TC (%)	TCA	TCE (%/día)	S (%)	IEP	UAN (%)
D-0%	17.7 $\pm 0.04^a$	50.42 $\pm 1.30^{ab}$	32.67 $\pm 1.34^{ab}$	41.69 $\pm 2.46^{ab}$	184.00 $\pm 7.90^{ab}$	1.28 $\pm 0.05^{bc}$	1.23 $\pm 0.03^{bc}$	97.78 $\pm 3.85^a$	1.82 $\pm 0.07^{bc}$	61.12 $\pm 6.85^a$
D-20%	17.77 $\pm 0.02^a$	52.45 $\pm 3.13^a$	34.68 $\pm 3.11^a$	42.31 $\pm 2.72^a$	195.18 $\pm 17.37^a$	1.22 $\pm 0.04^c$	1.27 $\pm 0.07^a$	95.56 $\pm 7.70^a$	1.90 $\pm 0.06^a$	64.53 $\pm 2.50^a$
D-40%	17.74 $\pm 0.05^a$	48.12 $\pm 0.25^b$	30.38 $\pm 0.20^b$	37.71 $\pm 1.77^b$	171.23 $\pm 0.61^b$	1.24 $\pm 0.05^{bc}$	1.17 $\pm 0.00^b$	97.78 $\pm 3.85^a$	1.81 $\pm 0.08^{bc}$	64.11 $\pm 3.15^a$
D-60%	17.76 $\pm 0.02^a$	43.22 $\pm 1.36^c$	25.45 $\pm 1.34^c$	33.46 $\pm 1.65^c$	143.27 $\pm 7.45^c$	1.31 $\pm 0.01^a$	1.05 $\pm 0.04^c$	93.33 $\pm 11.55^a$	1.73 $\pm 0.02^b$	62.92 $\pm 3.50^a$

Los valores (la media \pm SD, n=3) con superíndice distinto denotan las diferencias significativas entre los tratamiento (P<0.05). Prueba Duncan.

Simbología: PI= Peso inicial promedio; PF = Peso final promedio; PG = Peso ganado (incremento en peso); CAI = Consumo de Alimento Individual; TC = Tasa de Crecimiento; TCA = Tasa de Conversión Alimenticia; TCE = Tasa de Crecimiento Especifico; S = Supervivencia; IEP = Índice de eficiencia proteica; UAN = Utilización aparente del nitrógeno.

6.4.1. Incremento en peso

De acuerdo a los resultados, el mayor incremento en peso se obtuvo en los peces alimentados con la dieta D-20% (34.68 ± 3.11 g), la cual no mostro diferencias significativas con respecto a la dieta control D-0% (32.67 ± 1.34 g). No se mostro diferencia significativa entre los resultados obtenidos con las dietas D-0% (32.67 ± 1.34 g) y D-40% (30.38 ± 0.20 g). El menor incremento en peso se obtuvo en los peces alimentados con la dieta la D-60% (25.45 ± 1.34 g), la cual fue significativamente diferente al resto de los tratamientos (Figura 9).

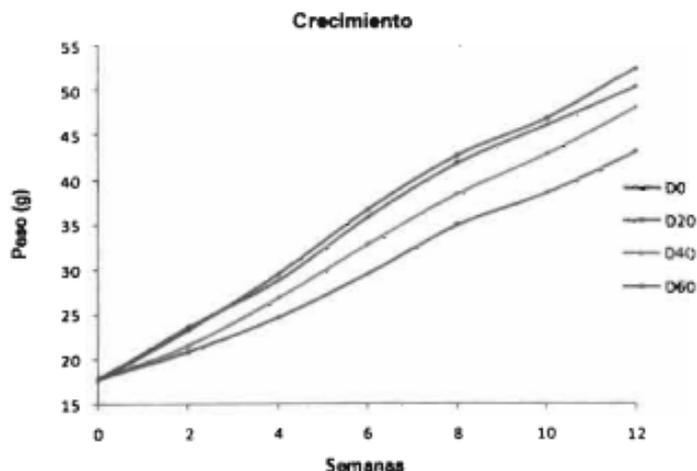


Figura 9. Incremento en peso correspondiente a un periodo doce semanas de estudio. Los valores (la media \pm SD, $n=3$) con superíndice distinto denotan las diferencias significativas entre los tratamiento ($P<0.05$).

6.4.2. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento más alta, se obtuvo en los organismos alimentados con la dieta experimental D-20% (195.18 ± 17.37 %), sin embargo, esta dieta no presentó diferencias significativas con la dieta control D-0% (184.00 ± 7.90 %). Así mismo, no se registró diferencias significativas entre los resultados obtenidos con las dietas D-0% (184.00 ± 7.90 %) y D-40% (171.23 ± 0.61 %). La tasa de crecimiento significativamente más baja con respecto a todas la dietas fue la dieta D-60% (143.27 ± 7.45 %), (Figura 10).

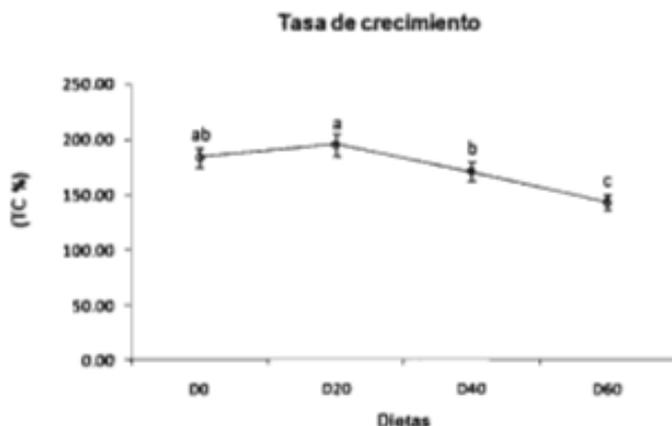


Figura 10. Tasa de crecimiento del pargo flamenco alimentado con dietas experimentales por un período de doce semanas. Los valores (la media \pm SD, n=3) con superíndice distinto denotan las diferencias significativas entre los tratamiento ($P < 0.05$).

6.4.3. Tasa de crecimiento específico

La Figura 11 muestra que la mayor tasa de crecimiento específico se logró en los organismos alimentados con la dieta D-20% (1.27 ± 0.07 %/día); la cual no presentó diferencias significativas con la dieta control D-0% (1.23 ± 0.03 %/día). No se mostró diferencia significativa entre los resultados obtenidos con las dietas D-0% (1.23 ± 0.03 %/día) y D-40% (1.17 ± 0.00 %/día). La tasa de crecimiento específico más baja (1.05 ± 0.04 %/día) se obtuvo con la dieta D-60%, misma que, presentó diferencias significativas con respecto al resto de los tratamientos.

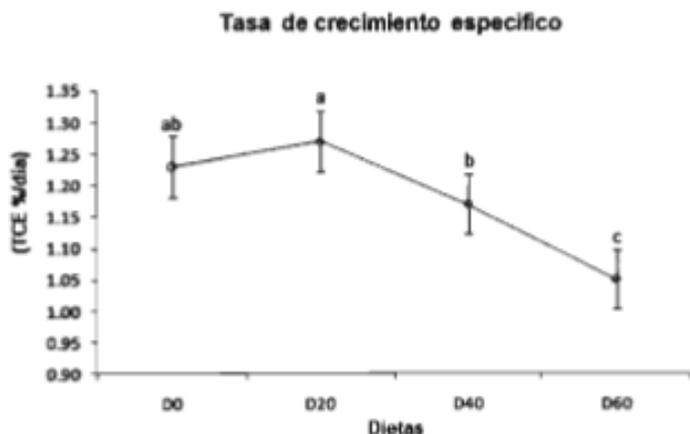


Figura 11. Tasa de crecimiento específico del pargo flamenco alimentado con dietas experimentales por un período de doce semanas. Los valores (la media \pm SD, $n=3$) con superíndice distinto denotan las diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$).

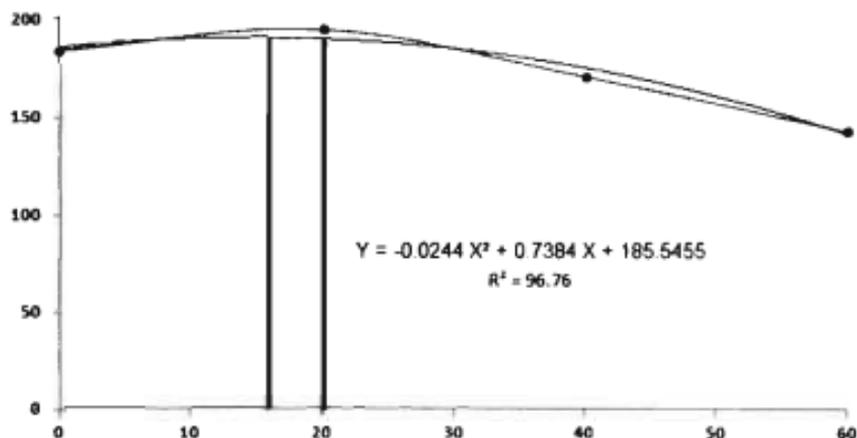


Figura 12. Análisis de regresión polinomial de segundo orden o cuadrática que relaciona el crecimiento en incremento en peso, con respecto al nivel de sustitución de harina de pescado por harina de soya.

El valor del coeficiente de determinación (R^2) indica que el 96.76 % de la incertidumbre original se ha explicado mediante el modelo. El nivel de reemplazo que proporciona el mayor porcentaje en peso ganado se encuentra en el intervalo de valores que va de 16 a 20%.

6.4.4. Consumo de alimento individual

Los peces alimentados con la dieta D-20% presentaron el mayor consumo de alimento individual (42.31 ± 2.72 g); sin embargo, esta dieta no presentó diferencias significativas con la dieta control D-0% (41.69 ± 2.48 g).

Así mismo, no se encontraron diferencias significativas entre los resultados obtenidos con las dietas D-0% (41.69 ± 2.48 g) y D-40% (37.71 ± 1.77 g). El consumo de alimento individual más bajo y significativamente diferente al resto de las dietas se observó en los organismos que consumieron la dieta con más alta inclusión de harina de soya D-60% (33.46 ± 1.65 g), (Figura 13).

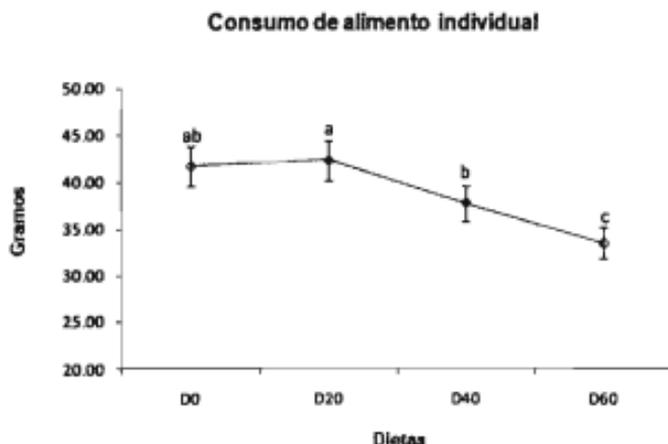


Figura 13. Consumo de alimento individual del pargo flamenco durante doce semanas. Los valores (la media \pm SD, $n=3$) con superíndice distinto denotan las diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$).

6.4.5. Tasa de conversión alimenticia

La mejor tasa de conversión alimenticia se obtuvo con la dieta D-20% (1.22 ± 0.04) la cual no presentó diferencias significativas con las dietas D-0% (1.28 ± 0.05) y D-40% (1.24 ± 0.05). El valor más bajo para la tasa de conversión alimenticia se observó en los organismos tratados con la dieta D-60% (1.31 ± 0.01), la cual fue significativamente diferente al resto de los tratamientos (Figura 14).

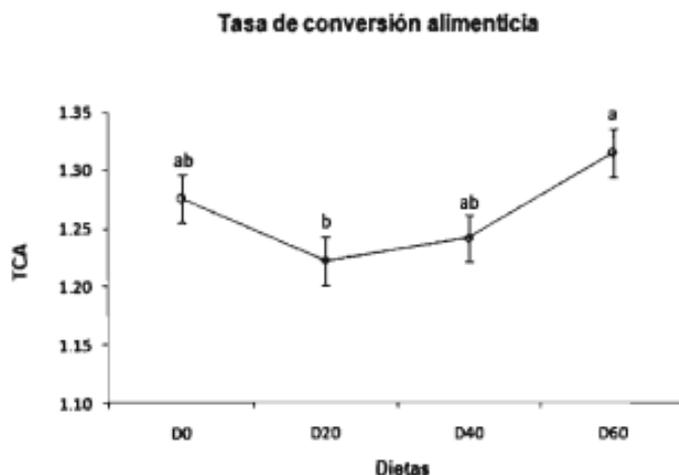


Figura 14. Tasa de conversión alimenticia del pargo flamenco alimentado con dietas experimentales por un periodo de doce semanas. Los valores (la media \pm SD, $n=3$) con superíndice distinto denotan las diferencias significativas entre los tratamientos ($P<0.05$).

6.4.6. Supervivencia

Los resultados obtenidos en supervivencia no mostraron diferencias significativas entre tratamientos (Figura 15).

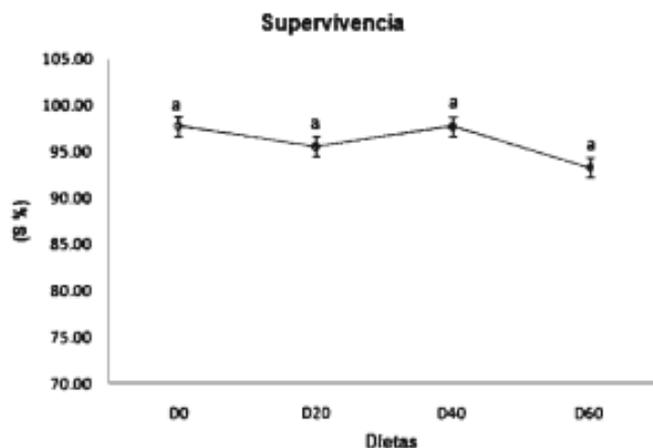


Figura 15. Porcentaje de supervivencia del pargo flamenco alimentado con dietas experimentales por un período de doce semanas. Los valores (la media \pm SD, n=3) con superíndice distinto denotan las diferencias significativas entre los tratamiento (P<0.05).

6.4.7. Índice de eficiencia proteica

El mejor Índice de eficiencia proteica se obtuvo con el tratamiento D-20% (1.90 ± 0.06), el cual no fue significativamente diferente de los tratamientos D-0% (1.82 ± 0.07) y D-40% (1.81 ± 0.08). El valor más bajo para el índice de eficiencia proteica se observó en los organismos tratados con la dieta D-60% (1.73 ± 0.02 g); la cual fue significativamente diferente a la dieta D-20% (Figura 16).

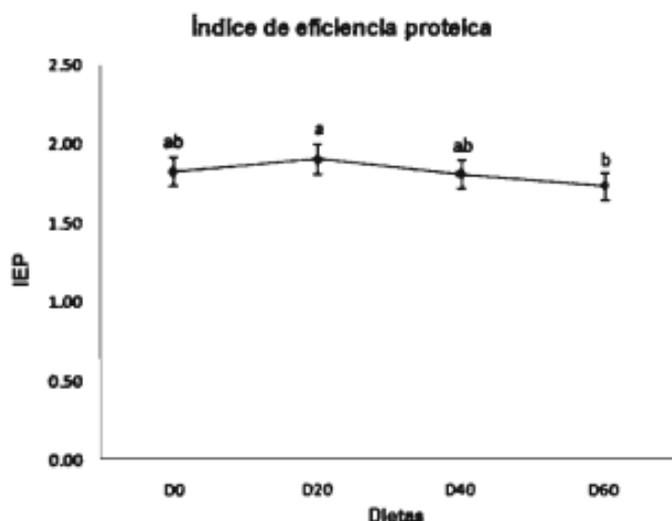


Figura 16. Índice de eficiencia proteica del pargo flamenco alimentado con dietas experimentales por un periodo de doce semanas. Los valores (la media \pm SD, $n=3$) con superíndice distinto denotan las diferencias significativas entre los tratamiento ($P<0.05$).

6.4.8. Utilización Aparente de Nitrógeno

Los resultados obtenidos en utilización aparente de nitrógeno no mostraron diferencias significativas entre tratamientos (Figura 17).

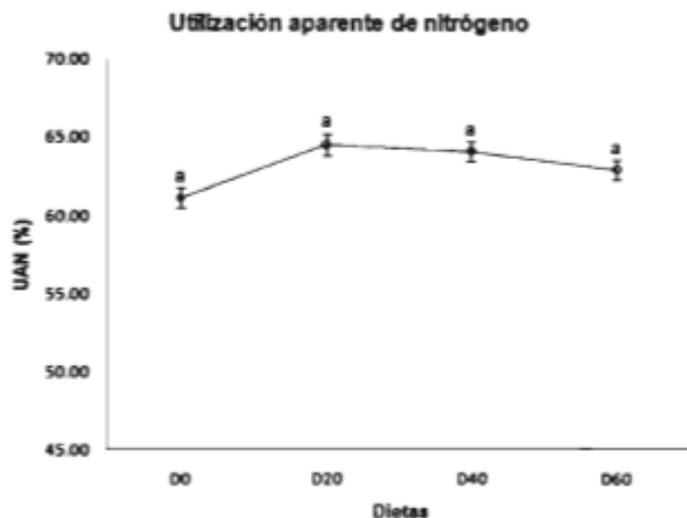


Figura 17. Porcentaje de utilización aparente de nitrógeno del pargo flamenco alimentado con dietas experimentales por un período de doce semanas. Los valores (la media \pm SD, $n=3$) con superíndice distinto denotan las diferencias significativas entre los tratamiento ($P<0.05$).

6.5. Análisis económico

El costo de las harinas de pescado y soya, por Kg de las dietas experimentales se observa en la Tabla 10. La dieta D-60% obtuvo el menor costo por kilogramo (\$7.92). Además, en los tratamientos en que se incluye la harina de soya los costos totales son menores, lo que confirma su factibilidad económica, según lo planteado en el tercer objetivo específico.

Tabla 10. Costo específico de las harinas de pescado y soya por Kg de dietas experimentales en M/N.

INGREDIENTE	D0%	D20%	D40%	D60%
Harina de pescado	8.68	7.61	6.53	5.46
Harina de soya	0.00	0.82	1.64	2.46
Total (\$)	8.68	8.43	8.17	7.92

Para determinar el costo de las harinas de pescado y soya, que representa producir un Kg de pez, se consideró el costo de las harinas en cada dieta, y el factor de conversión alimenticia, obtenido para cada una de ellas (Tabla 11). El mejor costo de las harinas de pescado y soya para producir un Kg de biomasa se obtuvo con la dieta D-40% (\$8.17), quedando ligeramente por debajo de la dieta D-20% (\$8.43), la cual reporto la mejor tasa de conversión alimenticia (TCA).

Tabla 11. Costo específico de las harinas de pescado y soya por Kg de biomasa producida en M/N.

Dietas	Precio harinas (\$)/Kg	TCA	CUA (\$)/Kg
D-0%	8.68	1.28	11.11
D-20%	8.43	1.22	10.28
D-40%	8.17	1.24	10.13
D-60%	7.92	1.31	10.37

7. DISCUSIÓN

La inclusión de harina de soya en hasta un 20% como sustituto de la harina de pescado no tuvo efecto sobre la palatabilidad y la aceptabilidad de la dieta en juveniles de pargo flamenco, y el índice de crecimiento fue similar al obtenido con la dieta control a base de harina de pescado.

La reducción de la ingesta de dietas que contienen niveles crecientes de harina de soya, parece estar asociada principalmente con la gran sensibilidad del pez a las propiedades organolépticas de sus dietas. En el caso de juveniles de salmón chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*), por ejemplo, se tuvieron ingestas extremadamente bajas para dietas con un 15% de harina de soya, la cual fue relacionada con una mala palatabilidad (Hajen *et al.*, 1993). Esta mala palatabilidad se ha reportado también en trabajos previos de otros autores en juveniles de salmón chinook y salmón coho (Fowler y Banks, 1967; Fowler, 1980).

El tratamiento que produjo el mejor resultado en peso ganado (PG), consumo de alimento individual (CAI), tasa de crecimiento absoluto (TC) y tasa de crecimiento específico (TCE) fue la dieta con un nivel de sustitución de harina de soya de 20% (D-20%), la cual no fue estadísticamente diferente a la dieta control (D-0%). Resultado que concuerda con lo reportado para la dorada (*Sparus aurata*) alimentada con una dieta que contenía 55.88% de proteína (Robaina *et al.* 1995), para pez tambor (*Nibea milchthioides*) criado con una dieta que incluía 39% de proteína (Wang *et al.* 2006) y para cobia (*Rachycentron canadum*) alimentada con una dieta que contenía 48% de proteína (Chou *et al.* 2004).

Sin embargo, estudios realizados en tambor rojo (*Sciaenops ocellatus*) sugieren que la harina de pescado puede sustituirse hasta en 95%, utilizando harina de soya como reemplazo y recomiendan ajustar el contenido de metionina y fósforo en las dietas experimentales para asegurar el equilibrio de los requerimientos mínimos alimentarios (Davis y Arnold, 2004). Resultados obtenidos por McGoogan, y Gatlin (2007) en la misma especie señalan que al menos 10% de proteína de harina de pescado resulta necesario en dietas prácticas, donde la mayor parte de la proteína proviene de la harina de soya, con el fin de evitar alteraciones en el crecimiento.

Además, se aconseja suplementar la dieta con glicina y solubles de pescado en 2 y 5% (base seca), respectivamente.

La mejor tasa de conversión alimenticia (TCA) se logró en los peces alimentados con la dieta D-20%. Sin embargo, este tratamiento no fue estadísticamente diferente a las dietas con 0, y 40% de inclusión de harina de soya (D-0 y D-40%). Investigaciones realizadas en lubina blanca (Dave *et al.*, 2010) para el desarrollo de una dieta práctica a base de soya, considerando un alimento comercial como referencia, obtuvieron una tasa de conversión alimenticia de 1.2, la cual no fue significativamente distinta a la obtenida con el alimento comercial, en formulaciones que incluían 40% de harina de pescado y 25% de harina de soya ó 40% de harina de pescado y 19% de concentrado proteico de soya. Este resultado y el conseguido por Chou *et al.* (2004) en cobia (*Rachycentron canadum*) utilizando una dieta que contenía 80% de harina de pescado y 20% de harina de soya (1.19), coinciden con la mayor TCA obtenida en este estudio.

El mejor índice de eficiencia proteica (IEP) se obtuvo con el tratamiento D-20%, el cual no fue significativamente diferente de los tratamientos D-0% y D-40%. El resultado obtenido para este indicador biológico concuerda con el descrito para cobia (Chou *et al.*, 2004) criada con una dieta que contenía un 20% de sustitución de harina de pescado por harina de soya (1.93).

No hubo diferencias significativas para los valores de supervivencia (S) y utilización aparente de nitrógeno (UAN) debido al efecto de los tratamientos. Este último merece especial mención por los valores logrados, los cuales estarían relacionados con un alto contenido de proteína en los peces. La explicación para estos valores puede hacerse en función del buen balance en aminoácidos esenciales.

El mayor contenido de proteína corporal se obtuvo con la dieta que contenía un nivel de inclusión de harina de soya de 60% y 40% (D-60%, D-40%). Mientras que en las dietas control (D-0%) y D-20% se registró el menor resultado. Estos resultados se contraponen a los obtenidos en juveniles de cobia (*Rachycentron canadum*) alimentados con dietas que incluían harina de soya como sustituto de la harina de

pescado (10, 20, 30, 40, 50 y 60%), en los cuales, la concentración de proteína muscular mostro un tendencia decreciente con el aumento en el nivel de inclusión de harina de soya sin una tendencia definida (Chou *et al.*, 2004). Los autores, explican que se debió al descenso de la metionina (2.52 a 1.36 g 16g⁻¹ 1N) en las dietas experimentales, conforme el nivel de reemplazo de la proteína de soya aumento de 0 a 60%, convirtiéndose en el primer aminoácido limitante que afecto el crecimiento de la cobia.

Los peces que recibieron los tratamientos que contenían un nivel de inclusión de soya de 0, 20 y 40% (D-0, D-20 y D-40%), presentaron una tendencia a acumular grasa dentro del cuerpo, con resultados significativamente más altos en comparación a la dieta que contenía un nivel de inclusión de harina de soya de 60% (D-60%). La mayor retención de grasa se observó en la dieta control (D-0%), la cual presentó el nivel más bajo de proteína corporal. El contenido de grasa corporal en juveniles de pez cristal (*Barbodes altus*) (Elangovan y Shim, 2000) alimentados con dietas formuladas con 42% de proteína, fue significativamente mayor en los peces criados con la dieta control (100% proteína de harina de pescado), que en aquellos sostenidos con dietas que contenían un nivel de inclusión de soya de 27, 37 y 52%.

Wang *et al.* (2006) evaluaron el efecto de la sustitución de harina de pescado con harina soya en juveniles de tambor (*Nibea michthioides*). Los resultados del estudio indican que los peces alimentados con dietas que incluían un nivel de reemplazo de harina de soya por harina de pescado de 60 a 100%, presentan el menor contenido en lípidos.

En la determinación de humedad, se observo que el valor más alto se obtuvo en los organismos alimentados con la dieta que contenía un nivel de inclusión de soya del 60% (D-60%), la cual no fue estadísticamente diferente de las dietas con un nivel de inclusión de soya de 0 y 20% (D-0 y D-20%). El tratamiento con un nivel de inclusión del 40% (D-40%) registro el valor más bajo para el contenido de humedad. El cual fue estadísticamente diferente al tratamiento D-60%.

Elangovan y Shim (2000), determinaron el mayor contenido de humedad en juveniles de pez cristal (*Barbodes altus*) criados con una dieta que contenía 57% de

inclusión de harina de soya por harina de pescado. Juveniles de tambor (*Nibea michthioides*) alimentados con dietas con un nivel de reemplazo de harina de soya por harina de pescado de 60 a 100% (Wang *et al.*, 2006) registraron el valor más alto de humedad.

La menor composición en cenizas, se presentó en la dieta que contenía un nivel de inclusión de harina de soya de 20% (D-20%), la cual no mostró diferencias significativas respecto a los tratamientos con un nivel de inclusión de soya de 0 y 40% (D-0 y D-40%). El valor más alto para el contenido de cenizas (5.13%) se obtuvo con la dieta que contenía un nivel de inclusión de harina de soya de 60% (D-60%), misma que fue estadísticamente diferente a la dieta que contenía un nivel de inclusión de harina de soya de 20% (D-20%).

El contenido de cenizas corporal fue significativamente menor para pez cristal (*Barbodes altus*) (3.17 %) criado con una dieta que incluía 57% de sustitución de harina de pescado por harina de soya (Elangovan y Shim, 2000) y para pargo rojo de manglar (*Lutjanus argentimaculatus*) (3.9%) alimentado con una dieta que contenía 50% de inclusión de harina de soya desgrasada por harina de pescado (Catalcutan y Pagador, 2004)

No se observaron diferencias estadísticas significativas en los valores de extracto libre de nitrógeno debido al efecto de los tratamientos.

En general, la composición corporal de los peces de todos los tratamientos se consideró adecuada y dentro de los intervalos normales.

Desde el punto de vista económico, el mejor costo para producir un Kg de biomasa, considerando la mejor tasa de conversión alimenticia (TCA), se obtuvo con la dieta D-40% (\$10.13).

8. CONCLUSIONES

Los peces alimentados con la dieta control y la de 20% de inclusión de harina de soya obtuvieron mayor crecimiento en peso corporal (PG), consumo de alimento individual (CAI), tasa de crecimiento (TC) y tasa de crecimiento específico (TCE).

La mejor tasa de conversión alimenticia (TCA) e índice de eficiencia proteica (IEP) se lograron en los organismos alimentados con las dietas de 0, 20 y 40% de inclusión de harina de soya.

La supervivencia (S) y la utilización aparente de nitrógeno (UAN) no fueron afectadas por los tratamientos.

La inclusión de 20% de harina de soya en dietas prácticas para juveniles de pargo flamenco *Lutjanus guttatus*, proporciona un crecimiento similar al obtenido con la dieta control a base de harina de pescado y superior a las dietas con 40 y 60% de harina de soya.

La harina de soya puede ser considerada como una opción viable para sustituir a la harina de pescado como promotor del crecimiento.

9. LITERATURA CITADA.

- Abdo-de la Parra, I., Rodríguez-Ibarra, L. E., Hernández, C., Hernández, K., González-Rodríguez, B., Martínez-Rodríguez, I. y 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 flamenco (*Lutjanus guttatus*). *Biología marina y oceanografía* Vol. 45(3):433-439.
- Alexis, M.N. (1997). Fish meal and oil replacers in Mediterranean marine fish diets. In *Feeding Tomorrow's Fish*. A. Tacon and B. Basurco (eds.). *Cahiers Options Méditerranéennes* 22: 183-204.
- Allen, G.R. y Robertson, D.R. 1994. *Fishes of the Tropical Eastern Pacific*. University of Hawaii Press, Honolulu 332 pp.
- Allen, D. D. y Arnold, C. R. 2004. Red drum (*Sciaenops ocellatus*), production diets: Replacement of fish meal with soybean meal. *Journal of Applied Aquaculture* 15: 173-181.
- Allen, D. D., Miller, C.L., y Phelps, R. P. 2005. Replacement of fish meal with soybean meal in the production diets of juvenile red snapper (*Lutjanus campechanus*). *Journal of the World Aquaculture Society*. Volume 36(1).
- A. O. A. C. 1984. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemist. EUA.
- Aoki, H., Furuichi, M., Viyakarn, V., Yamagata, Y. y Watanabe, T. 1998. Feed protein ingredients for red sea bream. *Suisanzoshoku* 46: 121-127.
- Catacutan, M. R. y Coloso, R. M. 1995. Effect of dietary protein to energy ratios on growth, survival, and body composition of juvenile Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Aquaculture* 131: 125-133
- Catacutan, M. R., Pagador, G. E. y Teshima, S. 2001. Effects of dietary protein and lipid levels and protein to energy ratios on growth, survival and body composition of the mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus* (Forsskal, 1755). *Aquaculture research* 32: 811-818.

- Catacutan, M. R. y Pagador, G. E. 2004. Partial replacement of fishmeal by defatted soybean meal in formulated diets for the mangrove red snapper (*Lutjanus argentimaculatus*). *Aquaculture Research*. 35: 299-306
- Chou, R. L., Her, B. Y., Su, M. S., Hwang, G., Wu, Y. H., y Chen, H. Y. 2004. Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture* 229: 325-333.
- Clifford, H.C. 1992. Marine shrimp pond management: a review. In: Wyban, J. (Ed.), Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA, pp. 111-137.
- Davis, D. A. y Gatlin, D. M. 1991. Dietary mineral requirements of fish and shrimp. In Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. D. M. Akiyama y R. Tan (eds.). Singapore: American Soybean Association, pp. 49-67.
- Davis, D. A., Jirsa, D., y Arnold, C. R. 1995. Evaluation of soybean protein as replacements for menhaden fish meal in practical diets for the red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Journal of the World Aquaculture Society* 26: 48-58.
- Díaz-Urbe, J.G. 1994. Análisis trofodinámico del huachinango (*Lutjanus peru*), en las bahías de la Paz y la Ventana., B.C.S., México. Tesis de maestría en ciencias, CICESE, Ensenada, B.C., México. 57 p.
- Doi, M., y Singhagraiwan, T. 1993. Biology and culture of red snapper, *Lutjanus argentimaculatus*. Res. Proj. Fishery Resource Dev. Kingdom of Thailand 51 pp.
- Ebling, M. E. 1968. The Dumas method for nitrogen in feeds. *Journal Association of Official Analytical Chemists* 51: 766-770.
- Elangovan, A. y Shim, K. F. 2000. The influence of replacing fish meal partially in the diet with soybean meal on growth and body composition of juvenile tin foil barb (*Barbodes altus*). *Aquaculture* 189: 133-144.
- Escobar-Fernández, R., y Siri, M. 1997. Vernacular and scientific names of fishes of the Mexican Pacific por la Universidad Autónoma de Baja California, Sociedad Ictiológica Mexicana in México.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2006. State of World

- Aquaculture. FAO Agricultural Series. Rome, Italy
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1995. G.R. en guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico-Centro-Oriental. Vol. III Vertebrados parte 1, p.1231.
- Fowler, L.G. y J. L. Banks, 1976. Animal and vegetable substitutes for fish meal in the Abernathy diet, 1973. *Progr.Fish-Cult.*, 38: 123-6.
- Fowler, L. G.1980. Substitution of soybean and cootonsead products for fish meal in diets fed to chinook and coho salmon. *Prog. Fish. Cult.*, 42: 87-91.
- Gaylord, T. G. y Gatlin, D.M. 1996. Determination of digestibility coefficients of various feedstuffs for red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture* 139: 303-314.
- Hajen, W.E., Beames, R.M., Higgs, D.A. y Dosanjh, B.S. 1993. Digestibility of various feedstuffs by post-juveniles Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in water. Measurement of digestibility. *Aquac.* 112: 333-348.
- Halver, J. E. y Hardy, R. W. 2002. Fish nutrition, 3rd edition. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Hardy, R.W. 1995. Current issues in salmonid nutrition. Nutrition and Utilization Technology in Aquaculture, (ed. by Lim, C. and Sessa, D.J.), AOAC Press, Champaign, USA, 26-35.
- Hernández, C., Varillas, P., Olvera-Novoa, M. A., Márquez, D., Hardy, R. y González-Rodríguez, B. 2010. Apparent digestibility of various protein ingredient in diets for spotted rose snapper (*Lutjanus guttatus*). X Simposio Internacional de Nutrición Acuicola. Noviembre 8-10. San Nicolás de los Garza, Nuevo León México.
- Hernández, C., González-Santos, A., Ronald, H., Valverde-Romero, M., Olvera-Novoa, M. A., González-Rodríguez, B. y Abdo de la Parra, I. 2010. Evaluation of balanced diet supplemented with conventional protein in grow-out for spotted rose snapper (*Lutjanus guttatus*). X Simposio Internacional de Nutrición Acuicola. Noviembre 8-10. San Nicolás de los Garza, Nuevo León México.

- Ibarra-Castro, L. y Duncan, N.J. 2007. GnRHa-induced spawning of wild-caught spotted rose snapper (*Lutjanus guttatus*). *Aquaculture* 272: 737-746.
- Jirsa, D., Allen, D. D., y Drawbridge, M. 2010. Development of a practical soy-based diet for white seabass. *North American Journal of Aquaculture* 72: 332-337.
- Lanari, D., Yones, M., Ballestrazzi, R., y D'Agaro, E. 1998. Alternative dietary protein sources (soybean, rapeseed and potato) in diets for sea bass. In *Recent advances in finfish and crustacean Nutrition. Proceedings of the VIII International Symposium on Nutrition and Feeding in Fish*. Las Palmas De Gran Canaria, Spain, pp.148.
- Lim, C., Klesius, P.H., Dominy, W. 1998. Soybean products. *International Aqua Feeds* 3: 17-23.
- Lim, C., Webster, C. D. y Cheng-Sheng, Lee. Alternative protein sources in aquaculture diets. Capítulo 11 pag. 281-312.
- Lupatsch, I., Kissil, G.W., Sklan, D., y Pfeffer, E. 1997. Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their predictability in compound diets for gilthead seabream (*Sparus aurata* L). *Aquaculture Nutrition* 3: 81-89.
- Masumoto, T., Tamura, B., y Shimeno, S. 2001. Effects of phytase on bioavailability of phosphorus in soybean meal-based diets for Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Fisheries Science* 67: 1075-1080.
- McGoogan, B. B., y Gatlin, D. M. 2007. Effects of replacing fish meal with soybean meal in diets for red drum (*Sciaenops ocellatus*) and potential for palatability enhancement. *Journal of the World Aquaculture Society* 28: 374-385.
- Miller, C. L., Davis, D.A. y Phelps, R. P. 2005. Effects of dietary protein and lipid on growth and body composition of juvenile red snapper (*Lutjanus campechanus*). *Aquaculture Research* 36: 52-60.
- NRC (National Research Council) 1993. *Nutrient Requirements of Fish*. Washington, DC: National Academy Press.
- NRC (National Research Council) 1998. *Nutrient Requirements of Swine*. Washington, DC: National Academy Press.

- Nengas, I., Alexis, M.N., Davies, S.J. 1996. Partial substitution of fishmeal with soybean meal products and derivatives in diets for the gilthead sea bream (*Sparus aurata* L). *Aquaculture Research* 27: 147-156.
- Perez, L., Gonzalez, H., y Jover, M. 1997. Growth of European sea bass fingerlings (*Dicentrarchus labrax*) fed extruded diets containing varying levels of protein, lipid and carbohydrate. *Aquaculture* 156: 183-193.
- Perkins, E. G. (1995). Composition of soybeans and soybean products. In *practical Handbook of soybean Processing and Utilization*, D. R. Erickson (ed.), Champaign, IL: AOAC Press, pp. 9-28.
- Reigh, R. C y Ellis, S. C. 1992. Effects of dietary soybean and fish-protein ratios on growth and body composition of red drum (*Sciaenops ocellatus*) fed isonitrogenous diets. *Aquaculture* 104: 279-292.
- Robaina, L., Izquierdo, M.S., Moyano, F.J., Socorro, J., Vergara, J.M., Montero, D., y Fernandez-Palacios, H. 1995. Soybean and lupin seed meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*)-Nutritional and histological implications. *Aquaculture* 130: 219-233.
- Ruchimat, T., Masumoto, T., Kosokawa, H., y Shimeno, S. 1997. Nutritional evaluation of several protein sources for yellowtail (*Seriola quinquerata*). *Bulletin of Marine Sciences and Fisheries* 17:69-78.
- Rojas-Herrera, A.A. 1996. Análisis de la alimentación del flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindachener, 1896) (Pisces: Lutjanidae) de la costa de Guerrero, Mexico. Mem. Primer Encuentro Regional sobre Investigación y Desarrollo Costero: Guerrero, Oaxaca y Chiapas. p.10.
- Rojas-Herrera, A. A. 2001. Aspectos de dinámicas de poblaciones del huachinango *Lutjanus peru* (Nicholas y Murphy, 1992) y del flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) (Pisces: Lutjanidae) del litoral de Guerrero, México. Tesis de doctorado, Universidad de Colima, Colima, México, 90 pp.
- Rojas, M.J.R., Maravilla, E. y Chicas, B.F. 2004. Hábitos alimentarios del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en Los Cóbanos y Puerto La Libertad, El Salvador. *Rev. Biol. Trop.* 52: 163-170.

- Nengas, I., Alexis, M.N., Davies, S.J. 1996. Partial substitution of fishmeal with soybean meal products and derivatives in diets for the gilthead sea bream (*Sparus aurata* L). *Aquaculture Research* 27: 147-156.
- Perez, L., Gonzalez, H., y Jover, M. 1997. Growth of European sea bass fingerlings (*Dicentrarchus labrax*) fed extruded diets containing varying levels of protein, lipid and carbohydrate. *Aquaculture* 156: 183-193.
- Perkins, E. G. (1995). Composition of soybeans and soybean products. In *practical Handbook of soybean Processing and Utilization*, D. R. Erickson (ed.). Champaign, IL: AOAC Press, pp. 9-28.
- Reigh, R. C y Ellis, S. C. 1992. Effects of dietary soybean and fish-protein ratios on growth and body composition of red drum (*Sciaenops ocellatus*) fed isonitrogenous diets. *Aquaculture* 104: 279-292.
- Robaina, L., Izquierdo, M.S., Moyano, F.J., Socorro, J., Vergara, J.M., Montero, D., y Fernandez-Palacios, H. 1995. Soybean and lupin seed meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*)-Nutritional and histological implications. *Aquaculture* 130: 219-233.
- Ruchimat, T., Masumoto, T., Kosokawa, H., y Shimeno, S. 1997. Nutritional evaluation of several protein sources for yellowtail (*Seriola quinquerata*). *Bulletin of Marine Sciences and Fisheries* 17:69-78.
- Rojas-Herrera, A.A. 1996. Análisis de la alimentación del flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindachener, 1896) (Pisces: Lutjanidae) de la costa de Guerrero, Mexico. Mem. Primer Encentro Regional sobre Investigación y Desarrollo Costero: Guerrero, Oaxaca y Chiapas. p.10.
- Rojas-Herrera, A. A. 2001. Aspectos de dinámicas de poblaciones del huachinango *Lutjanus peru* (Nicholas y Murphy, 1992) y del flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) (Pisces: Lutjanidae) del litoral de Guerrero, México. Tesis de doctorado, Universidad de Colima, Colima, México, 90 pp.
- Rojas, M.J.R., Maravilla, E. y Chicas, B.F. 2004. Hábitos alimentarios del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en Los Cóbanos y Puerto La Libertad, El Salvador. *Rev. Biol. Trop.* 52: 163-170.

- Santamaría-Miranda, A. 1996. Hábitos alimenticios del huachinango *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) de la Costa Chica de Guerrero. Mem. X Congreso Nacional de Oceanografía, Manzanillo, México. p. 59.
- Santamaría-Miranda, A. y Elorduy-Garay, J.F. 1997. Hábitos alimenticios del huachinango *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) de la costa de Guerrero. México. Mem. V Congreso Nacional de Ictiología, Mazatlán, México. p. 54.
- Santamaría-Miranda, A. 1996. Hábitos alimenticios y ciclo reproductivo del huachinango *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) (Pisces: Lutjanidae) en Guerrero, México. Tesis de maestría, CICIMAR, La Paz, México. 64 pp.
- Saucedo-Lozano, M., González-Sansón, C. y Chiappa-Carrara, X. 1999. Alimentación natural de juveniles de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) (Lutjanidae: Perciformes) en la costa de Jalisco y Colima, México. Cienc. Mar. 25: 381-400.
- Saucedo-Lozano, M. y Chiappa-Carrara, X. 2000. Alimentación natural de juveniles de *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en la costa de Jalisco y Colima, México. Bol. Centro Invest. Biol. 34: 159-180.
- Shiau, S. Y. y Lan, C. W. 1996. Optimum dietary protein level and protein to energy ratio for growth of grouper (*Epinephelus malabaricus*). *Aquaculture* 145: 259-266.
- Shiau, S. Y. y Chou, B. S. 1991. Effects of dietary protein and energy on growth performance of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) reared in seawater. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57: 2271-2276.
- Shimeno, S., Hosokama, H., Kunon, M., Masumoto, T., y Ukama, M. 1992^a Inclusion of defatted soybean meal in diet for fingerling yellowtail. *Nippon Suisangakkaishi* 58: 1319-1359.
- Shimeno, S., Hosokawa, H., Yamane, R., Masumoto, T., y Ueno, S. I. 1992^b Change in nutritive value of defatted soybean meal with duration of heating time for young yellowtail. *Nippon suisangakkaishi* 58: 1351-1359.

- Shimeno, S., Mima, T., Yamamoto, O., y Ando, Y. 1993. Effects of fermented defatted soybean meal in diet on the growth, feed conversion, and body composition of juvenile yellowtail. *Nippon suisangakkaishi* 63: 70-76.
- Shimeno, S., Ruchimat, T., Matsumoto, M., y Ukawa, M. 1997. Effects of fermented defatted soybean meal in diet on the growth, feed conversion, and body composition of juvenile yellowtail. *Nippon suisangakkaishi* 59: 821-825.
- Silva, J. G. y Oliva-Teles, A. 1998. Apparent digestibility coefficients of feed-stuffs in seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquatic Living Resources* 11:187-191.
- Storebakken, T., Refstie, S., y Ruyter, B. 2000. Soybean products as fat and protein sources in fish feed for intensive aquaculture. Soybean in Animal Nutrition (ed. by Drackley, J.K), Fed. Anim. Sci. Soc., Savoy, IL, USA, 127-170.
- Swick, R.A. 2002. Soybean meal quality: assessing the characteristics of a major aquatic feed ingredient. *Global Aquaculture Advocate* 5: 46-49.
- Takagi, S., Shimeno, S., Hosokawa, H., y Ukama, M. 2001. Effects of lysine and methionine supplementation to a soy protein concentrate diet for red sea bream *Pagrus major*. *Fisheries Science* 67: 1088-1096.
- Takii, K., Shimeno, S., Nakamura, M., Itoh, Y., Obatake, H., Kumai, H., y Takeda, M. 1989. Evaluation of soy protein concentrate as partial substitute for fish meal protein in practical diet for yellowtail. In *Proceeding of the Third International Symposium on Nutrition and Feeding in Fish*. Toba, Japan, pp. 281-288.
- Thoman, E. S., Davis, D. A., y Arnold, C. R. 1999. Evaluation of growout diets with varying protein and energy levels for red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture* 176: 343 – 353.
- Tulli, F. y Tibaldi, E. 2001. Apparent nutrient digestibility of different protein sources for sea bass (*D. labrax*). In *Recent Progress in Animal Production Science. II. Proceedings of the ASPA XIV Congress*. Florence, Italy, pp. 697-699.
- Ukawa, M., Takii, K., Nakamura, M., y Kumai, H. 1994. Utilization of soybean meal for red sea bream diet. *Suisanzoshoku* 42: 335-358.
- United States Department of Agriculture (USDA). 2006. World Agricultural Supply and

Demand Estimates. WASDE-441. United States Department of Agriculture, World Agricultural outlook Board, Washington D.C., USA.

- Villa-López, A. Y. 2005. Efecto de diferentes niveles de proteína y lípidos en el crecimiento y sobrevivencia del pargo flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1896) (Pisces: Lutjanidae). Tesis de Licenciatura de la Facultad de Ciencias del Mar, Mazatlán, México. 61pp.
- Viyakarn, V., Watanabe, T., Aoki, H., Tsuda, H., Sakamoto, H., Okamoto, N., Iso, N., et al. 1992. Use soybean meal as substitute for fish meal in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisangakkaishi* 58: 1991-2000.
- Wang, Y., Kong, L. J., Li, C., y Bureau, D. P. 2006. Effect of replacing fish meal with soybean meal on growth, feed utilization and carcass composition of cuneate drum (*Nibea miichthioides*). *Aquaculture* 261: 1307-1313.
- Watanabe, T., Kitajama, C. y Fujita, S. 1983. Nutritional values of live organism used in Japan for mass propagation of fish: A review. *Aquaculture* 34: 115-143.
- Watanabe, T., Viyakarn, V., Kimura, H., Ogawa, K., Okamoto, N., y Iso, N. 1992. Utilization of soybean meal as a protein source in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisangakkaishi* 58: 1761-1773.
- Watanabe, T., Aoki, H., Viyakarn, V., Maita, M., Yamagata, Y., Satoh, S., y Takeichi, T. 1995. Combined use of alternative protein source as a partial replacement for fish meal in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. *Suisanzoshoku* 43: 511-520.
- Watanabe, W. O., Ellis, S.C. y Chaves, J. 2001. Effects of dietary lipid and energy to protein ratio on growth and feed utilization of juvenile mutton snapper (*Lutjanus analis*) fed isonitrogenous diets at two temperatures. *Journal of the World Aquaculture Society* 32: 30-40.
- Yamamoto, T., Unuma, T., y Akiyama, T. 1998. Apparent availability of amino acids from several protein sources for fingerling Japanese flounder. *Bulletin of the National Research Institute of Aquaculture* 27: 27-35.

CONAPESCA. 2010. Consulta específica por especie. Recuperado 3 de octubre del 2011.

http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_anuario_estadistico_de_pesca

Anexos

A1. Análisis entre consumo por biometría y tratamientos (D-0 y D-20%).

Variable dependiente: Consumo biometría 1 (C1)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	15.29	15.29	0.27	0.63
Error	4	226.89	56.72		
Total correcto	5	242.19			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	C1 Media
0.06	7.79	7.53	96.67

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	1	15.29	15.29	0.27	0.63

Variable dependiente: Consumo biometría 2 (C2)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.70	0.70	0.00	0.95
Error	4	712.16	178.04		
Total correcto	5	712.86			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	C2 Media
0.00	13.69	13.34	97.43

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	1	0.70	0.70	0.00	0.95

Variable dependiente: Consumo biometría 3 (C3)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	36.70	36.70	0.26	0.63
Error	4	563.73	140.93		
Total correcto	5	600.44			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	C3 Media
0.06	11.53	11.87	102.94

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	1	36.70	36.70	0.26	0.63

Variable dependiente: Consumo biometría 4 (C4)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	49.30	49.30	0.26	0.63
Error	4	747.00	186.75		
Total correcto	5	796.31			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	C4 Media
0.06	12.65	13.66	107.95

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	1	49.30	49.30	0.26	0.63

Variable dependiente: Consumo biometría 5 (C5)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	4.36	4.36	0.03	0.86
Error	4	532.69	133.17		
Total correcto	5	537.06			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	C5 Media
0.00	11.58	11.54	99.63

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	1	4.36	4.36	0.03	0.86

Variable dependiente: Consumo biometría 6 (C6)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	3.34	3.34	0.02	0.88
Error	4	539.77	134.94		
Total correcto	5	543.11			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	C6 Media
0.00	11.67	11.61	99.52

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamientos	1	3.34	3.34	0.02	0.88

A2. Análisis de regresión lineal para las variables consumo y temperatura correspondiente a los tratamientos D-0 y D-20%.

Variable dependiente: Consumo (Co)

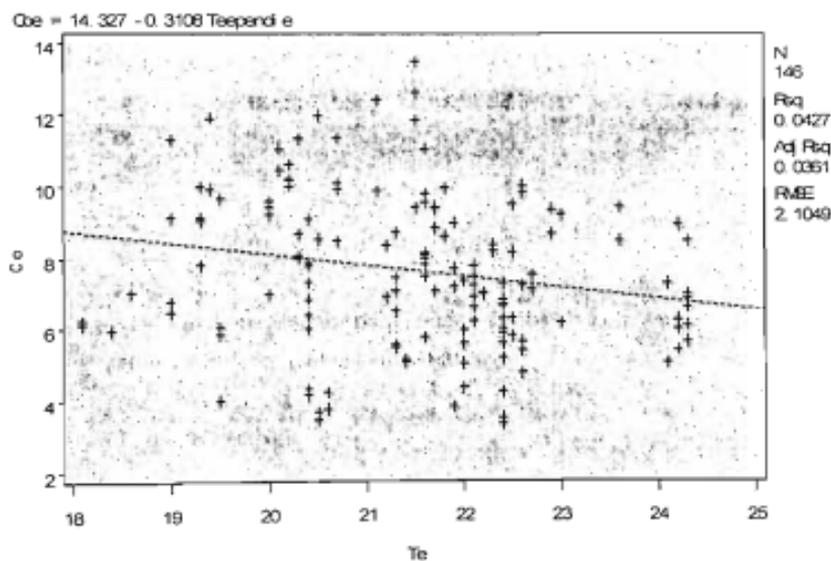
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	28.45	28.45	6.42	0.01
Error	144	638.01	4.43		
Total	145	666.47			

R-cuadrado	Coefficiente de Variación	Raíz SEM	Consumo Media
0.04	27.49	2.10	7.65

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término independiente	14.32	2.63	5.43	<.0001
Temperatura (Te)	-0.31	0.12	-2.53	0.01

La ecuación de regresión es: $Co = 14.32 - 0.31 (Te)$. Sin embargo, la R cuadrada solo explica el 4.0% de la variación en consumo debido a la variación de temperatura.

Figura 18. Regresión lineal para las variables consumo y temperatura correspondiente a los tratamientos D-0 y D-20%.



A3. Análisis de regresión lineal para las variables peso y longitud correspondiente al tratamiento D-0%.

Variable dependiente: Longitud (L)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	783.76	783.76	3017.64	<.0001
Error	311	80.77	0.25		
Total	312	864.53			

R-cuadrado	Coefficiente de Variación	Raiz SEM	Longitud Media
0.90	3.94	0.50	12.92

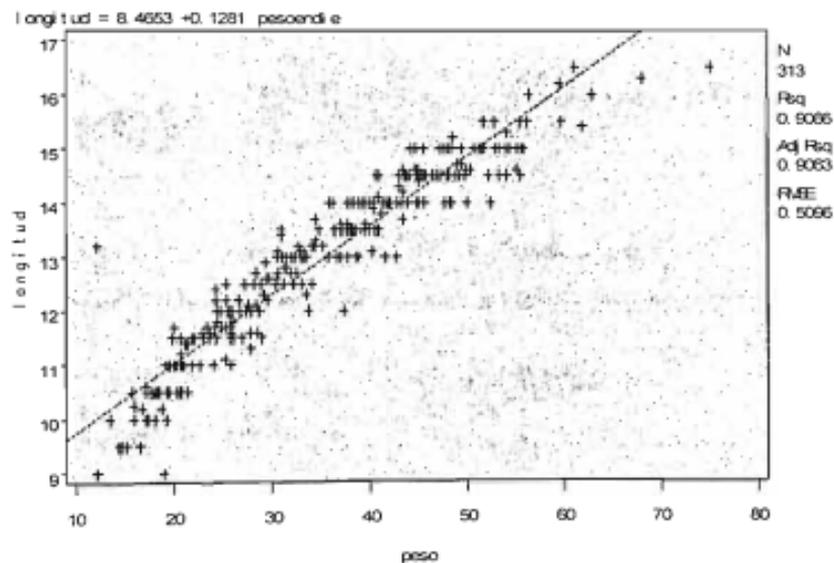
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Peso (P)	1	783.76	783.76	3017.64	<.0001

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Peso (P)	1	783.76	783.76	3017.64	<.0001

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término independiente	8.46	0.08	98.24	<.0001
Peso (P)	0.12	0.00	54.93	<.0001

La ecuación de regresión es: $L = 8.46 + 0.12 (P)$. La R cuadrada explica que, el 90.0% de la variación de longitud se debe a la variación en peso. Las medias poblacionales de L se incrementan al aumentar P o, que los organismos con una diferencia de un gramo, en promedio difieren en longitud por 0.12cm.

Figura 19. Regresión lineal para las variables peso y longitud correspondiente al tratamiento D-0%.



A4. Análisis de regresión lineal para las variables peso y longitud correspondiente al tratamiento D-20%.

Variable dependiente: Longitud (L)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	878.08	878.08	4775.04	<.0001
Error	303	55.71	0.18		
Total	304	933.80			

R-cuadrado	Coefficiente de Variación	Raíz SEM	Longitud Media
0.94	3.29	0.42	13.03

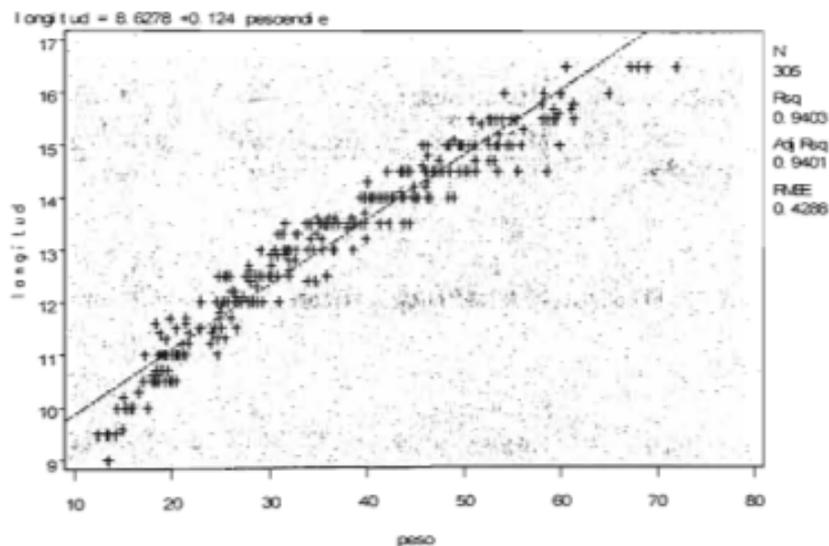
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Peso (P)	1	878.08	878.08	4775.04	<.0001

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Peso (P)	1	878.08	878.08	4775.04	<.0001

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término independiente	8.62	0.06	126.37	<.0001
Peso (P)	0.12	0.00	69.10	<.0001

La ecuación de regresión es: $L = 8.62 + 0.12 (P)$. La R cuadrada explica que, el 94.03% de la variación de longitud se debe a la variación en peso. Las medias poblacionales de L se incrementan al aumentar P o, que los organismos con una diferencia de un gramo, en promedio difieren en longitud por 0.12cm.

Figura 20. Regresión lineal para la variables peso y longitud correspondiente al tratamiento D-20%.



A5. Análisis de regresión lineal para las variables peso y longitud correspondiente al tratamiento D-40%.

Variable dependiente: Longitud (L)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	792.84	792.84	4100.56	<.0001
Error	310	59.93	0.19		
Total	311	852.78			

R-cuadrado	Coefficiente de Variación	Raíz SEM	Longitud Media
0.92	3.43	0.43	12.79

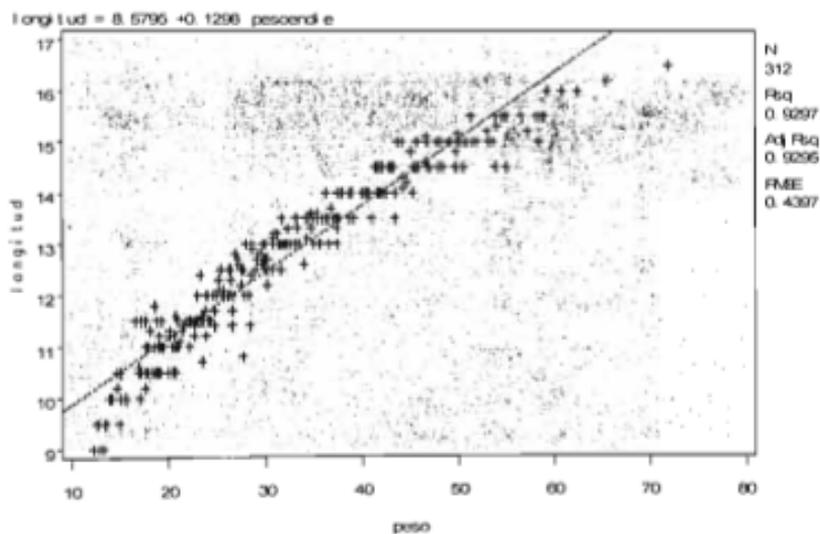
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Peso (P)	1	792.84	792.84	4100.56	<.0001

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Peso (P)	1	792.84	792.84	4100.56	<.0001

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término independiente	8.57	0.07	121.81	<.0001
Peso (P)	0.12	0.00	64.04	<.0001

La ecuación de regresión es: $L = 8.57 + 0.12 (P)$. La R cuadrada explica que, el 92.97% de la variación de longitud se debe a la variación en peso. Las medias poblacionales de L se incrementan al aumentar P o, que los organismos con una diferencia de un gramo, en promedio difieren en longitud por 0.12 cm.

Figura 21. Regresión lineal para las variables peso y longitud correspondiente al tratamiento D-40%.



A6. Análisis de regresión lineal para las variables peso y longitud correspondiente al tratamiento D-60%.

Variable dependiente: Longitud (L)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr >
Modelo	1	660.17	660.17	2575.32	<.0001
Error	298	76.39	0.25		
Total	299	736.56			

R-cuadrado	Coefficiente de Variación	Raíz SEM	Longitud Media
0.896287	4.05	0.50	12.47

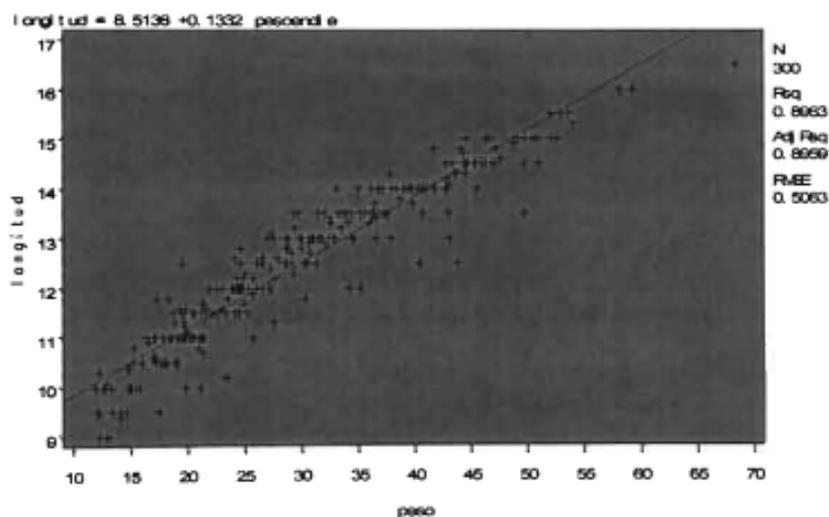
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Peso (P)	1	660.17	660.17	2575.32	<.0001

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Peso (P)	1	660.17	660.17	2575.32	<.0001

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término independiente	8.51	0.08	102.08	<.0001
Peso (P)	0.13	0.00	50.75	<.0001

La ecuación de regresión es: $L = 8.51 + 0.13 (P)$. La R cuadrada explica que, el 89.62% de la variación de longitud se debe a la variación en peso. Las medias poblacionales de L se incrementan al aumentar P o, que los organismos con una diferencia de un gramo, en promedio difieren en longitud por 0.13 cm.

Figura 22. Regresión lineal para la variables peso y longitud correspondiente al tratamientoD-60%.



A7. Análisis de regresión para las variables de peso y longitud con inclusión de un término cuadrático correspondiente al tratamiento D-0%.

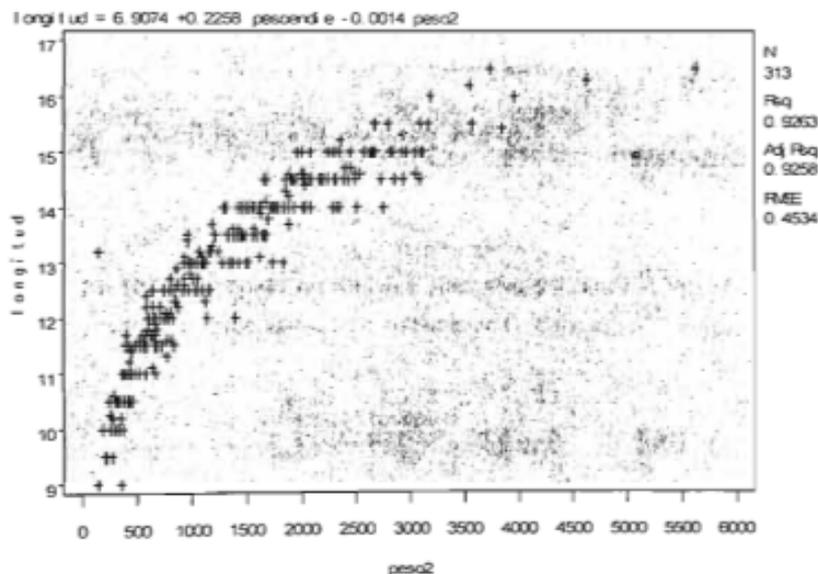
Variable dependiente: Longitud

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	800.81	400.40	1947.84	<.0001
Error	310	63.72	0.20		
Total corregido	312	864.53			

Raíz MSE	0.45	R-cuadrado	0.9263
Media dependiente	12.92	Adj R-Sq	0.9258
Coefficiente de Variación	3.50		

Variable	DF	Parámetros Estimados	Error Estándar	Valor t	Pr > t
Término i	1	6.90	0.18	36.85	<.0001
Peso	1	0.22	0.01	20.66	<.0001
Peso2	1	-0.00	0.00	-9.11	<.0001

Figura 23. Regresión para las variables de peso y longitud con inclusión de un término cuadrático correspondiente al tratamiento D-0%.



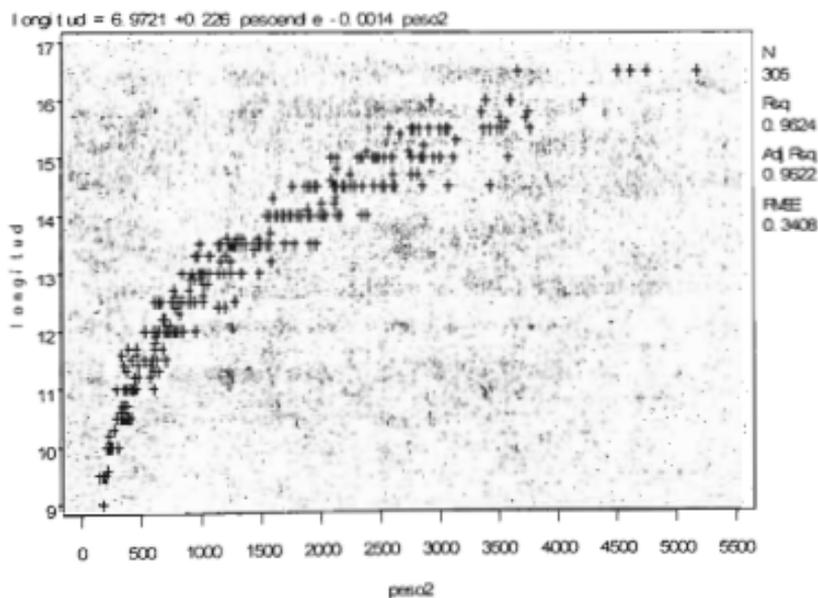
A8. Análisis de regresión para las variables de peso y longitud con inclusión de un término cuadrático correspondiente al tratamiento D-20%.

Variable dependiente: Longitud

Fuente	DF	Suma de Cuadrados		F-Valor	Pr > F
		Cuadrados	Medio		
Modelo	2	898.72	449.36	3868.24	<.0001
Error	302	35.08	0.11		
Total corregido	304	933.80			
Raíz MSE		0.34	R-cuadrado	0.9624	
Media dependiente		13.03	Adj R-Sq	0.9622	
Coeficiente de Variación		2.61			

Variable	DF	Parámetros		Error	
		Estimados	Estándar	Valor t	Pr > t
Término i	1	6.97	0.13	51.43	<.0001
Peso	1	0.22	0.00	29.02	<.0001
Peso2	1	-0.00	0.00	-13.33	<.0001

Figura 24. Regresión para las variables de peso y longitud con inclusión de un término cuadrático correspondiente al tratamiento D-20%.



A9. Análisis de regresión para las variables de peso y longitud con inclusión de un término cuadrático correspondiente al tratamiento D-40%.

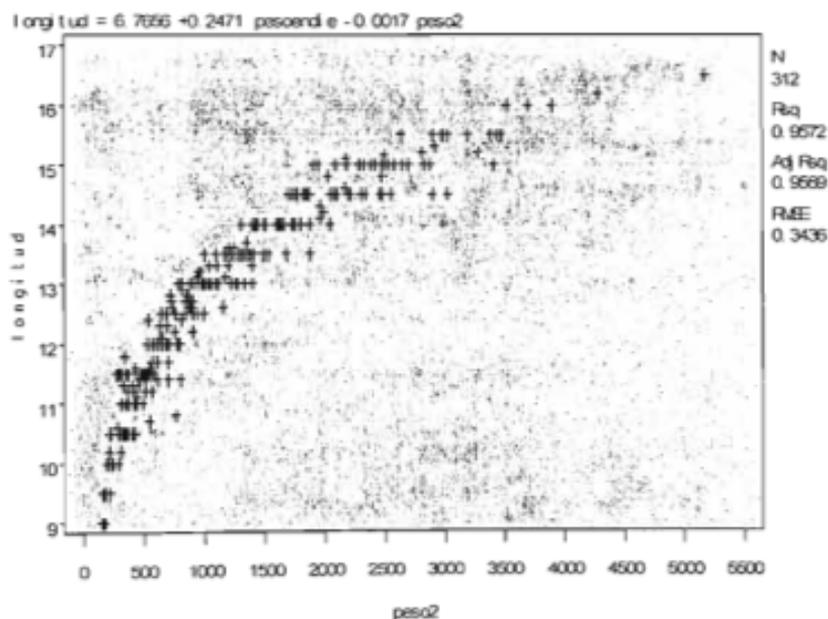
Variable dependiente: Longitud

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Medio Cuadrado	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	816.29	408.14	3456.95	<.0001
Error	309	36.48	0.11		
Total corregido	311	852.78			

Raíz MSE	0.34	R-cuadrado	0.9572
Media dependiente	12.79	Adj R-Sq	0.9569
Coefficiente de Variación	2.68		

Variable	DF	Parámetros Estimados	Error Estándar	Valor t	Pr > t
Término i	1	6.76	0.13	48.34	<.0001
Peso	1	0.24	0.00	29.17	<.0001
Peso2	1	-0.00	0.00	-14.09	<.0001

Figura 25. Regresión para las variables de peso y longitud con inclusión de un término cuadrático correspondiente al tratamiento D-40%.



A10. Análisis de varianza para las variables de peso y longitud con inclusión de un término cuadrático correspondiente al tratamiento D-60%.

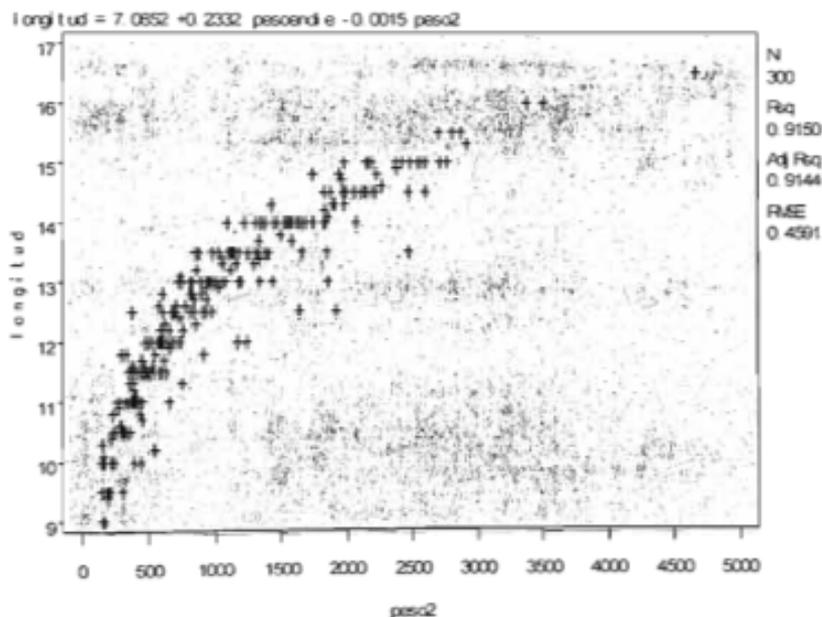
Variable dependiente: Longitud

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	673.97	336.98	1598.91	<.0001
Error	297	62.59	0.21		
Total corregido	299	736.56			

Raíz MSE	0.45	R-cuadrado	0.9150
Media dependiente	12.47	Adj R-Sq	0.9144
Coefficiente de Variación	3.67		

Variable	DF	Parámetros		Error	
		Estimados	Estándar	Valor t	Pr > t
Término i	1	7.08	0.19	36.89	<.0001
Peso	1	0.23	0.01	18.53	<.0001
Peso2	1	-0.00	0.00	-8.09	<.0001

Figura 26. Regresión para las variables de peso y longitud con inclusión de un término cuadrático correspondiente al tratamiento D-60%.



A11. Análisis factorial entre las variables consumo y crecimiento correspondiente a los tratamientos D-0 y D-20%.

Variable dependiente: Consumo (Co)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	632.27	57.47	0.42	0.93
Error	24	3322.26	138.42		
Total correcto	35	3954.54			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Co Media
0.1598	11.68	11.76	100.69

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Semana (Se)	5	522.54	104.50	0.75	0.59
Dosis (Dos)	1	78.85	78.85	0.57	0.45
Se*Dos	5	30.87	6.17	0.04	0.99

Variable dependiente: Crecimiento (Cre)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	3387.43	307.94	74.31	<.0001
Error	24	99.46	4.14		
Total correcto	35	3486.89			

R-cuadrado	Coef Var	Ralz MSE	Cre Media
0.9714	5.33	2.03	38.18

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Semana (Se)	5	3377.86	675.57	163.01	<.0001
Dosis (Dos)	1	5.31	5.31	1.28	0.26
Se*Dos	5	4.25	0.85	0.21	0.95

Prueba del rango múltiple de Duncan para Consumo

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	24
Error de cuadrado medio	138.42
Número de medias	2
Rango crítico	8.09

Duncan Agrupamiento	Media	N	Dosis
A	102.17	18	0
A	99.21	18	20

Prueba del rango múltiple de Duncan para Crecimiento

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	24
Error de cuadrado medio	4.14
Número de medias	2

Rango crítico	1.40		
Duncan Agrupamiento	Media	N	Dosis
A	38.56	18	20
A	37.79	18	0

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.