

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

Informe Final de
Practica Final Supervisada

**Pruebas de sustitutos proteicos de La Dorada *Sparus aurata* en el
Departamento de Ciencia Animal de la Universidad Politécnica de
Valencia**



**Presentado por
Luís Carlos Rodríguez Aguilar**

**Para Otorgarle el Título de
Técnico en Acuicultura
Guatemala noviembre de 2007**

CONSEJO DIRECTIVO



Presidente	M.sc. Pedro Julio García Chacón
Coordinador Académico	M.Sc. Carlos Salvador Gordillo García
Secretario	M.V. Salomón Medina Paz
Representante Docente	M.Sc. Erick Roderico Villagrán Colon
Representante del Colegio de Médicos Veterinarios y Zootecnistas	Licda. Estrella de Lourdes Marroquín
Representante Estudiantil	T.A. Diana Crespo Mendoza
Representante Estudiantil	T.A. Manoel Cifuentes Marckword

ACTO QUE DEDICO

A: Dios por darme la fuerzas y la oportunidad de luchar cada día por mis sueños y dejarme compartir con las personas que aprecio

A: mis padre Julio Rodríguez y Yolanda Aguilar por todo el apoyo, comprensión, compañía y por ser para mi un ejemplo a seguir toda mi vida

A: mi hermano muy especialmente por apoyarme y estar conmigo en todos los momentos difíciles que he pasado

A: mis abuelitos Alicia Valladares y Carlos Rodríguez (QEPD), Maria De Leon y Jose Aguilar por sus cuidados, ejemplo y tanto apoyo que me han dado también por su cariño brindado.

A: mis tios por su apoyo durante todas la etapas duras y felices de mi vida. Muy especialmente a mi tia Beatriz Q.E.P.D. por sus cuidados y cariño brindados durante todas mi vida, me hubiera gustado que estuvieras aquí.

A: mis primos por su compañía, ayuda, enseñanzas y cuidados durante todo este tiempo.

A: mis amigos por su apoyo, compañía, comprensión y todos los momentos felices que hemos compartido durante estos tres años.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de San Carlos de Guatemala por brindarme las herramientas y apoyo para permitirme culminar esta etapa de mi formación académica

Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura por estos tres años de enseñanza que me han permitido llegar a este momento

Al claustro de catedráticos del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura en especial al Licenciado Luís Francisco Franco por su asesoramiento y apoyo. Y a la Licenciada Sonia Villatoro por su asesoría en la realización de mi informe

A la Universidad Politécnica de Valencia por permitirme realizar mis practica, y el apoyo brindado para que completara mi formación académica.

Al Doctor Ingeniero Agrónomo Miguel Jover Cerda Subdirector de Estudios y Doctorado, del Departamento de Ciencia Animal en el área de Grupo de Investigación en Recursos Acuícolas de la Universidad Politécnica de Valencia por apoyo y confianza para la realización de mis practicas.

ÍNDICE GENERAL

	Pagina
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. General	2
2.2. Específicos	2
3. ASPECTOS GENERALES DEL CENTRO	3
3.1. Ubicación Geográfica	3
3.2. Condiciones Climáticas	4
3.3. Vías de Acceso	4
3.4. Objetivos de Investigación	5
3.5. Distribución de laboratorio de Acuicultura	5
4. MANEJO DEL AGUA EN EL LABORATORIO	8
4.1 Sistema de bombeo	8
4.2 Sistemas de depuración del agua	9
Filtro mecánico	9
Biofiltro	9
4.3 Sistema de regulación de la temperatura del agua	10
4.4 Sistema de aireación	10
4.5 Sistema de canalización de aguas	10
Tuberías	11
Canaletas	11
4.6 Sistema de emergencia	11
Control de calidad del agua. Parámetros físico-químicos	12
5. ESPECIE ESTUDIADA	13
5.1 Dorada (<i>Sparus Aurata</i>)	13
5.1.1 Taxonomía	13
5.1.2 Biología y descripción anatómica	14
5.1.3 Distribución Geográfica	15
5.1.4 Alimentación Natural	15

5.1.5 Reproduccion	16
5.1.6 Costumbre y Comportamiento	16
5.1.7. Edad, talla y peso	17
5.1.8 Condiciones ambientales optimas	17
Tempertura	17
Oxigeno	18
Salinidad	18
PH	19
Productos derivados del Nitrogeno	20
Amoniac	20
Nitritos	20
Nitratos	21
Nitrogeno Gaseoso	21
6. SISTEMA DE PRODUCCION DE LA DORADA	23
6.1 Reproduccion y Alevinaje	23
6.2 Preengorde	24
6.3 Engorde	24
Instalaciones en tierra	25
Jaulas Marinas flotantes	25
7. NECESIDADES NUTRITIVAS DE LA DORADA <i>Sparus aurata</i>	27
7.1 Necesidades proteicas	27
7.1.1 Harina de pescado	27
Proteínas	28
Grasa	28
Energía	28
Vitaminas y minerales	28
7.2 Fuentes proteicas alternativas a la harina de pescado	28
7.2.1 Materias primas de origen animal	29
Harinas de carne	29
Harinas de plumas hidrolizadas	30
Harinas de sangre	30

Harina de Krill	30
7.2.2 Materias primas de origen vegetal	30
Torta de soja	30
Torta de colza	31
Torta de algodón	31
Torta de girasol	31
Torta de cacahuete (Mani)	31
Torta de palmito y de coco	31
Cereales y sub-productos	31
Harinas de alfalfa y harinas de hojas	32
7.2 Necesidades de lípidos	36
7.3 Necesidades de carbohidratos	37
7.4 Necesidades energéticas	38
7.5 Necesidades en vitaminas y minerales	38
8. DISEÑO EXPERIMENTAL	40
8.1 Condiciones experimentales de los peces	40
8.2 Piensos experimentales	40
8.3 Rutina de trabajo	42
8.3.1 Revisión general de la instalación	42
8.3.2 Control de crecimiento	43
8.4 Métodos analíticos	44
8.4.1 Determinación de materia seca	44
8.4.2 Determinación de las cenizas	45
8.4.3 Determinación de la proteína bruta (Kjeltec)	46
9. RESULTADOS DE EXPERIMENTO DE SUSTITUCION DE HARINA DE PESCADO POR GUISANTE EN ALIMENTACION DE DORADA <i>Sparus aurata</i>	49
9.1 Resultados Mensuales:	49
9.1.1 Crecimiento y supervivencia	49
9.1.2 Aprovechamiento Nutritivo	51
9.1.2.1 Tasa de Alimentación Diaria (TAD)	51
9.1.2.2 Índice de Conversión Alimenticio (ICA)	53

9.2 Resultados Globales:	54
9.2.1 Índices Económicos	56
9.3 Discusión del Experimento:	57
9.3.1 Parámetros Globales de Crecimiento y Eficacia Nutritiva	57
9.3.2 Factores Económicos	58
9.4 Conclusiones del Experimento	58
10. CONCLUSIÓN	59
11. RECOMENDACIONES	60
12. BIBLIOGRAFÍA	61
13. ANEXO	63

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro No. 1 Mediciones de valores climaticos correspondientes al periodo entre los años 1971 y 2000.	4
Cuadro No. 2 Valores de los parámetros del agua Salada	12
Cuadro No. 3 Condiciones ambientales optimas para la dorada	22
Cuadro No. 4 Aminoácidos de diversas materias primas proteicas	33
Cuadro No 5 Resumen de trabajos realizados por diversos autores con sustituciones de harina de pescado por fuentes proteicas de origen vegetal.	34
Cuadro No 6 Composición de la harina de guisante (% MS)	41
Cuadro No 7 Ingredientes (g/Kg.) y composición de las dietas experimentales	41
Cuadro No 8 Análisis propio de las dietas experimentales (% MS)	42
Cuadro No 9 Ganancia de peso promedio durante los 218 días de la prueba	50
Cuadro No 10 Tasa de Crecimiento Instantáneo (TCI) durante los 128 días de prueba	51
Cuadro No 11 Tasa de alimentación diaria durante los diferentes muestreos	52
Cuadro No 12 Índice de conversión alimentario durante los diferentes muestreos	53
Cuadro No 13 Efecto de los tratamientos utilizados en los parámetros de crecimiento y eficiencia nutritiva en la Dorada <i>Sparus aurata</i> durante el experimento.	55
Cuadro No 14 Materias primas utilizadas y el precio por kilogramo	56

Cuadro No 15 Parámetros económicos de la elaboración de los
piensos

57

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pagina
Figura No 1 Mapa de la localización de la Universidad Politècnica de Valencia	3
Figura No. 2 Localización del Departamento de Ciencia Animal dentro del Campus Universitario	3
Figura No. 3 Croquis del Laboratorio con las líneas de producción	5
Figura No. 4 Línea de Tanques 1B	6
Figura No 5 Línea de Tanques 1ª	6
Figura No 6 Tanques de la Línea dos	7
Figura No 7 Tanques de la Línea tres	7
Figura No 8 Laboratorio de Acuicultura (Dpto. de Ciencia Animal).	8
Figura No 9 Foto del filtro que se emplea para depurar el agua salada	9
Figura No 10 Electrosoplantes para aireación del sistema	10
Figura No 11 Ejemplar de Dorada (<i>Sparus aurata</i>)	13
Figura No 12 Fotografía de una larva de Dorada (<i>Sparus Aurata</i>)	24
Figura No 13 Sistema de Jaulas Marinas	26
Figura No 14 Extruder semi-industrial de la casa Clextral modelo BC 45	40
Figura No 15 Evolución del peso (g) de los diferentes piensos durante el tiempo del experimento.	49
Figura No 16 Comportamiento del TCI durante los 128 días de prueba.	51

Figura No 17	Evolución de la tasa de alimentación diaria a lo largo del experimento	52
Figura No 18	Comportamiento del Índice de Conversión del Alimento durante todo el experimento	54
Figura No 19	Comparación de los resultados finales de TCI entre los diferentes piensos	53
Figura No 20	Comparación de los resultados finales de ICA entre los diferentes piensos	56

ÍNDICE DE ANEXO

- Anexo No. 1** Organigrama de el Departamento de Ciencia Animal DCAN
- Anexo No. 2** Biofiltro Electrónico
- Anexo No. 3** Sistema de Bombas de Laboratorio
- Anexo No. 4** Sistema de regulación de temperatura
- Anexo No. 5** Sistema de llaves y bombas de pozo de agua dulce
- Anexo No. 6** Cestas Utilizadas para pruebas en laboratorio.

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe muestra los resultados obtenidos en la Universidad Politécnica de Valencia, en el Departamento de Ciencia Animal, durante un periodo de dos meses, en el cual se trabajó con sustitutos de harina de pescado para alimento de peces marinos como es el caso de Dorada *Sparus aurata*.

Un objetivo de esta serie de investigaciones es por la dependencia de la acuicultura de la pesca para la obtención de la harina de pescado, la cual es base de los alimentos para las diferentes especies que son objeto de cultivo, y su obtención depende directamente de la pesca, y por la sobre explotación actual se ha visto reducida significativamente.

El alimento fue elaborado en el laboratorio, ya que contaban con el equipo para esta práctica, se trabajaron las pruebas en un circuito cerrado, con recirculación del agua, se contaba con aireación y en caso de emergencia también se tenía oxigenación directa para los estanques. El agua era filtrada para la eliminación del amonio. También se contaba con agua dulce de pozo, para recuperar el agua perdida por evaporación y para evitar el aumento de la salinidad.

Se realizaban muestreos mensuales de peso de las especies para observar su crecimiento, y la efectividad del alimento aplicado, al final del proyecto se realizaba una cosecha general, y la carne de los peces era analizada para ver sus características y observar la carencia de algún aminoácido en la misma a causa de la disminución de la harina de pescado en su dieta.

Los análisis que se realizaban eran bromatológicos, en los que se observaba: proteína, aminoácidos presentes, grasas y cenizas entre otros.

2. OBJETIVOS

General:

- Introducir al estudiante en el ejercicio de la carrera de Técnico en Acuicultura en una practica directa, en un espacio territorial e institucional.

Específicos:

- Proveer la oportunidad de participar en actividades reales propias del manejo de los Recursos Hidrobiológicos del país.
- Retroalimentar el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante la integración de los acontecimientos y experiencias teórico-practicas adquiridas.
- Propiciar el desarrollo y ejercicio de los valores morales y éticos en el desempeño profesional.

3. ASPECTOS GENERALES DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIA ANIMAL DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

3.1 Ubicación Geográfica: El departamento de Ciencia animal se encuentra ubicado en la Universidad Politécnica de Valencia (Universitat Politècnica de Valencia en valenciano) o UPV, es una universidad española fundada en 1971, que cuenta con diversos centros en las localidades de Valencia, Alcoy, Gandia, y Játiva. En conjunto estudian más de 35.000 alumnos e imparten docencia más de 2.000 profesores.

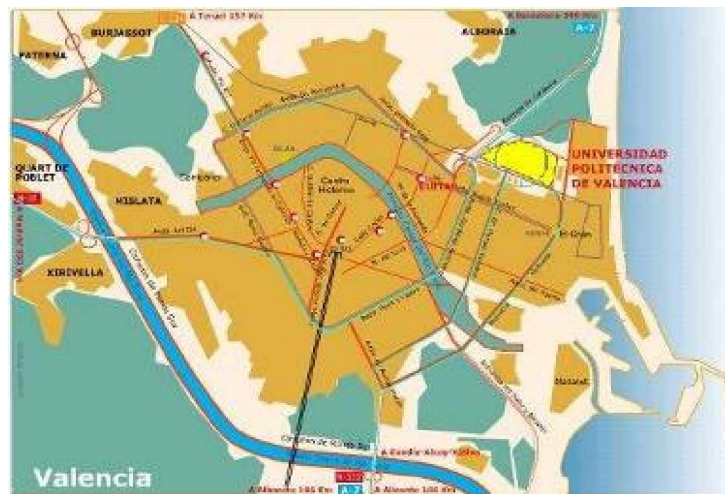


Figura No 1 Mapa de la localización de la Universidad Politécnica de Valencia.



Figura No 2 Localización del Departamento de Ciencia Animal dentro del Campus Universitario

3.2 Condiciones Climáticas: Su clima es mediterráneo, suave y húmedo. Su temperatura media es de 17,8°C. Como se muestra (Cuadro No1) sus valores medios oscilan entre los 11,5° de enero y los 25,5° de agosto. La ciudad de Valencia se encuentra a una altitud de 11m sobre el nivel del mar Las precipitaciones son de 454 mm. al año. Suelen ser de gran intensidad y concentradas en otoño. (Ver Cuadro No 1)

Cuadro No 1 Mediciones correspondientes al periodo entre los años 1971 y 2000.

	Meses												Total
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Temp.	11.5	12.6	13.9	15.5	18.4	22.1	24.9	25.5	23.1	19.1	14.9	12.4	17.8
Máx.	16.1	17.2	18.7	20.2	22.8	26.2	29.1	29.6	27.6	23.6	19.5	16.8	22.3
Min.	7.0	7.9	9.0	10.8	14.1	17.9	20.8	21.4	18.6	14.5	10.4	8.1	13.4
Precipi	36	32	35	37	34	23	9	19	51	74	51	52	454
Humedad	63	61	61	60	65	65	66	68	67	66	65	65	65
Lluvia	4	3	4	5	5	3	1	2	4	5	4	5	44
Tormenta	0	0	1	1	2	2	2	3	3	2	1	0	18
Niebla	1	2	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	10
Soleados	9	6	7	5	5	8	13	10	7	6	7	7	91
Horas de sol	169	169	212	229	256	271	314	285	237	201	167	150	2.660

3.3 Vías de Acceso: Valencia es la capital de la Comunidad Valenciana y de la provincia de Valencia. Es la tercera ciudad de España por importancia y población, para su estancia únicamente es necesario contar con pasaporte para tiempo de menos de cuatro meses, y se puede ingresar por:

- Aeropuerto Internacional De Manises: El aeropuerto de Valencia se encuentra a ocho kilómetros al oeste de la capital en el término municipal de Manises y junto al de Quart de Poblet. Se encuentra a 39°29'26" Norte, 00°28'49" Oeste con una elevación de 69m sobre el nivel del mar.
- Estación Del Norte (RENFE): Ubicada en el centro de la ciudad, ofrece conexión directa con las principales ciudades españolas y europeas.

- Carreteras: Valencia está dotada de una moderna red de carreteras, que la hacen fácilmente accesible desde las principales capitales españolas y europeas.
- Estación De Autobuses Situada en la zona Oeste de la ciudad, enlaza con las principales ciudades españolas y europeas.

3.4 Objetivos de Investigación: Estudio de las necesidades nutritivas de peces y crustáceos, con especial referencia a proteína y aminoácidos, lípidos y ácidos grasos y carbohidratos. Estudio de materias primas alternativas para la fabricación de piensos compuestos. Estudio de las estrategias alimentarias óptimas para crecimiento de peces, tasa de alimentación, número de tomas, horario, etc. Desarrollo de modelos de crecimiento en peces.

El laboratorio del Departamento de Ciencia Animal tiene distintas líneas de experimentación con circuitos independientes, que permiten efectuar distintos experimentos con diferentes especies de agua dulce y agua salada, con distintos parámetros etc.

3.5 Distribución del Laboratorio de Acuicultura: El sistema esta dividido actualmente en tres líneas:

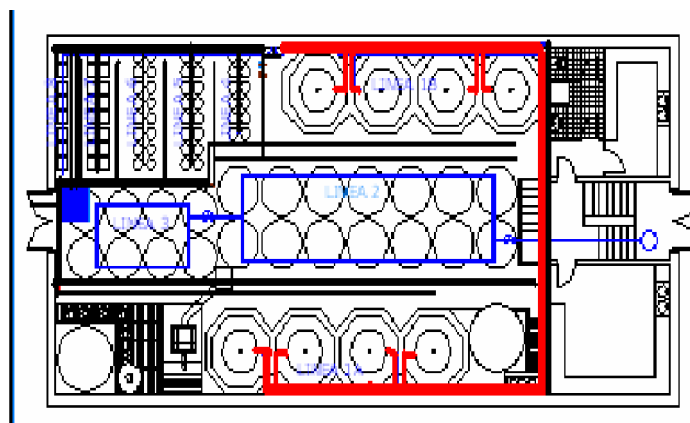


Figura No 3 Croquis del Laboratorio con las líneas de producción

- La línea uno cuenta con ocho tanques en forma hexagonal de 4000 litros de capacidad, construidos en hormigón. Los cuales están distribuidos a ambos lados del laboratorio (Línea 1A y Línea 1B). Con soportes para la red de agua, desagüe, aireación y oxigenación.



Figura No 4 Línea de Tanques 1B



Figura No 5 Línea de Tanques 1A

- La línea dos, la que cuenta con catorce tanques de forma circular con drenaje en el centro de 1700 litros cada uno los cuales están distribuidos al centro del laboratorio. Con soportes para la red de agua, desagüe, aireación y oxigenación.



Figura No 6 Tanques de la Línea dos

- La línea 3 del laboratorio está formada por cuatro tanques de fibra de vidrio de forma cilíndrica, con una capacidad de 750 litros cada uno, los tanques se distribuyen en una fila doble, con soportes para la red de agua, desagüe, aireación y oxigenación.



Figura No 7 Tanques de la Línea 3

4. MANEJO DEL AGUA EN EL LABORATORIO

El laboratorio tiene distintas líneas de experimentación con circuitos independientes, que permiten efectuar distintos experimentos con diferentes especies de agua dulce y agua salada, con distintos parámetros etc.

La instalación cuenta con una bomba de calor, permitiéndose así una temperatura constante durante todo el año. El aporte de oxígeno se suministra mediante un sistema de aireación con bombas electro-soplantes.



Figura No 8 Laboratorio de Acuicultura (Dpto. de Ciencia Animal).

4.1 Sistema de bombeo: El laboratorio requiere un sistema de bombas que facilita la circulación del agua por todo el recinto.

Las características de las bombas, según el fabricante son:

- Caudal: 48-114 m³/h
- Potencia: 5.5 Kw.

4.2 Sistemas de depuración del agua

- Filtro mecánico

El filtro mecánico o filtro rotatorio de tambor, retiene las partículas sólidas que se encuentran en el agua, haciéndolas pasar por una malla de 70 micras de paso. Las partículas retenidas en la malla, son eliminadas mediante un dispositivo de limpieza compuesto por un chorro a presión de agua dulce.



Figura 9: Foto del filtro que se emplea para depurar el agua salada

- Biofiltro

El Biofiltro del laboratorio se encuentra en un depósito de 24 m³ (6 x 2 x 2 m.). En las instalaciones de circuito cerrado es un elemento indispensable ya que su misión es reducir la concentración de amonio en el agua, procedente del alimento no ingerido y de las excreciones metabólicas de los peces.

Es un biofiltro de “lluvia o goteo”, constituido por un tanque lleno de material plástico (biobolas) no sumergido, donde se encuentran las poblaciones de bacterias que se encargan de la depuración biológica del agua. Las bacterias que

oxidan el amonio y lo transforman el nitrito, pertenecen al género *Nitrosomonas* sp. Las que se encuentran en la segunda fase, oxidando los nitritos en nitratos pertenecen al género *Nitrobacter* sp.

4.3 Sistema de regulación de la temperatura del agua: La temperatura del agua se regula a través de una bomba de calor que funciona por suministro eléctrico. Calentando o enfriando el agua dulce por medio de compresores en el circuito primario, encargándose también de transferir calor o frío al circuito secundario, a través de unas placas de titanio.

4.4 Sistema de aireación: Está compuesto por dos bombas electrosoplantes, situadas fuera de la nave principal. La potencia de cada una de ellas es de 1.5 kW. El aire que producen las bombas circula a través de tuberías de PVC, que a parar a cada uno de los tanques de la instalación. Cada tanque está equipado con un sistema formado por tubería, válvula de cierre y goma porosa, que permite controlar la entrada de aire. La difusión en el agua se consigue mediante unas gomas porosas que micronizan las burbujas de aire, éstas están colocadas en el fondo de los tanques, para mejorar la transferencia de oxígeno al agua.



Foto No 10 Electrosoplantes para aireación del sistema

4.5 Sistema de canalización de aguas

- Tuberías

Las distintas tuberías de la instalación son de diámetros diferentes, según su función. Son de distintos materiales, principalmente PVC.

- Canaletas

La red de canaletas está diseñada para conducir el agua desde los distintos tanques al filtro rotatorio. Éstas son de hormigón y están situadas a ras de suelo y protegidas por rejillas.

Cada cierto tiempo es necesario disminuir el pH mediante la adición de ciertos productos (bicarbonato), debido al proceso de nitrificación, ya que el agua del sistema tiende a acidificarse.

Mediante las canaletas también se controla otro parámetro, como es la salinidad del agua, se controla añadiendo agua dulce, cuando ésta aumenta o sal marina cuando disminuye.

4.6 Sistema de emergencia

Este sistema puede corregir fallos en la instalación, sin producir grandes pérdidas.

El sistema consta de los siguientes elementos:

- Generador eléctrico: en caso de fallo eléctrico, se encarga de suministrar energía a las distintas bombas del sistema.
- Grupo de electroválvulas de oxígeno: se encarga de suministrar oxígeno a los tanques, cuando el sistema principal de aireación falla.
- Avisador telefónico: en contacto con varios números que comunican con el técnico responsable de la instalación.
- Botellas de oxígeno: están fuera del laboratorio
- Juego de electrosoplantes de reserva

En caso de que se produzca un corte en el suministro eléctrico, los elementos anteriormente citados se ponen en funcionamiento automáticamente.

- Control de calidad del agua. Parámetros físico-químicos

Para asegurar las condiciones de calidad del agua se toman tres veces por semana muestras del agua de los tanques.

Los parámetros físico-químicos que se controlan y los instrumentos que se emplean para ello, son los siguientes:

- Temperatura y oxígeno disuelto: se mide con un oxímetro portátil o sonda (OxiGuard Handy Beta). El aparato directamente visualiza en la pantalla la concentración de oxígeno disuelto (mg/l o en % de saturación) y la temperatura (°C).
- pH: tiras de papel tornasol.
- Amonio y Nitritos: controlados con el resultado del test colorímetro.
- Salinidad: controlada mediante un refractómetro (Hanna Instruments).

A continuación se muestran los valores medios de los parámetros:

Cuadro No 2 Valores de los parámetros del agua Salada

Amonio (mg/l)	0,02
Nitritos (mg/l)	0,09
Salinidad (‰)	34,82
Oxígeno (mg/l)	6,39
Temperatura (°C)	21,50
pH	7,37

5. ESPECIE ESTUDIADA

5.1 Dorada *Sparus Aurata*

5.1.1 Taxonomía

Su clasificación Taxonómica es:

- Reino: Animalia
- Filo: Chordata
- Clase: Actinopterygii
- Orden: Perciformes
- Familia: Sparidae
- Género: Sparus
- Especie: aurata
- Nombre Común: Dorada, Orata, Dourada.
- Tamaño: 45-70cm
- Nomenclatura: Dorada (castellano), Orata(Italiano), Dorade royale (Frances), Gilthead (Inlges), Goldbrasse (Alemán), Dourada (Portugués)



Figura No 11 Ejemplar de Dorada (*Sparus aurata*)

5.1.2 Biología y descripción anatómica

La dorada (*Sparua aurata*) es un pez que se caracteriza por tener un cuerpo oblongo ovalado y lateralmente comprimido. Además su cuerpo es bastante alto con relación con el resto de especies de esta familia.

La cabeza es de gran tamaño y robusta, con una frente fuerte oblicua que le da un perfil cortado y convexo. (Corbera *et al.*, 1991)

La boca de la dorada es pequeña, con mandíbulas poco extensibles y de labios gruesos y esta provista de una fuerte dentadura, que presenta en el centro de cada mandíbula de 4 a 6 caninos puntiagudos. En las ramas laterales están los molares, que son pequeños y planos pero fuertes y resistentes. Tienen de 4 a 5 filas en la mandíbula superior y de 2 a 4 en la inferior. En ambas, las dos filas externas son algo mas destacadas y al final hay normalmente 1 o 2 molares especialmente grandes. (Terofal, 1990)

Las escamas son cicloideas, grandes y visibles. En las mejillas las escamas llegan hasta debajo del ojo y por encima de la cabeza hasta la parte posterior de la nuca, la línea natural tiene de 75 a 85 escamas. (Corbera *et al.*, 1991)

Presenta una única y larga aleta dorsal con 11 radios duros y espinosos y de 13 a 14 radios blandos. La aleta anal tiene 3 radios espinosos y de 11 a 12 blandos y su borde superior es casi recto. Las aletas pectorales, que son largas y puntiagudas, casi llegan a la vertical que pasa por el origen de la anal. Mientras que las pélvicas son mas cortas y tienen un radio espinoso y 5 blandos. Comienzan en la vertical que pasa por la axial de las pectorales. La aleta caudal tiene 17 radios blandos y esta bastante escotada. (Bauchot y Pras, 1987)

El color de la dorada varía según el hábitat. Normalmente la coloración del cuerpo y las aletas es gris azulada con brillo metálico, con destellos plateados y amarillos sobre los flancos y el vientre blanquecino.

La dorada puede reconocerse por dos manchas muy características. Una de ellas es oscura y se encuentra en el origen de la línea lateral y la otra es una franja dorada que cruza el espacio existente entre los ojos, de la cual proviene el nombre. Estas manchas pierden intensidad e incluso llegan a desaparecer después de su muerte. Otra mancha característica de la especie se encuentra cerca del borde superior del opérculo y es de color oscuro con fondo rojizo.

5.1.3 Distribución Geográfica

La dorada es una especie litoral, que vive en fondos arenosos principalmente, aunque también puede encontrarse en fondos rocosos, fondos mixtos de roca u arena o entre praderas de posidonia, a profundidades de entre 5-30 metros, y ocasionalmente llega a los 100 metros.

Debido a sus hábitos eurihalinos (tolera un amplio rango de salinidad, entre 15 y 38.‰) y euritermicos (soportan un amplio rango de temperaturas, entre 14 y 32°C) suelen encontrarse tanto en mar abierto, como en aguas salobres del tipo lagunas costeras, estuarios y cerca de desembocadura de grandes ríos, en particular durante las etapas iniciales de su ciclo vital.

Se distribuyen por la parte del Mar Mediterráneo, también aparece a lo largo de las costas orientales del Océano Atlántico, desde la costa sur de Gran Bretaña hasta Senegal incluyendo Islas Azores (Portugal) e Islas Canarias. Además, es poco frecuente en el Mar Negro.(Suau y Lopez, 1976; Bauchot y Hureau, 1986).

5.1.4 Alimentación Natural

La dorada es una especie muy voraz, principalmente carnívora, depredadora de especies bentónicas y presenta una diversidad alimentaría relacionada con el tamaño del individuo, de forma que los ejemplares mas jóvenes se alimentan de poliquetos y pequeños crustáceos, mientras que los adultos se alimentan sobre

todo de moluscos (bivalvos y gasterópodos) y crustáceos, también anélidos, peces pequeños y ocasionalmente algas (Francescon *et al.*, 1987; corbera *et al.*, 1991).

5.1.5 Reproducción

La dorada presenta hermafroditismo proterandrico, es decir, el ejemplar madura primero como macho y posteriormente como hembra. Se comporta como macho hasta su primer puesta, cuando el animal alcanza los 400-600g de peso, es decir, entre el segundo y tercer año de vida. A continuación, sufre una inversión sexual e inicia su transformación en hembra. No obstante, este cambio no tiene lugar en todos los machos, ya que algunos de ellos mantienen el sexo masculino, pudiéndose dar el cambio en puestas posteriores o no presentarse nunca, siendo machos toda la vida (Arias, 1980). Para estimular el cambio de sexo, conviene que los individuos jóvenes no estén en contacto con las hembras, ya que estas inhiben el proceso (Zohar *et al.*, 1984)

El periodo de reproducción abarca desde septiembre a diciembre. En el mes de septiembre se inicia la maduración de las gónadas, que se prolonga a lo largo del mes de octubre. En noviembre tiene lugar la puesta, que algunas veces puede alargarse, ya que el desove de cada hembra se produce escalonadamente durante varias semanas (Zohar *et al.*, 1984; Arias y Drake, 1990). El tipo de puesta es bentónica (entre 5 y 35m) y se produce cerca de la costa.

En el mediterráneo la época de puesta abarca desde finales de noviembre hasta finales de enero (Suau y Lopez, 1976). Es decir, cuando el fotoperiodo es corto y la temperatura desciende por debajo de los 19°C, interrumpiéndose por debajo de los 14°C (Suau y Lopez, 1976; Arias, 1986; Pascua *et al.*, 1989). En estado natural, una hembra puede llegar a producir hasta 1.000.000 de huevos planctónicos por Kg. de peso, con un diámetro de 0.8-1mm.

5.1.6 Costumbre y Comportamiento

Es un pez sociable y a menudo se le encuentra formando pequeños bancos en primavera y verano, aunque suelen agruparse en bancos mayores en aguas salobres.

Nacidos en mar abierto durante el invierno, los alevines se desplazan al iniciarse la primavera hacia aguas próximas a la costa en busca de temperaturas más suaves y alimento abundante (migración tráfica) (Ben-tuvia, 1979; Arias y Drake, 1990), mientras que a finales del otoño vuelven a aguas más profundas, especialmente los individuos maduros, para reproducirse y suelen separarse del banco para tal menester. Como muchas de las grandes especies, los bancos se reducen a medida que los individuos crecen e incluso las grandes doradas son solitarias.

5.1.7. Edad, talla y peso

Presentan un crecimiento muy variable según su localización. Así, se puede considerar que se desarrollan más rápido en zonas semicerradas y salobres, como esteros, lagunas (Arias, 1980; Barbaro et al., 1986) y estanques (Audouin, 1962; Laserre y Labourg, 1974), que en mar abierto (Suau y Lopez, 1976; Laserre, 1976).

En el medio natural se considera como una especie de crecimiento rápido, consiguiendo en el segundo año los 300g y en el tercero los 600g. Las doradas producidas tardan entre 14 y 18 meses en alcanzar el tamaño comercial (400g aproximadamente) desde que eclosiona el huevo. Además, la talla habitual es de 30 a 40 cm., aunque puede llegar a alcanzar un máximo de 70 cm. (Terofal, 1990) y un peso aproximado de 8 kg.

5.1.8 Condiciones ambientales óptimas

- Temperatura: La temperatura es uno de los factores ambientales más importantes para todos los organismos acuáticos: influye en la cantidad de

oxígeno disuelto en el agua, en la alimentación, la reproducción y el crecimiento de las especies. Además, al ser los peces animales poiquilotérmicos tiene mayor dependencia de la temperatura, ya que son incapaces de regular su temperatura corporal.

El rango de temperaturas óptimo para la dorada se encuentra entre 20-25 °C, admitiendo un amplio rango que va de 14-32°C, ya que es un animal euritermo. Sin embargo, es muy sensible al frío y puede morir si hay un cambio brusco de temperatura. (Terofal, 1990).

- Oxígeno: de entre los gases disueltos, el oxígeno es el más importante en el desarrollo de los peces; es imprescindible en la respiración de los organismos y facilita la degradación de la materia orgánica, la realización de los ciclos biológicos y una buena eficacia alimentaria.

La mayoría de los peces obtiene el oxígeno del agua. Aunque el contenido de oxígeno del aire es muy alto (21%), su solubilidad en el agua es limitada y esta inversamente relacionada con la temperatura y la salinidad, y directamente con la presión atmosférica.

La demanda de oxígeno aumenta durante la alimentación (incremento de los movimientos y velocidad de natación, la digestión y absorción), crecimiento y reproducción, así como con el nivel de actividad o estrés de los peces. Además los peces jóvenes necesitan mayor cantidad de oxígeno por unidad de peso que los peces adultos de la misma especie.

El nivel óptimo de oxígeno para la rona se encuentra entre 5 y 6 ppm. Si su concentración baja de 3 – 4 ppm, deja de alimentarse, y si disminuye por debajo de 2-3 ppm produce una situación de estrés que podría provocar la muerte.

- Salinidad: es la medida de la concentración de los iones disueltos en agua expresada en g/l, o en ‰. El agua de mar tiene una salinidad entre 33-37 g/l, siendo 34g/l su valor medio.

La dorada es un pez que tiene una capacidad extraordinaria para soportar amplias variaciones de salinidad (entre 15-38‰), por lo que se considera una especie eurihalina. Por lo tanto, puede habitar medios que sean hipo o hiper osmóticos con respecto a sus líquidos corporales. Y los movimientos que realizan a zonas de distinta salinidad están relacionados, normalmente, con su ciclo vital. Pero cuando se sobrepasan los valores óptimos de salinidad para el normal funcionamiento del organismo, se produce un incremento del gasto energético para mantener el equilibrio osmótico entre sus fluidos corporales y el entorno y evitar la pérdida (en agua dulce) o entrada (en agua de mar) de iones de exceso en el organismo, pudiéndose producir la muerte si los cambios son muy bruscos y en un corto periodo de tiempo.

La salinidad óptima para producción de alevines de dorada durante el primer año de vida (hasta 85-90g), esta comprendida entre 22-28‰ de salinidad. Después a partir de 150g, la salinidad marina es la idónea para obtener el mejor rendimiento en crecimiento y eficacia alimentaria. Este efecto concuerda con el ciclo biológico de la dorada. Así, la salinidad óptima es edad-dependiente.

- PH: en general, puede decirse que los valores de pH no suelen ser un problema que afecte a la productividad de las especies, ya que la mayoría toleran un amplio rango de valores que van de 6 a 9. No obstante, hay que controlar el cambio brusco de pH, ya que pueden producir problemas relacionados con el estrés.

El pH influye en el efecto tóxico del amoníaco, ya que es el encargado de controlar su equilibrio químico. A nivel biológico influye en el crecimiento. Según los datos existentes los peces crecen mejor en aguas alcalinas que en aguas ácidas.

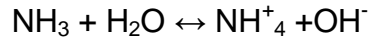
El agua de mar tiene un valor constante y aproximado de 8.3, que será un valor a mantener. Generalmente, a un pH menor de 4 muere la mayoría de especies, con efectos sub-letales cuando los valores de pH tienden a este valor. Mientras que en aguas alcalinas la mayoría con pH superior a 10. Los efectos sub-letales pueden producirse si el pH se aproxima a este valor. Los valores aceptables de la dorada se encuentran entre 7-8.3.

- Productos derivados del Nitrógeno: la acumulación de compuestos nitrogenados puede afectar a la producción acuícola, ya que algunos son tóxicos. Las formas más importantes de nitrógeno en las aguas son: el amoníaco (NH_3 y NH_4^+), los nitritos (NO_2^-), nitratos (NO_3^-) y el nitrógeno gaseoso (N_2)

Amoníaco: Es probablemente el segundo parámetro en importancia, después del oxígeno disuelto, en calidad del agua, presentándose en dos formas: NH_4^+ (ion amonio forma ionizada) y NH_3 la forma no ionizada, que es la más tóxica.

El NH_3 es el principal producto nitrogenado de excreción del metabolismo proteico de los peces pero también puede provenir de la descomposición de la materia orgánica (heces y pienso no consumido). El amoníaco sin ionizar (NH_3) es la causa principal de la reducción de la capacidad de captar oxígeno y también de un peor crecimiento. Además niveles bajos ya pueden producir estrés crónico.

El porcentaje de amonio sin ionizar puede variar con el pH y la temperatura, como norma general a mayores de pH y temperatura, mayor cantidad de amoniaco en su forma toxica.



Temperatura y pH altos –Temperatura y pH bajos→

Para no tener problema se recomienda mantener concentraciones por debajo de 0.05mg/l de NH_3 y 1 mg/l de $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$, ya que concentraciones de la forma no ionizada (NH_3) entre 0.05 y 0.4 mg/l ya comienza a provocar efectos sub-laterales.

Nitritos: Son el producto intermedio de la oxidación biológica del amonio a nitrato. También son altamente toxico, pero su oxidación a nitratos es muy rápida. Por ello, normalmente se encuentran en bajas concentraciones en los sistemas de producción.

La toxicidad puede reducir en presencia de iones cloruro, ya que estos son captados por las branquias con preferencia sobre los iones nitrito. Por tanto, la adición de cloruro sodico en el medio ayuda a reducir la toxicidad.

Generalmente se considera óptimo para la dorada que los valores se mantengan por debajo de 0.1mg/l.

Nitratos: son el producto final de la oxidación del amoniaco. Se considera como una forma no toxica para el pez, a menos que existan concentraciones superiores a 400mg/l, algo extraño en la mayoría de las aguas, ya que se elimina con la renovación del agua.

Nitrógeno Gaseoso: La forma molecular gaseosa (N₂) no es muy importante en la acuicultura, aunque puede provocar la enfermedad de la burbuja en aquellos sistemas donde se añaden grandes cantidades de oxígeno.

En cuadro No 3 se resumen los rangos óptimos de los parámetros de calidad del agua para la Dorada.

Cuadro No 3 Condiciones ambientales óptimas para la dorada

Parámetro	Rango Optimo
Temperatura	20-25 °C
Oxígeno	5-6 ppm
Salinidad	34-37
pH	7-8,3
Amoniaco	<0,05mg/l
Nitritos	<0,1 mg/l
Nitratos	<400mg/l

6. SISTEMA DE PRODUCCION DE LA DORADA *Sparus aurata*

La producción de la Dorada se realiza en tres etapas bien diferenciadas según el tamaño del animal en: reproducción y alevinaje, preengorde y engorde.

6.1 Reproducción y Alevinaje:

La reproducción de las Doradas se inicia en los centros de reproducción “hatcheries” donde se obtienen huevos a partir de individuos reproductores, a base de puestas naturales espontáneas, o inducidas, es decir ejerciendo un control sobre la reproducción. En cautividad, una hembra puede llegar a producir hasta 2.000.000 de huevos planctónicos por Kg. de peso, con un diámetro de 0.8 -1mm, siendo el porcentaje de huevos eclosionados del 90%.

Una vez fecundados se recogen, teniendo en cuenta que los huevos viables flotan y los no fecundados se hunden, y se transportan a la sala de incubación, obteniéndose así las larvas que serán trasladadas a los depósitos larvarios, los cuales suelen ser tanques de fibra de vidrio o poliéster de forma cilíndrica.

Las larvas de dorada recién nacidas se nutren de sus reservas vitelinas durante 3 o 4 días, a partir de ahí ya pueden alimentarse de presas vivas, comenzando la alimentación erógena, con rotíferos y posteriormente nauplios de *Artemia*(zooplancton), durante algo más de un mes. Tanto el rotífero como la *Artemia* se producen en los propios centros de reproducción.

Después empieza la fase de “destete”, que consiste en acostumar a los juveniles al alimento inerte (artificial o natural) que reemplaza al vivo.



Figura No 12 Fotografía de una larva de Dorada (*Sparus Aurata*)

6.2 Preengorde

En general, se realiza un preengorde antes del engorde definitivo, en el cual mantienen los alevines desde su salida al criadero (1 a 2 g), una vez están completamente adaptados al alimento seco compuesto, hasta que alcanzan unos 10-20g. Esta etapa puede hacerse en el propio criadero o en las granjas de engorde. Al ser peces cilíndricos y muy nadadores, el tipo de tanque ha de ser grande, de plástico y hormigón. Con dimensiones que van desde los 3-30m de largo por 1-3m de ancho y con profundidades de 1.5m siendo la capacidad de hasta 80m³

6.3 Engorde

El traspaso a las instalaciones de engorde se produce cuando los peces tienen un tamaño que reduzca el riesgo de pérdidas por mortalidad. En ellas se mantendrán hasta alcanzar el tamaño comercial para la venta; sobre unos 350-400g.

Esta etapa puede realizarse en instalaciones en tierra o en el mar con jaulas flotantes.

- Instalaciones en tierra: el engorde en tierra suele realizarse con sistemas extensivos, en grandes estanques excavados en el suelo, o sistemas intensivos, en tanques de hormigón a base de bloques, ladrillos, cemento, etc, o bien prefabricados; de fibra de vidrio, metal, etc. En cualquier caso, debe de ser impermeables, resistentes, con sistemas adecuados para la renovación del agua y en los que sea fácil realizar las operaciones necesarias para la extracción de de los peces, así como las operaciones de limpieza. La forma son, fundamentalmente, rectangulares o circulares.
- Jaulas Marinas flotantes: Recientemente en el mediterráneo se ha desarrollado el engorde peces en jaulas marinas flotantes.
Una jaula tradicional consta de un anillo de flotación, barandilla, soporte, del que pueden unas redes cerradas en las que se producen los peces, estando el conjunto debidamente anclado al fondo de forma que se mantenga fija su posición. En estas instalaciones, el agua es renovada libremente a través de las redes de las paredes y el fondo, facilitando el aporte continuo de oxígeno disuelto y la limpieza de los residuos (heces, pienso no consumido), reduciéndose así los costes de producción frente a las instalaciones de tierra. Sin embargo, el manejo es más complejo que en tierra por su difícil acceso, ya que todas las operaciones deben hacerse desde el barco (alimentación, captura, cambio de redes, etc.) además son frágiles frente a los temporales y los residuos pueden provocar un impacto sobre los fondos marinos.



Figura No 13 Sistema de Jaulas Marinas

7. NECESIDADES NUTRITIVAS DE LA DORADA *Sparus aurata*

La dorada *Sparus auratus*, como cualquier otra especie acuícola requiere una alimentación a base de piensos secos que le proporcione los nutrientes necesarios para un óptimo crecimiento.

7.1 Necesidades proteicas

La importancia de la proteína en las dietas de peces radica en que es el macro nutriente más caro dentro de la composición de los piensos, por lo que un buen conocimiento de las necesidades de cada especie puede optimizar la gestión económica de las explotaciones intensivas.

Las necesidades proteicas de los peces son muy elevadas respecto a otros animales y en las especies marinas carnívoras, suponen alrededor del 45 – 55% de la dieta. Esto se debe a que sus sistemas metabólicos están evolutivamente adaptados a digerir proteínas, lo que a su vez implica una elevada excreción de amoníaco, con un incremento del gasto energético.

Actualmente, se pretende disminuir la excreción de amoníaco al medio y aumentar la retención de proteínas, controlando la relación entre energía proteica y energía total (E_p/E_t) ya que si es demasiado elevada, supone un derroche innecesario de proteína, por tanto económico.

Por otra parte, el elevado precio de las fuentes proteicas que se han venido utilizando hasta ahora, como las harinas de pescado, hacen que la búsqueda del máximo aprovechamiento proteico sea objetivo primordial de las investigaciones en base a la nutrición de los peces.

7.1.1 Harina de pescado

Tradicionalmente, la principal fuente proteica utilizada en la elaboración de los piensos para peces ha sido la harina de pescado. Este ingrediente proporciona

una proteína de alta calidad (superior al 60% PB), contiene vitaminas del grupo B, elevadas concentraciones de ácido fosfórico y una grasa rica en ácidos grasos omega-3: ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexanoico (DHA), indispensables para el rápido crecimiento de los animales.

- **Proteínas:** El contenido en proteínas de la harina de pescado oscila entre 60 – 75% y como fuente proteica animal posee una elevada y equilibrada proporción de los aminoácidos esenciales, en una forma altamente digerible (péptidos), principalmente: metionina, cistina, lisina, treonina y triptófano.
- **Grasa:** Esta materia prima, rica en ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs y HUFAs), especialmente en EPA y DHA, mejora en general la salud del animal. Los ácidos grasos también se acumulan en el pez, pasando finalmente al consumidor.
- **Energía:** Su contenido en energía es mucho mayor que en otras fuentes proteicas, al contener entre 70 y 80% del producto en forma de proteína y grasa digerible.
- **Vitaminas y minerales:** Su contenido vitamínico es superior al de los productos de la competencia, principalmente en lo que se relaciona al complejo vitamínico B y al contenido de vitamina D (este último solo se presenta en las harinas de pescado). En cuanto al contenido de sustancias minerales también es un producto aventajado ya que es rico en elementos oligodinámicos tales como el calcio, el fósforo, el hierro y el selenio.

7.2 Fuentes proteicas alternativas a la harina de pescado

Las principales especies de peces cultivadas hoy en día en España son de hábitos carnívoros. Este es el caso de la dorada, lubina, rodaballo, trucha o atún, conjunto que representa cerca del 96% del total de la producción. Todos estos son actualmente dependientes del uso de harinas de pescado u otros recursos pesqueros como única fuente de proteína para la elaboración de sus piensos (Tacon, 1994, Mena y Garcia, 2002). Sin embargo, la sobre explotación a la que

se ven sometidos los recursos marinos hace de la harina de pescado un bien cada vez más escaso (FAO, 1995 y 1998).

Según datos recopilados por la Asociación Internacional de productores de harinas de pescado (IFOMA), está previsto un incremento en la demanda de este producto de un 36% en el transcurso de 1994 y 2010. Sin embargo, la producción para este mismo periodo se incrementará sólo de un 17 a 23% (Robert y Talbot, 1998, Mena y García, 2002). Así pues la disponibilidad y precio de las harinas de pescado podrían ser un factor limitante en el cultivo de especies carnívoras, por lo que también sería interesante cultivar especies de interés comercial y de hábitos omnívoros, además de buscar fuentes de proteína alternativas a las harinas de pescado como sería el caso de las harinas de origen vegetal, ya que además son materias primas más baratas. (Mena y García, 2002)

7.2.1 Materias primas de origen animal:

- Harinas de carne: Se fabrican a partir de desechos de matadero y de carnicería. La calidad de las harinas de carne es muy variable y está limitada por el exceso de minerales, las harinas de carne óseas pueden llegar a tener hasta un 35% de cenizas. En los mejores casos contienen de un 45 % a 60% de proteínas, a pesar de que los aminoácidos que contienen azufre sean limitantes.

La temperatura de cocción a las que se fabrican siempre tiene que ser elevadas por cuestiones sanitarias, no permitiendo obtener harinas tan digestibles como las harinas de pescado. Los lípidos del 8 al 10% del producto, contienen sobre todo AG saturados o monoinsaturados y una cantidad mínima de HUFAs. (Guillaume *et al.*, 2004)

Desde la problemática en Gran Bretaña de la transmisión de la encefalopatía espongiforme bovina, se han prohibido la utilización de vísceras de rumiantes o de cadáveres tratados en mataderos.

- Harinas de plumas hidrolizadas: Son harinas procedentes de los mataderos de aves que contienen sobre todo queratina. Esta proteína, se hidroliza por un potente tratamiento hidrotérmico. El contenido proteico de estas harinas es elevado (80 a 85%) pero su valor biológico es escaso debido a la extrema pobreza en metionina, lisina e histidina (Guillaume *et al.*, 2004).
- Harinas de sangre: Se obtienen por deshidratación (secadores de tambor o atomización) de la sangre de matanza. Su nivel proteico es elevado (95%) pero su valor biológico es bastante bajo: son pobres en metionina, isoleucina y arginina y presentan gran exceso de leucina y lisina. Cada vez son más frecuentes, se incorporan en los alimentos para peces por sus propiedades aglutinantes. (Guillaume *et al.*, 2004), pero a niveles máximos de un 15% debido a su baja palatabilidad.
- Harina de Krill: es una interesante fuente de proteína complementaria de la harina de pescado, pues sus resultados como promotor de crecimiento son excelentes, incluso a valores de tan solo 5%. No obstante, su nivel proteico es bastante bajo, del orden del 70% P.B. Además, el krill mejora las características organolépticas (sabor, color, etc) de la carne de los peces que lo ingieren.

7.2.2 Materias primas de origen vegetal:

Las tortas son productos de la extracción de las grasas, menos ricos en proteínas que las materias primas animales, pero con un elevado porcentaje de proteína vegetal (30 y 50%).

- Torta de soja: Es la más utilizada, debido a su disponibilidad en el mercado, su precio y sobre todo su alto valor nutricional para la mayoría de los peces criados en piscifactorías. Es rica en proteínas (49% si está descascarillada, 44 % si no lo está). El perfil de los AAEE es bueno a pesar de ser deficiente

en metionina. Es más pobre que el resto de tortas tanto en celulosa como en glúcidos complejos y, por tanto, constituye, cuando está correctamente cocida, una materia prima idónea para la acuicultura. (Guillaume *et al.*, 2004)

- Torta de colza: La colza es cada vez más abundante en el mercado europeo. La digestibilidad de las proteínas, su valor energético e incluso los límites de empleo, no están bien delimitados para los peces, incluso para las especies más corrientes. (Guillaume *et al.*, 2004)
- Torta de algodón: no es muy utilizada debido a su escasez en el mercado, pero también debido a su contenido de fibras, su carencia de lisina y la presencia de gossipol. De todas formas, debido a su riqueza proteica, se utiliza ampliamente en la alimentación acuícola (Guillaume *et al.*, 2004).
- Torta de girasol: Es pobre en factores antinutricionales (polifenoles), relativamente rica en metionina, deficitaria en lisina y sobre todo un elevado contenido de fibras, lo que limita su utilización en la alimentación de peces (Guillaume *et al.*, 2004).
- Torta de cacahuete (Mani): Es rica en proteínas (48 a 50%) con un alto contenido en arginina pero con carencias en lisina y metionina (Guillaume *et al.*, 2004).
- Torta de palmito y de coco: No contienen más que un 19 y 22% de proteínas respectivamente mientras que su contenido en fibras, sobrepasa el 50%(Guillaume *et al.*, 2004).
- Cereales y sub-productos: Son compuestos cuyo contenido proteico oscila entre 10 y 20%. Son pobres en minerales (salvo en fósforo), ricos en vitaminas E y del grupo B .La harina de trigo o de maíz es rica en almidón

(62 a 72%), aunque poco digestibles en estado crudo (Guillaume *et al.*, 2004).

Las proteaginosas, son granos de leguminosas, cuyos cultivos se promueven desde hace varios años en los países de la Unión Europea: habas, altramuces y guisantes. Estos productos contienen de 25 a 45% de proteínas. Mientras que los altramuces son relativamente ricos en aceites y están desprovistos de almidón, las habas y los guisantes son casi igual de pobres en lípidos que las tortas pero contienen más almidón que proteínas. Los guisantes, que son los más abundantes en el mercado europeo, están disponibles en forma descascarillada, crudos o cocidos. Sus factores antinutricionales (lecitinas) no plantean problema alguno para los peces. Aunque su uso requiera todavía más estudios, los derivados del guisante presentan un gran interés tecnológico por su elevado poder aglutinante (Guillaume *et al.*, 2004)

Los guisantes tienen un nivel alto de energía y medio de proteína (22-24%), con una energía digestible de 14,3 Kj/g. La lisina en estas leguminosas es particularmente alta (1.6%) (Borlongan *et al.*, 2003).

- Harinas de alfalfa y harinas de hojas: Son una buena fuente de proteínas equilibradas, con un perfil balanceado de aminoácidos, vitaminas y de carotenoides. En acuicultura se emplean poco ya que los peces digieren mal sus proteínas, sus carotenoides son ineficaces y su contenido en fibra suele ser excesivo (Chatzifotis, *et al.*, 2006).

Cuadro No 4. Aminoácidos de diversas materias primas proteicas.

MATERIA	P.B.	Arg	Hys	Iso	Leu	Ly	Met	Ph e	Thre	Try	Val
Harina de sangre	89.2	3.75	5.14	0.97	10.8	7.4 5	1.0 8	5.9 2	3.76	1.0 4	7.48
Pescado blanco	62.2	4.21	1.34	2.67	4.52	4.5 3	1.6 8	2.3 4	2.57	0.6 0	3.02
Pescado azul	72.0	4.54	1.65	3.13	5.19	5.5 7	2.0 8	2.7 1	2.90	0.7 7	4.30
Harina de carne	55.6	3.60	0.89	1.64	2.85	2.9 3	0.6 6	1.7 2	1.64	0.3 4	2.52
Harina de ave	59.7	4.06	1.09	2.30	4.11	3.0 6	1.1 0	2.1 0	0.94	0.4 6	2.86
Gluten de maíz	60.7	2.02	1.31	2.54	10.2	1.1 1	1.6 3	3.9 6	2.07	0.4 3	3.09
Torta de soja	44.8	3.39	1.19	2.03	3.49	2.8 5	0.5 7	2.2 2	1.78	0.6 4	2.02
Soja integral	31.2	2.53	0.86	1.60	2.63	2.2 4	0.4 6	1.7 2	1.41	0.5 2	2.02
Trigo grano	12.9	0.64	0.30	0.51	0.89	0.3 6	0.2 1	0.6 3	0.37	0.1 7	0.59
Levadura cerveza	42.6	2.25	1.09	1.98	2.85	2.9 7	0.6 7	1.6 2	2.04	0.5 2	2.36

(Tomado de N.R.C., 1993)

Se han realizado muchos trabajos en torno a la sustitución de la harina de pescado por otras fuentes proteicas, tanto de origen animal como vegetal. En la siguiente tabla se exponen diferentes trabajos de las investigaciones de varios autores, centrados en la especie *Sparus aurata* en el que usa como fuente proteica el guisante.

Cuadro No 5. Resumen de trabajos realizados por diversos autores con sustituciones de harina de pescado por fuentes proteicas de origen vegetal.

Autor	Obs.	Fuente proteica	NS	Pf	TCI	TAD	ICA
Pereira <i>et al.</i> , 2002 Dorada.	Pi= 5 g Duración=84 días T ^a 22 °C	Guisante 44/10	0%	25,5	1,83		1,57
			5%	28,9	1,93	1,36	
			10%	25,6	1,83	1,48	
			5%	26,9	1,92	1,49	
			10%	22,6	1,67	1,80	
Chatzifotis <i>et al.</i> , 2004	Pi=13.7g Duración= 56 días T ^a 24.1°C	Alfalfa 55/10	0%	4,36a	1,95a	2,56	1,44
			7%	35,08b	1,69b	2,53	1,59
			14%	33,52b	1,63b	2,33	1,45
			21%	33,43b	1,56c	2,60	1,78
Hernández <i>et al.</i> , 2007 Experimento 1	Pi= 40-58 g Duración=64 días T ^a 26.4 °C	Soja 40/15	0%	120,1	1,44	2,02	1,51a
			20%	123,1	1,45	a	1,51a
			40%	116,1	1,36	2,04	1,79b
			60%	109,8	1,31	a	1,82b
Hernández <i>et al.</i> , 2007 Experimento 2	Pi= 175-216g Duración=91 días T ^a 26,6 °C	Soja 45/20	0%	360,7a	0,65	b	2,00a
			20%	331,4a	0,57	2,25	2,15a
			40%	b	0,63	b	2,13a
			60%	340,1a	0,55		2,46b
				b		1,26	
				319,6a		1,19	
						1,30	
			1,32				

Se realizó una sustitución parcial de harina de pescado por una fuente proteica de origen vegetal, la alfalfa. Se formularon tres dietas experimentales, a niveles de sustitución 7%,14% y 21%. Los resultados se compararon con una dieta control a base de harina de pescado, con 0% de sustitución. El experimento se inició con sargos de 13,7 g., con una duración de 56 días. Se obtuvieron diferencias significativas en el peso medio final y el TCI en las diferentes dietas, siendo el nivel de sustitución del 0% el más favorable. Los valores de la TAD no obtuvieron diferencias significativas, siendo muy semejantes. En cuanto a los índices biométricos de los peces, no se observaron diferencias. (Chatzifotis *et al.*, 2004)

Hernández *et al.*, (2007) recogen en sus trabajos el estudio del uso de soja como fuente alternativa a la harina de pescado en la dieta del sargo picudo. Se realizaron dos experimentos. En el primero los peces tenían un peso medio inicial de 40-58 g., con una duración del experimento de 64 días y en el segundo, los peces tenían un peso inicial de 175-216 g., con una duración de 91 días. Se formularon tres dietas con niveles de sustitución del 20%, 40% y 60% de harina de pescado por soja. Al final de la prueba no se encontraron diferencias significativas en cuanto al peso final y al nivel de crecimiento en el primer experimento. En el segundo experimento si que hubieron diferencias significativas siendo el de menor valor el de sustitución del 60%. La tasa de alimentación diaria no se obtuvo diferencias.

En los índices biométricos, no hubo diferencias significativas, exceptuando el índice hepatosomático, que fue menor en las dietas con niveles de sustitución del 40% y 60%.

En estudios realizados por Pereira *et al.*, (2002) se trabajó con el efecto de sustitución parcial de harina de pescado por harina de guisante en la dieta para juveniles de dorada. El guisante se estudió en dos tratamientos distintos de semilla, un grupo en el que la harina de guisante estaba desecada, extrusionada y

micromolida y un segundo grupo en el que la semilla estaba molida, entera y tratada. Todas ellas con niveles de sustitución del 10 y 20%. En la tasa de crecimiento y en el peso medio final no hubo diferencias significativas, aunque el peso medio final fue más elevado en el primer grupo. Los índices de conversión tampoco obtuvieron diferencias significativas.

7.2 Necesidades de lípidos

Los lípidos son fundamentales para los peces, no sólo como fuente de energía, sino también como vectores de algunas vitaminas liposolubles (A, D, K y E), pigmentos y determinados ácidos grasos esenciales. Su función como fuente energética adquiere mayor importancia en los peces dado el mal uso que de los carbohidratos suelen hacer la mayoría de ellos. (Guillaume *et al.*, 2004)

Los bajos niveles de grasa en la dieta o la deficiencia de ciertos ácidos grasos esenciales tienen efectos nocivos que van desde una despigmentación, hasta erosiones múltiples en la aleta caudal que, en casos extremos, llegan a una exteriorización de la columna vertebral, pueden reducir la tasa de crecimiento, así como la eficacia alimentaría, pudiendo provocar hasta la muerte del animal. La solución de estos síntomas se soluciona con la adición de determinadas grasas a la dieta, que aportan esos ácidos grasos que el pez es incapaz de biosintetizar. Pero además esta adición mejora el crecimiento de forma notable y ejerce un efecto de ahorro de las proteínas, lo que ha conducido a que los piensos comerciales usados en piscicultura contengan de un 8 a un 28% de materia grasa. Sin embargo los salmones crecen bien con un 16% de grasa y las truchas pueden soportar tasas de incorporación de lípidos de hasta 25% sin perjudicar su crecimiento y salud. La fijación de estos niveles óptimos y de máxima tolerancia siempre deberá tener en cuenta la especie, la edad, el tipo de grasa, etc. (Guillaume *et al.*, 2004)

El principal riesgo de la utilización de la utilización de la grasa en el pienso es su autooxidación, que puede provocar perturbaciones graves en el animal tales como

degeneración lipídica en el hígado (hígado graso), alteraciones renales, acumulación de colesterol y a veces produce la muerte del pez. Otro de los riesgos es la obtención de una razón energía digestible/proteína digestible (DE/DP) desajustada por una elevada cantidad de lípidos en la dieta, lo que resultaría en una excesiva deposición de grasa en la cavidad visceral y en los tejidos produciendo una reducción en la calidad del pez. (Guillaume *et al.*, 2004)

En general la digestibilidad de la grasa es bastante buena en los peces, está influenciada por una serie de variables como son; la naturaleza de la propia fuente lipídica, su porcentaje en la dieta, la temperatura del agua etc. (Guillaume *et al.*, 2004)

Dada la escasez del tracto digestivo de los peces, es de esperar que estos usen muy deficientemente las dietas con niveles apreciables de grasas sólidas de origen animal. (Zamora y Rubio, 2006)

La cantidad de lípidos aconsejable en las raciones de los peces no sólo viene marcada por el nivel proteico de la dieta, sino que existe un motivo tecnológico (alrededor de un 21% de importancia) a la hora de compactar los gránulos de alimento con exceso de grasa. (Zamora y Rubio, 2006)

7.3 Necesidades de carbohidratos

Se conoce que los carbohidratos no son nutrientes esenciales para los peces en general, sólo les supone una fuente energética secundaria, pero el que sean capaces de conseguir un mayor o menor aprovechamiento de este macronutriente va a depender de que el pez sea carnívoro, herbívoro u omnívoro, o de que sea un pez de agua cálida, los cuales pueden utilizar mucho mejor los carbohidratos que los peces de agua fría o marinos. (Zamora y Rubio, 2006)

La capacidad de absorción de los peces no es igual para todos los glúcidos, el coeficiente de digestibilidad varía en función de diversos factores. La digestibilidad

disminuye conforme aumenta la complejidad estructural y el peso molecular de los carbohidratos. La digestibilidad de los glúcidos simples es más elevada que la de los más complejos. (Guillaume *et al.*, 2004)

La cantidad de glúcidos consumidos por peces carnívoros en condiciones naturales es muy baja, por lo que no existen requerimientos mínimos de carbohidratos para los peces. Sin embargo dado que son la fuente energética más económica, y que su utilización por el pez supondría además un ahorro de proteínas y lípidos como fuente de energía, su inclusión en la dieta es una práctica generalizada, aunque sean peor digeridos y absorbidos que los otros macronutrientes. (Zamora y Rubio, 2006)

7.4 Necesidades energéticas

Los peces tienen necesidades energéticas diferentes de las que poseen los animales terrestres, ya que son animales poiquilotermos y amoniotélicos, por lo que no tienen que gastar energía en mantener su temperatura corporal y convierten el nitrógeno de las proteínas en amoníaco, lo que es un proceso energéticamente más económico, además del menor gasto de energía que precisan para mantener la posición del cuerpo en el agua, con tasas metabólicas reposo por parte de los vertebrados poiquilotermos de 10 a 30 veces menores que las de los mamíferos. No obstante la tasa metabólica y, por tanto, los requerimientos energéticos, están condicionados por una serie de factores bióticos y abióticos tales como la especie, el tamaño del animal, la fase del ciclo biológico, la temperatura del agua, el contenido en oxígeno del agua, la salinidad del agua, el ejercicio desarrollado, el tipo de alimentación, etc. (Zamora y Rubio, 2006).

7.5 Necesidades en vitaminas y minerales

Las vitaminas son compuestos orgánicos necesarios para el organismo animal, no sintetizables y que no son aminoácidos esenciales o ácidos grasos esenciales. En los peces el papel de la flora intestinal está muy limitado y la alimentación constituye la fuente casi exclusiva de vitaminas. (Zamora y Rubio, 2006)

Las vitaminas se clasifican en dos grupos: las cuatro vitaminas liposolubles (vitaminas A,D,E, y K) o vitaminas del grupo A. solubles en aceites y sus solventes, y las once vitaminas hidrosolubles que suelen relacionarse con el grupo B. (Zamora y Rubio, 2006)

Los peces, al igual que los animales terrestres tiene requerimientos de minerales como constituyentes de ciertos tejidos o de ciertas moléculas, como cofactores enzimáticos o participando en el equilibrio iónico intra- y extra-celular, así como en la regulación de las funciones endocrinas. (Zamora y Rubio, 2006)

La capacidad de los peces, al igual que la de otros animales acuáticos, de absorber los minerales a partir del agua. Se conocen siete macro-nutrientes (calcio, fósforo, potasio, magnesio, sodio, cloro y azufre) y quince oligoelementos (hierro, zinc, manganeso, cobalto, cobre, yodo, selenio, flúor, níquel, vanadio, silicio , estaño, cromo y aluminio).(Zamora y Rubio, 2006)

8. DISEÑO EXPERIMENTAL

8.1 Condiciones experimentales de los peces

Para el trabajo se emplearon 348 peces procedentes de CULTIPEIX (empresa Piscícola), con un peso medio inicial de 57.1 g.

Las dietas se ensañaron por triplicado. La alimentación se realizó dos veces al día, una por la mañana y otra toma por la tarde, a saciedad. Exceptuando los sábados, que se alimentó una única toma por la mañana.

El estudio duró 32 semanas. El crecimiento fue controlado por muestreos cada mes y para agilizar estos se empleó como anestésico esencia de clavo.

8.2 Piensos experimentales

Los piensos experimentales utilizados en este experimento fueron elaborados en la Fábrica de Piensos del Departamento de Ciencia Animal de la Universidad Politécnica de Valencia, por el método de cocción-extrusión. Se empleó un extruder semi-industrial de la casa *Clextral* modelo *BC45*



Figura No 14. Extruder semi-industrial de la casa Clextral modelo BC 45

Se fabricaron 4 tipos de piensos, utilizando como fuente proteica la Harina guisante (Cuadro No 6) denominados G-0, G-20, G-40 y G-60. Cada pienso con un nivel de sustitución de harina de pescado por harina de guisante: 0, 20, 40 y 60 %, respectivamente. En el pienso G-0 no hubo sustitución, sirvió de dieta control como comparación de otros ensayos.

Cuadro No 6. Composición de la harina de guisante (% MS).

MATERIA PRIMA	MS	PB	GB	Cenizas
Harina de Guisante	90,82	60,38	5,25	5,33

Los piensos se fabricaron, mezclando individualmente cada uno de los ingredientes secos (harinas, aceites, vitaminas y aglutinante). Se realizó un premezclado de todos ellos, exceptuando las vitaminas que se adicionaron posteriormente para evitar pérdidas y los aceites, para evitar que se formaran grumos. Tras éste proceso se procedió a la molienda con un molino de martillos y tras ésta, se introdujeron todos los ingredientes en la mezcladora, donde se adicionaron las vitaminas. El aceite de pescado se adicionó cuando los ingredientes previamente se hubieron mezclado adecuadamente. Por último, el pienso fue extrusionado con una velocidad, temperatura y presión adecuadas.

Cuadro No 7 Ingredientes (g/Kg.) y composición de las dietas experimentales.

Tratamiento	G-0	G-20	G-40	G-60
Harina pescado	604,06	485,45	365,73	247,12
Guisante	0	175,9	353,0	528,9
Trigo	263,7	198,6	132,4	67,29
Dextrina	50,0	50,0	50,0	50,0
Complejo Vitamínico ¹	0,63	0,63	0,63	0,63
Complejo mineral ²	0,22	0,22	0,22	0,22
Vitamina C	0,15	0,15	0,15	0,15
Aceite soja	51,0	51,0	51,0	51,0

Aceite pescado	100,0	104,0	108,0	112,0
Metionina	0	1,3	2,5	3,7

¹ **Vitaminas:** A: 10000 UI/kg; D3: 3000 UI/Kg.; E:120 mg; K3: 10 mg; B1: 25 mg; B2: 25 mg; B6: 16.5 mg; B12: 0.03 mg; H: 0.76 mg; **Ácido Pantoténico:** 80 mg; **Ácido Nicotínico:** 150 mg; **Ácido Fólico:** 7.5 mg; **Inositol:** 75 mg. ²**Minerales:** Zn, 5; Se, 0.02; I, 0,5; Fe, 0.2; CuO, 15; Mg, 5.75; Co, 0.02; excpt. 1000 g (Dibaq-Diproteg).

Cuadro No 8. Análisis propio de las dietas experimentales (% MS)

	G-0	G-20	G-40	G-60
M.S.	91,99	92,40	92,79	92,79
Cenizas	10,04	8,98	7,96	7,04
PB	42,16	43,37	43,61	44,13
GB	18,80	19,00	19,26	18,70
Fibra	0,48	0,52	0,71	1,16
CHO	28,52	28,13	28,46	28,97
E.B.	20,77	21,14	21,43	21,42

8.3 Rutina de trabajo

Diariamente se realizaron una serie de operaciones para asegurar el bienestar de los animales y el adecuado funcionamiento de la instalación.

8.3.1 Revisión general de la instalación

Se comprobó diariamente el funcionamiento de todos los equipos y elementos del laboratorio.

Se revisaron el funcionamiento del filtro rotatorio, del sistema de bombeo y de aireación, el nivel del agua de la canaleta principal y las entradas y salidas de agua de los tanques.

También diariamente se hacia un control de los peces muertos que se retiraban y pesaban una vez terminada la toma matinal.

8.3.2 Control de crecimiento.

Para conocer la evolución del crecimiento de los animales, cada 27 días se realizaron muestreos de peso. Antes de estos los peces ayunaban 24 horas antes. Se extraían los peces correspondientes a un mismo tanque, seguidamente se colocaron en cubas llenas de agua en las que se añadía la esencia de clavo, para facilitar el manejo de los animales.

Durante los muestreos realizados al principio y al final, los peces fueron pesados individualmente, mientras que en los muestreos intermedios se pesaron de 2-5 peces, dependiendo del tamaño. Una vez pesados, los peces se devolvían a sus correspondientes tanques.

Los parámetros de crecimiento y eficiencia nutritiva se obtuvieron mediante las siguientes expresiones:

§ Supervivencia (%):

$$\text{Supervivencia} = (\text{n}^{\circ} \text{ peces (finales)} / \text{n}^{\circ} \text{ peces (iniciales)}) * 100$$

§ Tasa de crecimiento instantáneo (%/día):

$$\text{TCI} = ((\ln (\text{peso medio final}) - \ln (\text{peso medio inicial})) / \text{tiempo}) * 100$$

§ Tasa de alimentación diaria (%/día):

$$\text{TAD} = (\text{Ingesta total} / ((\text{Biomasa final} + \text{Biomasa inicial}) / 2 \times \text{tiempo})) * 100$$

§ Coeficiente de eficacia en crecimiento:

$$\text{CEC} = (\text{Incremento de biomasa}) / (\text{Ingesta proteica})$$

§ Índice de conversión del alimento:

$$\text{ICA} = ((\text{Ingesta total}) / (\text{Biomasa (final)} - \text{Biomasa (inicial)}))$$

Expresiones empleadas para el cálculo de los parámetros económicos:

§ Índice de conversión económico (€/Kg.):

$$\text{ICE} = \text{ICA} \times \text{coste del alimento (€/Kg.)}$$

8.4 Métodos analíticos

Las muestras del presente experimento de piensos fueron analizadas en el laboratorio de la Unidad de Alimentación del Departamento de Ciencia Animal de la Universidad Politécnica de Valencia.

De cada muestra obtenida se realizaron tres repeticiones, para asegurar la veracidad de los resultados.

8.4.1 Determinación de materia seca

Materiales:

- Estufa de desecación
- Crisoles de porcelana
- Pinzas metálicas
- Desecador de cloruro cálcico o similar
- Balanza de precisión 0,0001 g.

Procedimiento:

- El análisis se realizó por triplicado.
- Deshidratar los crisoles de porcelana numerados en su base en la estufa a 105°C durante 10 a 12 h.
- Dejar enfriar en desecador y pesar los crisoles vacíos.
- Colocar en el crisol 3 gr. de muestra y pesar el crisol con la muestra.
- Llevar a la estufa y deshidratar durante 24 h al menos.
- Sacar de la estufa, dejar enfriar en el desecador y pesar de nuevo.

Cálculos:

A: peso del crisol

B: peso del crisol con la muestra

C: peso del crisol con la muestra desecada

MS: materia seca

$$MS (\%) = (C-A)/(B-A) * 100$$

8.4.2 Determinación de las cenizas

Las cenizas son el residuo que se obtiene tras calcinar la muestra a peso constante.

Materiales:

- Crisoles de porcelana
- Desecador de cloruro cálcico
- Mufla de incineración Estufa de desecación
- Pinzas metálicas
- Balanza

Metodología:

Una vez se ha determinado la materia seca, se precalcina la muestra hasta que deje de emitir humos y se introducen los crisoles a 550°C (durante 5 horas). Transcurridas esas horas, se dejan las muestras dentro del aparato al menos una hora, para no quemar nos por el calor que desprende. Después se introducen los crisoles en la estufa de desecación durante un tiempo, para que el cambio de temperatura no sea brusco.

Finalmente, se pasan las muestras a un desecador. Una vez fríos, se procede a pesarlos.

Cálculos:

A: peso del crisol

B: peso del crisol con la muestra

C: peso del crisol con las cenizas

$$\text{Cenizas (\%)} = (C-A) \cdot 100 / (B-A)$$

8.4.3 Determinación de la proteína bruta (Kjeltec):

Materiales:

- Papel de filtro o de fumar
- Tubos de digestión Kjeldahl
- Dispensador automático de 15 ml
- Batería de digestión con extractor de vapores (2020 Digestor)
- Destilador de arrastre de vapor (Kjeltec 1030)
- Frasco lavador de agua
- Espátula
- Balanza de precisión de 0,0001 g.

Metodología:

Para la determinación de la proteína bruta se realizan dos fases: ataque y destilación, que se explican a continuación:

Ataque:

Se pesan 0,5 gramos de la muestra en un papel de fumar, tarado y se deposita en el fondo de un tubo de vidrio. Se añade una pastilla de catalizador (0,5 g.) y 15 ml. de ácido sulfúrico concentrado. Introducimos la gradilla de tubos en el digestor, permaneciendo a 420 °C durante una hora, hasta que la muestra adquiere un color apropiado. En esta fase el nitrógeno de la muestra se transforma en sulfato amónico.

Apagamos el digestor y enfriamos los tubos durante 30 minutos a temperatura ambiente.

Añadimos 50 ml. de agua destilada a cada uno de los tubos.

Destilación

Colocamos el tubo en la unidad de destilación, se añaden automáticamente 50 ml. de hidróxido sódico al 40, que transforma el NH_4 en amoníaco (NH_3). El destilado de amoníaco va pasando por una serie de soluciones. La valoración se realiza con ácido clorhídrico (HCl) 0,1 N, de factor conocido. El resultado aparece como

milímetros gastados, descontados los empleados en la valoración de tubos testigos (sometidos al mismo proceso pero sin muestra, únicamente con papel de fumar). Cuando se ha terminado el análisis de un tubo, lo extraemos y pasamos al siguiente, al finalizar se deben pasar varios tubos con agua destilada para limpiar el aparato.

Cálculos:

A: peso de la muestra

B: mililitros gastados de HCl

f: factor de HCl

PB: proteína bruta

$$PB(\%) = (B \cdot 0,1 \cdot f \cdot 14 \cdot 0,001 \cdot 6,25 \cdot 100) / A = B \cdot 0,875 / A$$

8.4.4 Determinación de la grasa bruta

Se entiende por grasa total o bruta al residuo que queda después de evaporar a 100 °C el extracto etéreo total obtenido en la muestra.

Materiales:

- Aparato extractor Soxtec
- Estufa de desecación
- Desecador de cloruro cálcico
- Cartuchos de extracción con dedales metálicos
- Balanza de precisión de 0,0001 g.

Reactivos:

Éter dietílico.

Procedimiento:

El análisis se realizó por triplicado.

Se pesan 1-1,5 g de muestra en un cartucho de extracción, previamente tarado en un vaso de precipitado. Previamente se habrá conectado el aparato y abierto la

refrigeración. En la parte inferior se colocan los vasos, previamente pesados y con 40 ml de éter.

Cuando se alcance la temperatura de trabajo, se mantiene 30 minutos en posición BOILING y 60 minutos en posición RISING. Seguidamente se cierran las llaves de los refrigerantes y se mantienen así durante 30 minutos, finalmente se conecta el AIRE y se abre la palanca de EVAPORATION durante 30 minutos más.

Cálculos:

A=Peso de la muestra.

B=Peso del vaso receptor

C=Peso del vaso receptor con el extracto

$$\%GB = ((C-B)/A) * 100$$

9. RESULTADOS DE EXPERIMENTO DE SUSTITUCION DE HARINA DE PESCADO POR GUISANTE EN ALIMENTACION DE DORADA *Sparus aurata*

9.1 Resultados Mensuales:

9.1.1 Crecimiento y supervivencia

La aceptación por parte de los organismos a estas sustituciones fue aparentemente bien asimilada, un ejemplo de esta es la supervivencia final del 99.3%

En la Figura 15 se observó la evolución de la ganancia de peso medio de las tres dietas experimentales a lo largo de los 218 días que duró el experimento, siendo la ganancia de peso positiva con una línea ascendente durante este tiempo

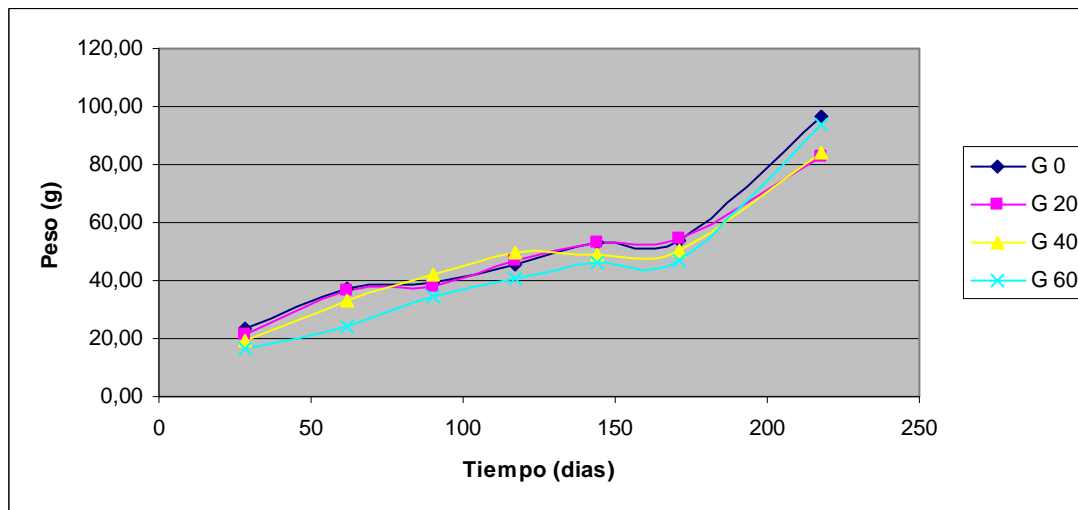


Figura No 15 Evolución del peso (g) de los diferentes piensos durante el tiempo del experimento.

Como se pudo observar en la Figura No 15 el crecimiento durante los primeros 171 días los piensos G-0, G-20 y G40 tienen un crecimiento muy similar pero después se observa un crecimiento acelerado del pienso G-60 que al final de la prueba llegó a tener un crecimiento similar al del testigo, superando con esto el crecimiento de los demás piensos.

Cuadro No 9 Ganancia de peso promedio durante los 218 días de la prueba

	28	62	90	117	144	171	218
G- 0	23,52	37,28	39,63	45,60	52,77	53,95	96,58
N=3	± 0.91	±2.98	±0.41	±1.47	±1.89	±2.04	±3.20
G- 20	21,61	36,40	38,23	47,17	52,83	54,75	82,72
N=3	± 0.91	±2.98	±0.41	±1.47	±1.89	±1.87	±3.20
G- 40	19,50	32,77	41,98	49,68	49,10	50,16	84,29
N=3	± 0.91	±2.98	±0.41	±1.47	±1.89	±1.64	±3.20
G- 60	16,40	23,98	34,36	40,67	46,02	46,87	93,96
N=3	± 0.91	±2.98	±0.41	±1.47	±1.89	±3.32	±3.20

Test Newman-Keuls

También se monitoreo el crecimiento por medio de la Tasa de Crecimiento Instantáneo (TCI) como se muestra el cuadro No 10 y en la Figura No 16 la cual nos muestra el porcentaje de crecimiento diario, se puede observar que durante todo el experimento no hubo variaciones significativa, únicamente el pienso G-40 que durante el día 90 mostró una pequeña diferencia con el comportamiento de los demás piensos. Se mostró también que durante el crecimiento los valores del TCI fueron disminuyendo como era de esperarse por el aumento del peso que tienen los peces.

Cuadro No 10 Tasa de Crecimiento Instantáneo (TCI) durante los 128 días de prueba

	28	62	90	117	144	171	218
G 0	1,35	1,41	1,20	0,96	0,86	0,72	0,57
N=3	±0.05	±0.14	±0.017	±0.44	±0.036	±0.02	±0.019
G 20	1,25	1,27	1,16	1,02	0,88	0,74	0,50
N=3	±0.05	±0.09	±0.014	±0.032	±0.032	±0.02	±0.018
G 40	1,12	1,04	1,25	1,09	0,82	0,69	0,53
N=3	±0.05	±0.09	±0.011	±0.028	±0.031	±0.02	±0.014
G 60	0,98	0,64	1,05	1,02	0,91	0,71	0,67
N=3	±0.05	±0.15	±0.02	±0.06	±0.06	±0.02	±0.03

Covariable: peso medio inicial. Test Newman-Keuls

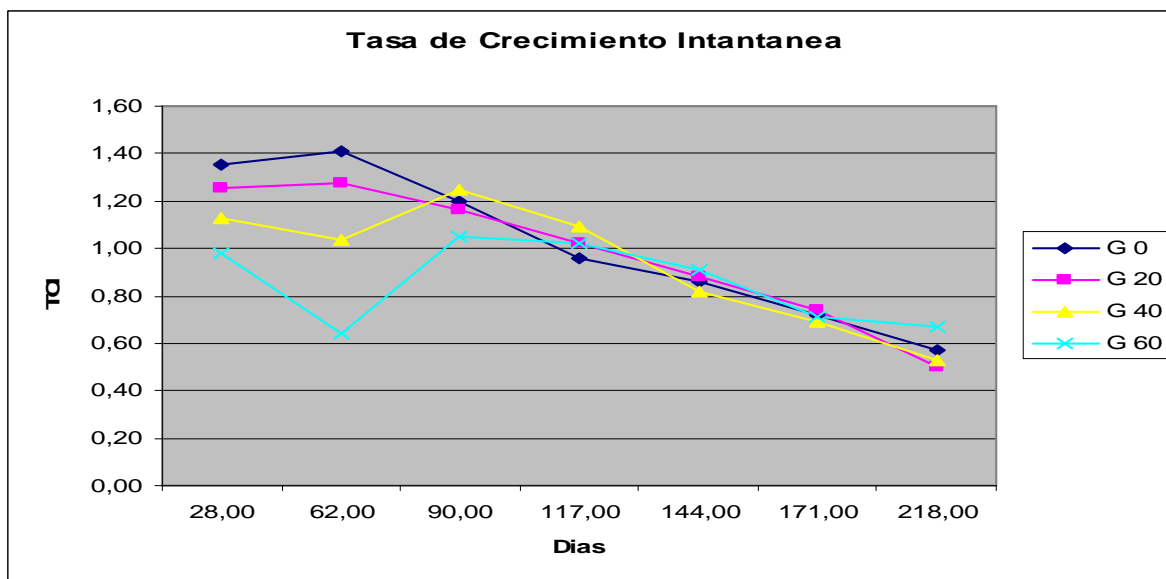


Figura No 16 Comportamiento del TCI durante los 128 días de prueba.

9.1.2 Aprovechamiento Nutritivo

9.1.2.1 Tasa de Alimentación Diaria (TAD)

Después del análisis de los resultados de la Tasa de Alimentación Diaria durante los 218 días de prueba se pudo observar solamente una diferencia que existe

entre el pienso G-60 y el resto, esto se puede deberse al grado de sustitución de harina de pescado que este tiene.(Cuadro No 11)

Cuadro No 11 Tasa de alimentación diaria durante los diferentes muestreos.

	28	62	90	117	144	171	218
G 0	2,31	2,02	2,01	1,87	2,02	2,17	1,62
N=3	±0.98	±0.074	±0.04	±0.71	±0.04	±0.05	±0.057
G 20	2,22	2,07	2,01	1,74	1,86	2,07	1,57
N=3	±0.98	±0.074	±0.04	±0.71	±0.04	±0.05	±0.057
G 40	2,24	2,18	2,33	1,97	2,01	2,05	1,64
N=3	±0.98	±0.074	±0.04	±0.71	±0.04	±0.05	±0.057
G 60	2,06	2,04	2,43	2,43	2,25	2,10	1,77
N=3	±0.98	±0.074	±0.04	±0.71	±0.04	±0.05	±0.057

Test Newman-Keuls

En la Figura No 17 se puede observar como el TAD disminuye a medida que el tiempo del experimento avanza, esto se debe al igual que en el TAD por el crecimiento que van teniendo los peces.

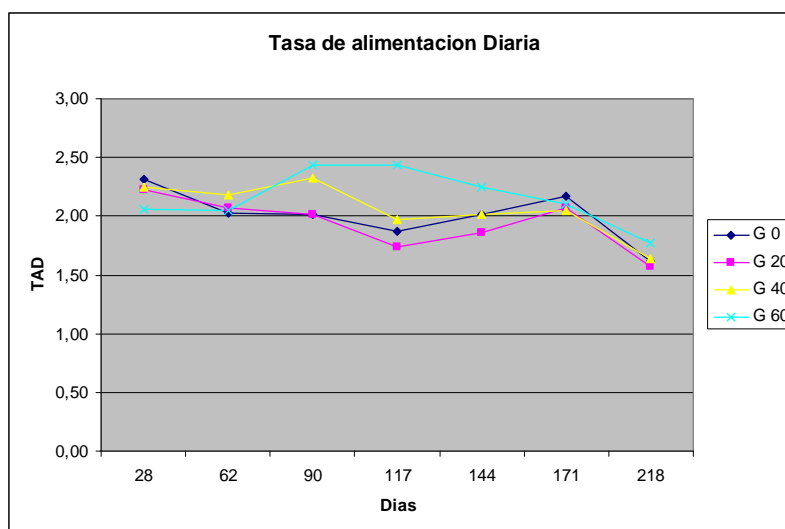


Figura No 17 Evolución de la tasa de alimentación diaria a lo largo del experimento.

9.1.2.2 Índice de Conversión Alimenticio (ICA)

En el Cuadro No 12 se indican los valores del Índice de Conversión Alimenticio obtenidos durante todo el experimento, se puede observar que al inicio el pienso G-60 presenta una diferencia en comparación al resto pero a medida que avanza el tiempo este es el que llega a tener el mejor de ICA de la prueba. Y observando el comportamiento de los demás piensos no se notan diferencias significativas al final de la prueba se pueden notar que los piensos que presentaron mejores valores fueron el G-0, G-40 y G60, aunque el pienso G-20 presenta los mejores valores de ICA del día 0 al día 171.

Cuadro No 12 Índice de conversión alimentario durante los diferentes muestreos

	28	62	90	117	144	171	218
G -0	1,77 ±0.1643	1,76 ±0.15	1,82 ±0.03	1,96 ±0.063	2,36 ±0.047	3,04 ±0.16	2,82 ±0.19
G -20	1,81 ±0.1643	1,79 ±0.15	1,83 ±0.03	1,71 ±0.063	2,09 ±0.047	2,82 ±0.16	3,27 ±0.19
G- 40	1,97 ±0.1643	1,98 ±0.15	1,87 ±0.03	1,82 ±0.063	2,45 ±0.047	2,97 ±0.16	2,91 ±0.19
G- 60	2,14 ±0.1643	2,40 ±0.15	2,08 ±0.03	2,36 ±0.063	2,42 ±0.047	3,09 ±0.16	2,65 ±0.19

Test Newman-Keuls

En la Figura No 18 se puede observar el comportamiento del ICA durante los 218 días de la prueba.

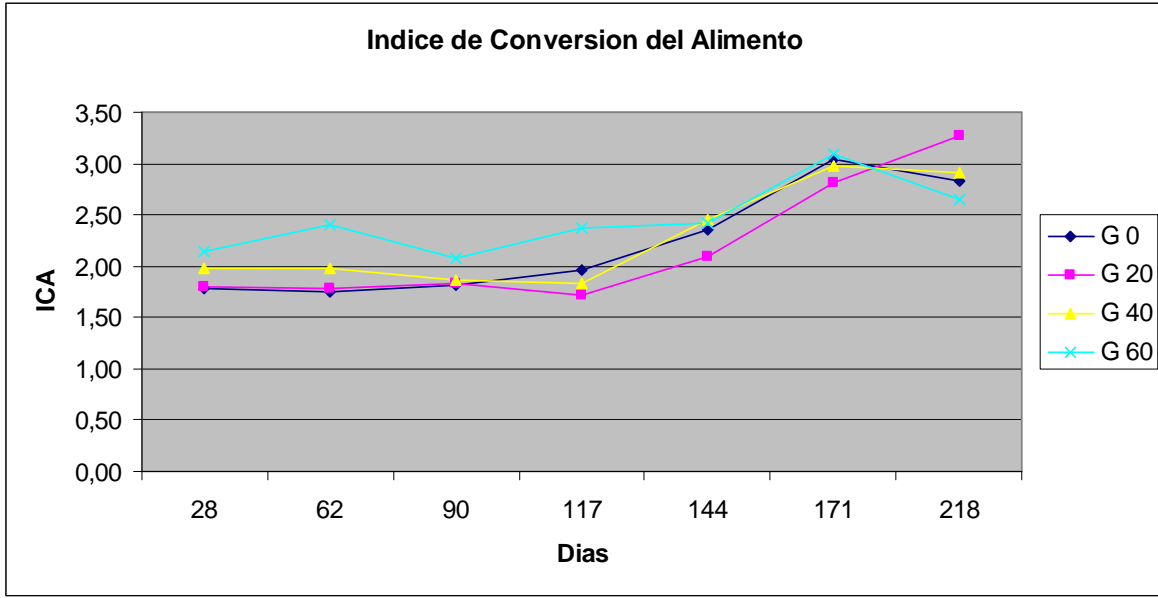


Figura No 18 Comportamiento del Índice de Conversión del Alimento durante todo el experimento

9.2 Resultados Globales:

Durante los 218 días de prueba no se observan diferencias significativas dentro de los piensos G-0, G20 y G-40 que mantienen valores muy similares, por lo que la aceptación de la sustitución de la harina de pescado por harina de guisante fue adecuada. Únicamente el pienso G-60 presenta valores un poco bajos en comparación del resto aunque se puede observar en las graficas anteriores (Figura No 16, 17 y 18) que después del día 170 se observa una mejor asimilación y mejoran los niveles de los parámetros analizados en comparación del resto de piensos.

También se puede notar que en los diferentes piensos experimentales (G-20, G40 y G60), no se observaron empeoramientos progresivos debido el aumento de la sustitución de la harina de pescado.

Cuadro No 13 Efecto de los tratamientos utilizados en los parámetros de crecimiento y eficiencia nutritiva en la Dorada *Sparus aurata* durante el experimento.

	PI	PF	TCI	ICA	TAD
G- 0	52,33	401,66	0,93	2,30	1,59
N=3	±0.62	±8.31	±0.009	±0.10	±0.06
G- 20	51,82	386,01	0,92	2,39	1,67
N=3	±0.62	±8.31	±0.009	±0.10	±0.06
G- 40	51,12	378,61	0,92	2,37	1,66
N=3	±0.62	±8.31	±0.009	±0.10	±0.06
G- 60	51,53	353,80	0,88	2,57	1,75
N=3	±0.62	±8.31	±0.009	±0.10	±0.06

Test Newman-Keuls

Durante toda la prueba se observó (Figura No 19) que la Tasa de Crecimiento instantánea a medida que el pienso va teniendo un mayor grado de sustitución esta va disminuyendo aunque la diferencia no es muy marcada como ya se mencionó entre los piensos G-0, G20 y G-40

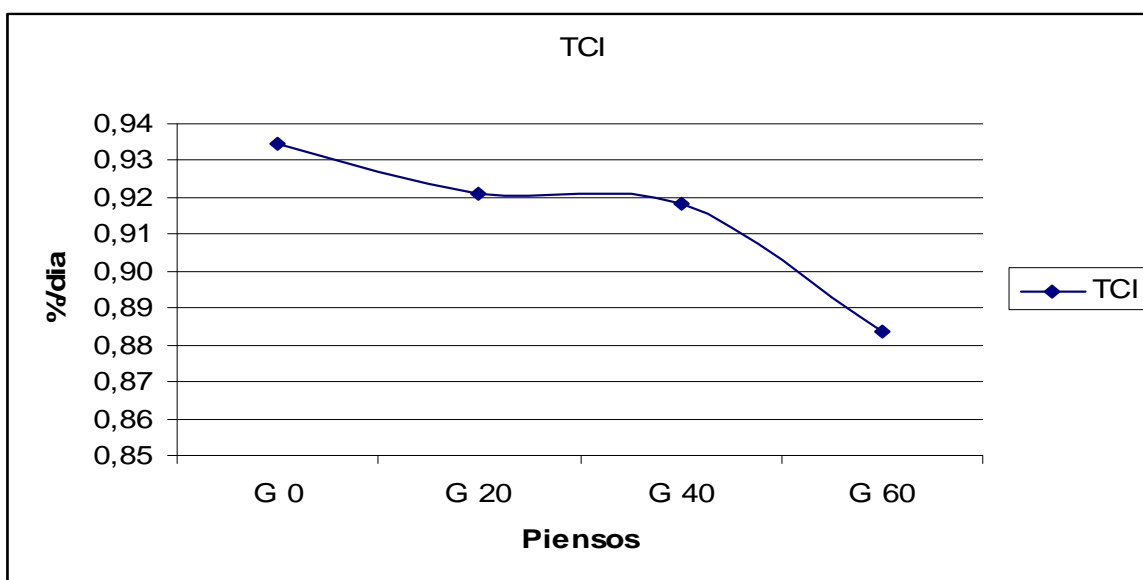


Figura No 19 Comparación de los resultados finales de TCI entre los diferentes piensos

Los Valores del Índice de Conversión alimentario se puede observa que al final de la prueba los piensos que contaban con menor nivel de sustitución fueron los que presentaron mejores valores de ICA, aunque la diferencia entre los igual que en el TCI de los piensos G-0, G-20 y G40 fueron mínimas.

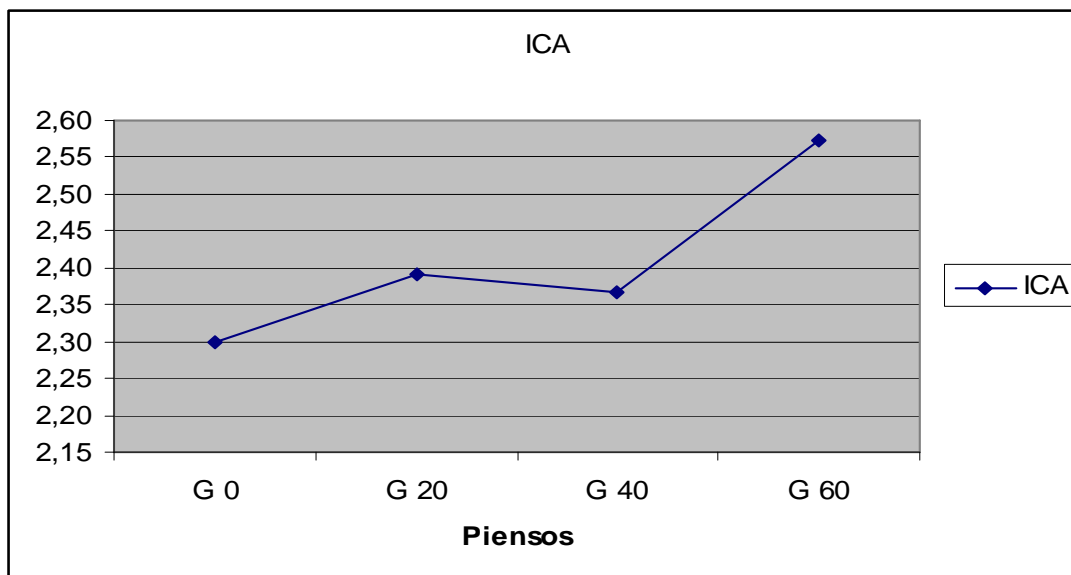


Figura No 20 Comparación de los resultados finales de ICA entre los diferentes piensos

9.2.1 Índices Económicos

El análisis económico se realizó en base a los piensos, y esto se calculó con el precio de los distintos materiales utilizados para su elaboración. (Cuadro No 14)

Cuadro No 14 Materias primas utilizadas y el precio por kilogramo

Materias primas	Precios
Harina de pescado	1,03 €/Kg.
Guisante (50% PB)	0,62 €/Kg.
Trigo	0,19 €/Kg.
Aceite de soja	0,57 €/Kg.
Aceite de pescado	0,67 €/Kg.
Metionina	2,27 €/Kg.
Complejo Vitamínico	7,45 €/Kg.

Complejo mineral	0,50 €/Kg.
Vitamina C	4,2 €/Kg.
Dextrina	1,0 €/Kg.

Al final del análisis económico como era de esperarse en pienso de costo mas alto fue el G-0 con un valor de 0.82€/Kg. y el de menor costo fue el G-60 con un costo de 0.76 €/Kg. esto se debe a la influencia del valor de la harina de pescado sobre el valor final de los piensos.

Cuadro No 15. Parámetros económicos de la elaboración de los piensos

	Precios Por kg	ICE
G- 0	0,82	1,80 €
G- 20	0,80	1,87 €
G-40	0,78	1,85 €
G- 60	0,76	2,02 €

Aun siendo el pienso G-0 el de mayor costo, al final de la prueba se pudo observar por medio del Índice de Conversión Alimenticio (ICE) que es el que resulto ser mas eficiente de los cuatro piensos, y de los que contaban con sustitución resulto ser el G-40 con 1.85 €/kg

9.3 Discusión del Experimento:

9.3.1 Parámetros Globales de Crecimiento y Eficacia Nutritiva

Como se pudo observar el nivel de sustitución de los piensos aparentemente no altero el sistema fisiológico de los peces, esto puede verse reflejado en los niveles de supervivencia que se obtuvieron durante todo el experimento, así también el nivel de ganancia de peso que se observo durante la prueba fue muy similar dentro de los distintos tipos de sustitución, solamente el G-60 presento valores bajos durante los primero 171 días de la prueba pero después de este tiempo hasta el final de la prueba que fue el día 218 se observó que tuvo un nivel de ganancia de peso mejor que el de los piensos G-20 y G-40.

También, observando los índices de crecimiento se pudo notar que los valores de TCI que se obtuvieron durante toda la prueba fueron muy similares y homogéneos

Dentro de los diferentes niveles de sustitución, así también por medio del ICA se pudo observar un comportamiento muy similar al de la ganancia de peso ya que del día 0 al 171 el G-60 mostró un ICA muy elevado pero después del muestreo del día 171 al muestreo final que fue el día 218 se observó una disminución incluso siendo menor al de el resto de los piensos. Esto podría deberse a una mejor asimilación como consecuencia de una adaptación a este nivel de sustitución en su alimento.

9.3.2 Factores Económicos

El Índice de Conversión Económico que mostró mejores resultados fue el G-0 con 1,80 €, mientras que de los piensos que contaban con niveles de sustitución el que mejor valor de ICE presento fue el G-40 con 1,85 €, siendo este mejor asimilado que el resto de piensos que contaban con algún nivel de sustitución.

9.4 Conclusiones del Experimento

Después de observados los resultados de este experimento de sustitución de fuente proteica de Harina de pescado por Guisante como una alternativa al encarecimiento de la harina de pescado en el mercado mundial se concluye que:

El guisante puede ser utilizado como sustituto de harina de pescado hasta un nivel del 40%, para poder así reducir los costos de producción de piensos y no depender de gran manera de la harina de pescado. Sin que este nivel de sustitución afecte el crecimiento de la especie en medios de cultivo.

10. CONCLUSIÓN

Una vez terminada esta práctica con duración de dos meses, en la que se trabajó en experimentos de sustitutos de fuentes proteicas para piensos de especies marinas en el Departamento de Ciencia Animal de la Universidad Politécnica de Valencia, se concluye que:

10.1 Fue de gran ayuda en la formación profesional ya que cotribuye en la ampliación de criterio en un entorno real y práctico de lo que es la carrera de acuicultor y de la importancia de actual y futura en la seguridad alimentaría de las poblaciones. Así como en la preservación de los recursos naturales.

10.2 Se observaron nuevos campos para la carrera como es el área de investigación, ya que la acuicultura siendo una carrera relativamente nueva a nivel mundial es necesario el desarrollo de información para poder prever nuevos problemas que se presentaran a medida que avanza, como es el caso del experimento que se mostró, en el que se prevé el agotamiento de la harina de pescado y se empiezan a buscar nueva alternativas.

10.3 El guisante puede ser utilizado como sustituto de harina de pescado hasta un nivel del 40%, para poder así reducir los costos de producción de piensos y no depender de gran manera de la harina de pescado. Sin que este nivel de sustitución afecte el crecimiento de la especie en medios de cultivo.

11. RECOMENDACIONES

11.1 Que el tiempo de duración de las practicas sea mayor de manera que futuros estudiantes que realicen esta actividad, puedan acoplarse de mejor manera a las actividades que se desarrollen en los lugares que les sean asignados para de poder conocer mejor su área elegida.

11.2 Que el CEMA como institución desarrolle y pueda contar con un área de Relaciones Internacionales, ya que en Universidades como la Politécnica de Valencia cuenta con programas internacionales de intercambio y apoyo para América Latina.

11.3 Buscar en Guatemala alternativas de sustitución de harina de pescado, con productos propios de nuestro país como es el caso del Maíz y el arroz que tienen alto contenido proteico.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. Arias, AM. 1980. Crecimiento, régimen alimentario y reproducción de la dorada (*Sparus aurata* L.) y de la lubina (*Dicentrarchus labrax* L.) en los esteros de Cádiz. *Revista de Investigaciones Pesqueras* 44(1):59-83.
2. Arias, AM; Drake, P. 1990. Estados juveniles de la ictofauna en los caños de las salinas de la Bahía de Cádiz. Cádiz, Instituto de Ciencias del Mar. 163 p.
3. Ben-Tuvia, A. 1979. Studies of the population and fishes of *Sparus aurata* in the Bardawil Lagoon, eastern Mediterranean. *Revista de Investigaciones Pesqueras* no. 43: 43-67
4. Borlongan, G; Eusebio, PS; Welsh, T. 2003. Potential of feed pea (*Pisum sativum*) meal as a protein source in practical diets for milkfish (*Chanos chanos* Forskal). *Aquaculture Magazine* no. 225: 89 -98
5. Chatzifotis S; Garcia E; Divanach, P. 2004. Fishmeal replacement by alfalfa protein concentrate in sharp snout sea bream *Diplodus puntazzo*. *Fisheries Science Magazine* no. 72:1313-1315
6. Corbera, J; Sabater, A; Garcia, R. 1991. Peces del mar de la Península Ibérica. España, El Planeta. 312 p.
7. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2006. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2006 (En línea). Roma, FAO. Consultado 25 oct 2007. Disponible en <http://www.fao.org/fi/fcp/es/CHL/profile.htm>
8. Guillaume, J; Kaushik, S; Bergot, P; Métailler, R. 2004. Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa. 471 p.

9. Hernández, MD; Egea, MA; Rueda, FM; Martínez, FJ; García, B. 2003. Seasonal condition and body composition changes in sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) raised in captivity. *Aquaculture Magazine* no. 220:69-80
10. Mena, C; Garcia, B. 2002. Importancia de la proteína vegetal en la dieta natural de poblaciones salvajes de Sargo Picudo *Diplodus puntazzo* (Cetti,1777): sus implicaciones en el cultivo intensivo. *Aquatic Magazine* no. 17: 34-32
11. Pascual, E; Yufera, M; Pólo, A. 1989. Efecto del fotoperíodo sobre la puesta de dorada, *Sparus aurata*. In Yufera, M. ed. *Acuicultura Intermareal*. Cádiz, Instituto de Ciencias del Mar. p. 237-242
12. Terofal, F. 1990. *Peces del mar*. Barcelona, Blume. 286 p.

13. Anexo



Anexo 1 Organigrama de el Departamento de Ciencia Animal DCAN



Anexo 2 Biofiltro Electrónico



Anexo 3 Sistema de Bombas de Laboratorio



Anexo 4 Sistema de regulación de temperatura



Anexo 5 Sistema de llaves y bombas de pozo de agua dulce



Anexo 6 Cestas Utilizadas para pruebas en laboratorio.