

FV 3.3. Informe del proceso de formulación y fabricación

ACTIVIDAD 3. FORMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

INFORME TÉCNICO

Acción 3.1. “Formulación de las dietas”.

Acción 3.2. “Fabricación de los piensos”.



PROYECTO ALTERNFEED

“Sustitución de harina y aceite de pescado por productos sostenibles y subproductos alternativos”

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD PREVISTA	3
2. DETALLE DEL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD EJECUTADA.....	3
2.1 Acción 3.1. Formulación de las dietas.....	3
2.2 Acción 3.2. Fabricación de los piensos.....	6
2.2.2 Proceso	6
2.2.3 Análisis.....	10
3. RESULTADOS OBTENIDOS	11
3.1 Acción 3.1. Formulación de las dietas.....	11
3.2 Acción 3.2. Fabricación de los piensos.....	16
4. CONCLUSIONES	18
5. OBSTÁCULOS ENCONTRADOS DURANTE LA EJECUCIÓN	19
6. BIBLIOGRAFÍA.....	19
7. ANEXOS	19

1. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD PREVISTA

Esta actividad se divide en 2 acciones:

- Acción 3.1. Formulación de las dietas
- Acción 3.2. Fabricación de los piensos

En la Acción 3.1 se diseñaron las dietas a fabricar posteriormente (en la Acción 3.2), en base a los resultados obtenidos en la Actividad 2, y se formularon las diferentes dietas para conseguir unos piensos de composición equilibrada y que cumplieran los requerimientos nutricionales de las especies estudiadas, trucha y corvina. Para la parte de formulación, se subcontrató al grupo DIBAQ, que llevaron a cabo este trabajo a partir de los análisis realizados de los ingredientes alternativos, equilibrando la composición con otros ingredientes de los piensos.

En la Acción 3.2 se fabricaron los piensos formulados en la Acción 3.1 y se optimizó el proceso en función de las diferentes mezclas utilizadas en cada dieta. Este proceso se ejecutó en las instalaciones de la FUNDACIÓN CARTIF, que cuenta con una mezcladora, una extrusora, un secadero y un sistema de vacío con mezclado. Una vez definidas las condiciones de extrusión, se procedió a la fabricación de los piensos. La fabricación de los piensos incluye varias etapas, como mezclado de todos los ingredientes, extrusión, secado y engrase a vacío. La extrusión es una tecnología ampliamente utilizada en la industria alimentaria y que se ha convertido en una técnica clave para el procesado de pienso para acuicultura debido a las ventajas que presenta: ahorro de energía, mejora en las propiedades organolépticas y de textura, versatilidad, control, modelado del producto, proceso continuo, efluentes mínimos, gran producción y digestibilidad de las proteínas (Riaz et al., 2009).

2. DETALLE DEL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD EJECUTADA

2.1 Acción 3.1. Formulación de las dietas

El objetivo de la Acción 3.1 fue conseguir la formulación de las diferentes dietas con la inclusión de los ingredientes alternativos y ajustar los niveles de los diferentes nutrientes para conseguir unas dietas adecuadas para las dos especies de peces a estudiar: trucha y corvina.

En primer lugar, se diseñaron de forma general 4 dietas diferentes (Figura 1). Los ingredientes obtenidos y optimizados sus procesos de obtención en la Actividad 1 fueron harina de insectos, biomasa de alga y las fracciones proteica y lipídica recuperadas de las aguas de cocción de atún. A partir de estos ingredientes, se diseñaron 3 dietas diferentes en las que se sustituyeron por harina y aceite de pescado, dependiendo del caso. Además, se diseñó 1 dieta en la cual se incluyeron los 4 ingredientes en combinación. El objetivo de esta innovación es conseguir la sustitución de la harina y el aceite de pescado por la combinación de los ingredientes alternativos, suponiendo una complementariedad o incluso una sinergia, al mismo tiempo que implican ventajas en cuanto a sostenibilidad y al poco o nulo efecto sobre el medioambiente o los ecosistemas marino y terrestre. Por último, se incluyó 1 dieta control a base de harina de

pescado y aceite de krill y pescado para comparar el efecto del resto de las dietas. El porcentaje utilizado, en este caso, de aceite de krill fue de un 4% del total de la dieta y se utilizó para sustituir al aceite de pescado.

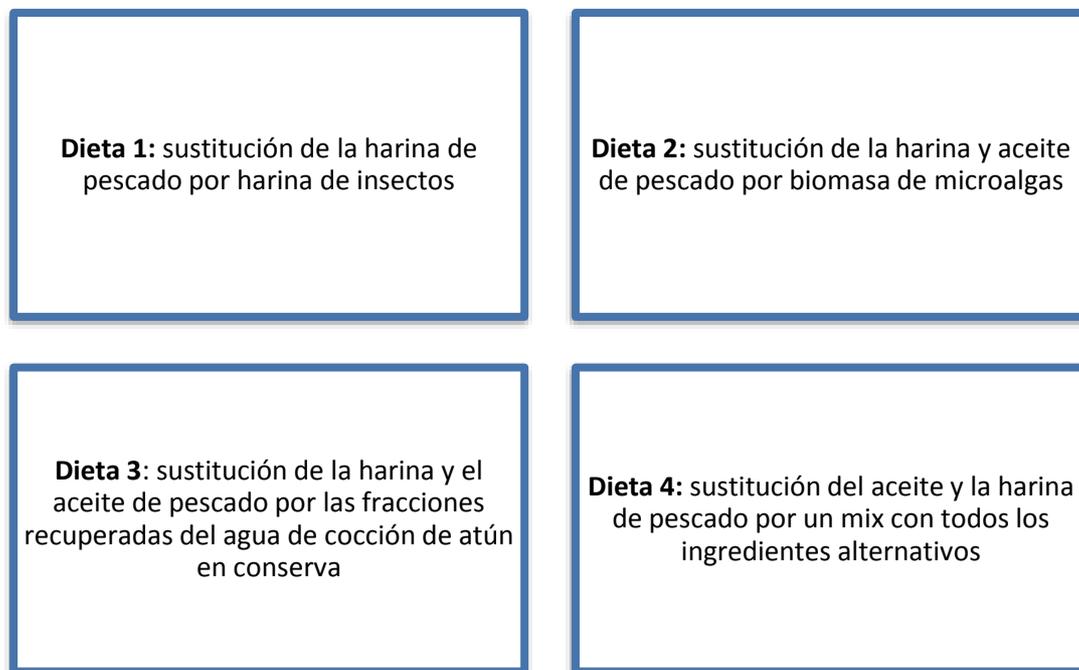


Figura 1. Dietas.

Las dietas se diseñaron para dos especies: trucha y corvina. Debido al rápido crecimiento de la corvina, se fabricaron dos tipos de pienso: uno con una boquilla de 2 mm y otro de 3 mm; mientras que, para la trucha se utilizó la boquilla de 2 mm. Las dietas se codificaron como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Codificación de las dietas

Dieta	Código
Trucha control	TC
Trucha insecto	T1
Trucha microalgas	T2
Trucha fracción proteica	T3
Trucha mix	T4
Corvina 2 mm control	2CC
Corvina 2 mm insecto	2C1
Corvina 2 mm microalgas	2C2

Corvina 2 mm fracción proteica	2C3
Corvina 2 mm mix	2C4
Corvina 3 mm control	3CC
Corvina 3 mm insectos	3C1
Corvina 3 mm microalgas	3C2
Corvina 3 mm fracción proteica	3C3
Corvina 3 mm mix	3C4

A continuación, se definieron los porcentajes de inclusión en cada una de las dietas (Tabla 2). De este modo, se decidió incluir la harina de insecto en un 15%, las microalgas en un 10%, la fracción proteica en un 7% y se sustituyó totalmente el aceite de pescado por la fracción lipídica recuperada del agua de cocción del atún. En el caso de la dieta con el mix (combinación de todos los ingredientes alternativos), se utilizaron los mismos porcentajes de inclusión de estos compuestos en las dietas individuales, con excepción de la fracción proteica que, debido a su cantidad limitante, se redujo el porcentaje de inclusión en las dietas 4 al 2%.

Tabla 2. Composición en pienso comercial e ingredientes alternativos de las dietas para trucha y corvina.

DIETA	Harina de insectos (%)	Microalgas (%)	Fracción proteica (%)	Fracción lipídica (% con respecto al aceite de pescado)
TC	-	-	-	-
T1	15	-	-	-
T2	-	10	-	-
T3	-	-	7	100
T4	15	10	2	100
2 CC	-	-	-	-
2 C1	15	-	-	-
2 C2	-	10	-	-
2 C3	-	-	7	100
2 C4	15	10	2	100
3 CC	-	-	-	-
3 C1	15	-	-	-
3 C2	-	10	-	-
3 C3	-	-	7	100
3 C4	15	10	2	100

Finalmente, la **formulación** de los diferentes piensos fue realizada por DIBAQ. Cada pienso contiene unas cantidades determinadas de diferentes compuestos con el fin de alcanzar los requerimientos nutricionales de los peces que se quieren estudiar (trucha y corvina). En

general, la mayor diferencia entre los requerimientos de estos peces es que la trucha requiere mayor cantidad de grasa (24%) con respecto a la corvina (16%), en detrimento de la cantidad de proteína: 49% para corvina y 45% para trucha.

2.2 Acción 3.2. Fabricación de los piensos

2.2.2 Proceso

Varios aspectos clave influyen sobre un resultado satisfactorio en la fabricación de pienso, como son la alta calidad de los ingredientes, el tamaño de partícula y las condiciones de extrusión. El proceso de fabricación de los piensos consta de varias etapas: mezclado de los ingredientes, extrusión, secado, engrase, secado final y envasado (Figura 2).

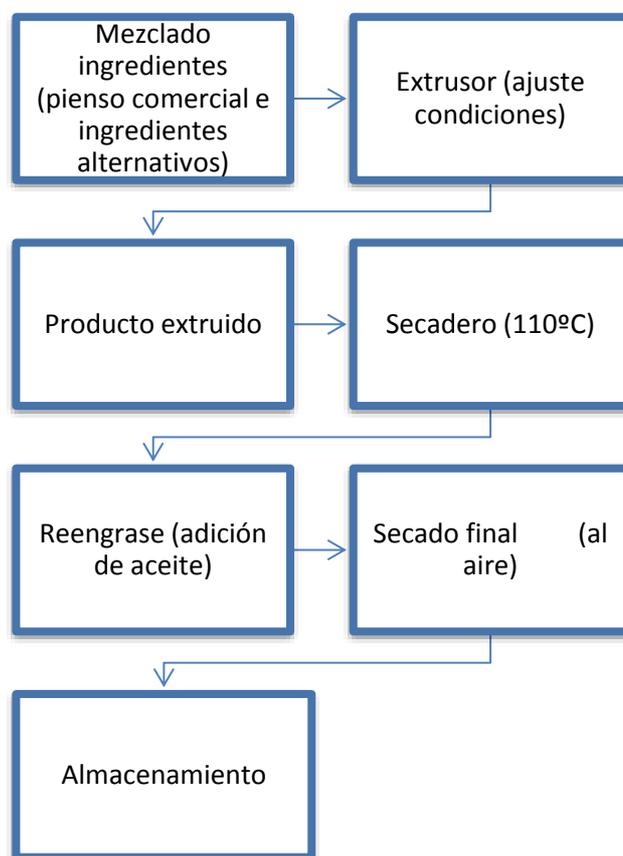


Figura 2. Esquema del procesado de pienso acuícola.

Previamente a la fabricación del pienso, se tuvo que realizar la molienda de algunas de las materias primas que se encontraban en forma de grano, como el trigo, soja 47% NT, habas soja NT, guar meal y fosfatos cálcico y monocalcico. Este paso se realizó en un molino (Figura 3) y resulta una etapa clave para obtener pienso de calidad.



Figura 3. Molino de cuchillas Retsch empleado para moler los ingredientes.

El primer paso en la fabricación del pienso es el mezclado de los ingredientes. Esta etapa se llevó a cabo con ayuda de una mezcladora para lograr una mezcla homogénea de todos los componentes. En primer lugar, se realizó la mezcla del marcador de digestibilidad con parte del almidón para darle densidad y que no se hunda. Los ingredientes minoritarios se mezclaron por separado y se añadieron a los mayoritarios en la mezcladora. En este paso, se decidió añadir un 3 % del aceite total de la dieta. Los ingredientes se mantuvieron durante 1 hora en la mezcladora con el fin de obtener una mezcla lo más homogénea posible.

Tras el mezclado, se procedió a la fase de extrusión. El extrusor utilizado es el modelo Clextral Evolum 25 con alimentación forzada de doble husillo mediante dosificador volumétrico (Figura 4). El equipo dispone de un doble husillo corrotante de 600 mm de longitud y de 25 mm de diámetro. La carcasa está provista de 6 módulos de calentamiento de 100 mm con control independiente de temperaturas. En este caso, se utilizaron las boquillas de 2 y 3 mm de diámetro, seguida de una cuchilla con el fin de obtener los pellets de pienso de un determinado tamaño.



Figura 4. Extrusor de la planta de extrusión de CARTIF.

Una vez obtenidas las mezclas, se realizó la extrusión de las diferentes dietas, optimizando las condiciones en función del producto (Figura 5).



Figura 5. Proceso de extrusión de los piensos.

Una vez obtenido el pienso extruido, se secó en un secadero de aire caliente a 110°C de temperatura (Figura 6), con el fin de obtener pienso con una óptima humedad y conseguir una mejor porosidad del producto (Figura 7).



Figura 6. Secadero de la planta de extrusión de CARTIF.



Figura 7. Secado de los piensos

Para el engrase de los piensos con aceite se utilizó una mezcladora a vacío con el fin de asegurar una mejor absorción de la grasa por parte del pienso acuícola, atemperando previamente el aceite a una temperatura inferior a 35°C. Finalmente, se dejaron secar los pellets de pienso al aire (Figura 8) y se envasaron en sacos.



Figura 8. Piensos.

2.2.3 Análisis

Tras el proceso de fabricación del pienso acuícola, se sometieron los pellets a diferentes **análisis** con el fin de caracterizar el producto obtenido tras la extrusión y determinar los efectos producidos por esta tecnología.

Humedad: El contenido en humedad de los pienso se analizó mediante el método gravimétrico en estufa hasta peso constante, de acuerdo con el método 44-15.02 (AACC, 2012). Se pesaron aproximadamente 5 g de muestra, se secaron en estufa a $102\pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante, se enfriaron en un desecador y finalmente, se pesaron en una balanza analítica.

Ratio de expansión: El ratio del diámetro del pellet con respecto al diámetro de la boquilla de extrusión (2 o 3 mm dependiendo del pienso) se determinó midiendo los diámetro de 10 pellets diferentes de cada prueba con un calibre digital (MarCal 16 ER, Mahr) y se calculó la diferencia (Kamarudin et al., 2018).

Densidad aparente: Los pellets de pienso se introdujeron en un vaso de precipitados de 500 ml previamente tarado. Una vez alcanzada la marca de 500 ml, se procedió a pesar el contenido (Kamarudin et al., 2018).

3. RESULTADOS OBTENIDOS

3.1 Acción 3.1. Formulación de las dietas

Las formulaciones para la trucha se detallan en la Tabla 3, para la corvina de 2 mm en la Tabla 4 y para la corvina de 3 mm en la Tabla 5. Los ingredientes utilizados en la formulación de los piensos incluyen harina y aceite de pescado, pero también aceites vegetales y otras harinas de origen vegetal. En función de la composición de los ingredientes alternativos, se incluyeron unos ingredientes u otros en diferentes proporciones.

La nutrición de las especies acuícolas es un punto clave en acuicultura. Los piensos fabricados presentan por un lado, un conjunto de aceites que se añade en su mayoría en el recubrimiento o engrase de los pellets del pienso y tan sólo un 3% en la mezcla previo a la extrusión, por otro lado, ingredientes mayoritarios como las harinas de pescado, de pota, de soja, almidones, concentrados proteicos (aminopro), gluten o “guar meal” y por último, ingredientes minoritarios como aminoácidos esenciales, concentrados vitamínicos (prphorce sr130), atractantes (betahína, Scattics), sales o vitaminas. La función de los aceites es conseguir alcanzar los requerimientos de lípidos de las especies acuícolas y proporcionar ácidos grasos esenciales como EPA y DHA. Además se incluyen vitaminas y aminoácidos en los piensos para cubrir las necesidades nutricionales de los peces.

Tabla 3. Formulación de las dietas para trucha.

Ingredientes	TC	T1	T2	T3	T4
Aceite de camelina	6	6	6	6	6
Aceite de girasol	5,65	3,85	6,03	6,84	
Aceite de pescado	4	8	8		

Aceite de krill	4				
<i>Acheta domesticus</i>		15			15
Almidon de guisante	4,5	0,79	3,11	5,75	6,13
Almidon de patata			5		
Aminopro	3	3	4,14	5	
Aminosol treonina 50%					0,85
Antibacteriano	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Antifungico	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Antioxidante	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Atractante	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Betaina anhidra	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Colina liquida	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Conc. Mineral organico	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Conc.soja ip (60%pb)		14,4		9,7	
Conc.vitaminico	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Fosfato calcico		0,6	0,6	0,6	0,6
Fraccion proteica				7	7
Fracción lipidica				8	11,37
Gluten de trigo	15	15	18	15	14,48
Harina de pota	8,32		15		8,87
Lisina	1	1	1	0,66	0,75
Metionina solida					0,02
Microalgas			10		10
Pescado 65/67%	20			14,6	
Pescado lt	11,59	15,72	16,5	9,23	15
Treonina 50%	0,42	0,73	0,69	0,7	
Trigo	15,6	15	5	10	10
Vitamina C 15%	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Tabla 4. Formulación de las dietas para la corvina de 2 mm.

Ingredientes	2CC	2C1	2C2	2C3	2C4
Aceite de camelina	2,44		4,68	0,27	0,2
Aceite de salmon	4,15	9,17	6,93		
Aceite de krill	4				
<i>Acheta domesticus</i>		15			15
Almidon de guisante	10,18	9,79	11,55	9,86	11,99
Aminopro	5	5	5	5	3,25

Antibacteriano	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Antifungico	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Antioxidante	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Atractante	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Betaina anhidra	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Colina liquida	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Conc. Mineral organico	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Conc.soja ip (60%pb)		13,91			0,3
Conc.vitaminico	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Fraccion proteica				7	2
Fracción lipídica				11,34	8,74
Gluten de trigo	7,54	0,33	15	9,04	15
Harina de pota			12,05		
Lisina	0,66	0,05	1	0,1	1
Microalgas			10		10
Pescado 65/67%	15	22,24	5	10	15
Pescado lt	10	10	17,96	15	10
Trigo	5	5	5	5	5
Vitamina c 15%	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Gluten meal	15	4,56	3,2	15	
H ₁ pescado 60%	9,3				
Guar meal	6	3,19		6	
Haba de soja nt	3,96			4,61	
Fosfato monocalcico	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Scattics	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Taurina	0,14	0,14	1	0,15	0,15

Tabla 5. Formulación de las dietas para corvina de 3 mm.

Ingredientes	3CC	3C1	3C2	3C3	3C4
Aceite de krill	4				
Aceite de salmon	7,2	8,55	10,92		
Acheta domesticus		15			15
Almidon de guisante	6,68	7,97	6,32	7,14	1,14
Aminopro	5	5	5	5	2,29
Antibacteriano	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Antifungico	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Antioxidante	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Atractante	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Betaina anhidra	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Colina liquida	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Conc.soja ip (60%pb)	3	3	3	3	
Conc.vitaminico	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Fraccion proteica				7	2
Fracción lipídica				10,89	9,43
Gluten de trigo	3,57		3,54	4,23	15
Harina de pota					4,41
Lisina	0,28	0,27	0,5	0,5	0,5
Metionina solida	0,07	0,14	0,05	0,18	0,09
Microalgas			10		10
Pescado 65/67%	15				20
Pescado lt			7,89		
Treonina 50%		0,07	0,32	0,29	0,5
Trigo	6	6	6	6	17,12
Vitamina c 15%	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Gluten meal	15	8,32	15	10,57	1,61
H ₁ pescado 60%	8,76	21,46	12,11	21,63	
Guar meal	6	6		6	
Haba de soja nt	6	5	4,46	6	
Fosfato monocalcico			0,67		0,6
Scattics	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Taurina	0,16	0,18	0,17	0,18	0,15
Soja 47% nt	8,6	6,88		5,23	
Levadura expert	3,51	5	0,9	5	
C.mineral c-22/94-2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Prophorce sr130	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Gluten de trigo 70			12		

El porcentaje de aceite incluido en cada pienso (Tabla 6) varía en función del ingrediente alternativo añadido en cada dieta y de la especie a la que va destinada. Se observa como en la dieta con la combinación de todos los ingredientes alternativos, el porcentaje de otros aceites a incluir es menor que en el resto de los casos, debido a la presencia de grasa en la composición de estos nuevos compuestos.

Tabla 6. Porcentaje de aceite en cada pienso.

Dieta	% total aceite
TC	19,65
T1	17,85
T2	20,03

T3	20,84
T4	17,37
2 CC	10,59
2 C1	9,17
2 C2	11,61
2 C3	11,61
2 C4	8,94
3 CC	11,2
3 C1	8,55
3 C2	10,92
3 C3	10,89
3 C4	9,43

En la Tabla 7 se detallan los porcentajes de diferentes parámetros alcanzados en la formulación de las dietas, como por ejemplo, el contenido en proteína, grasa, fibra o determinados aminoácidos. El contenido en proteína bruta es uno de los parámetros que varía en la formulación de los piensos en función de la especie a la que va destinada, debido a los diferentes requerimientos nutricionales. Es por ello que, los piensos para trucha se formularon para un contenido total en proteína del 45%, mientras que para la corvina de 2 mm de 49% y la corvina de 3 mm del 46%. El contenido en grasa es también un nutriente esencial en la nutrición en acuicultura y que presenta variabilidad en función de la especie, lo cual se traduce en este caso, en un 24% del pienso para trucha y un 16% para corvina. El resto de micronutrientes se equilibraron, en lo posible, en función de la composición de los nuevos ingredientes alternativos incluidos en la formulación. Por tanto, se observa que los niveles de calcio y fósforo total en la formulación se sitúan en torno a un 1%. Los aminoácidos con mayor importancia en la alimentación en acuicultura son metionina, cisteína, lisina, treonina, arginina, histidina, triptófano y valina. Los ácidos grasos EPA y DHA suponen más de un 2% del total de las dietas de trucha, mientras que en las dietas de corvina no superan un 1,7%.

Tabla 7. Composición de las dietas formuladas.

Parámetros	TC (%)	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)	T4 (%)	2CC (%)	2C1 (%)	2C2 (%)	2C3 (%)	2C4 (%)	3CC (%)	3C1 (%)	3C2 (%)	3C3 (%)	3C4 (%)
Humedad	5,71	6,18	6,49	5,72	6,08	7,21	6,67	6,75	7,24	6,44	7,86	7,72	8,67	7,9	6,1
Proteína bruta	45	45	45	45	45	49	49	49	49	49	46	46	46	46	46
Grasa bruta	24	24	24	24	24	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Fibra bruta	0,86	1,67	0,5	1,34	0,47	1,8	1,8	0,6	1,8	0,51	3	2,88	1,69	2,85	0,91
Cenizas	6,6	4,65	7,8	7,63	7,36	8,28	8,5	9	7,68	10,26	7,6	8,4	9	9	10
Calcio	1,09	1,1	1,4	1,25	1,18	1,7	1,16	1,39	1,08	1,16	1,18	1,83	1,89	1,88	0,95
Fósforo total	1,01	1	1	1,03	1,05	1,39	1,23	1,13	1,02	1	1,15	1,26	1,29	1,27	0,93
Fósforo	0,74	0,73	0,74	0,74	0,7	0,92	0,85	0,72	0,7	0,69	0,7	0,7	0,7	0,7	0,67

disponible															
Metionina	1,04	0,83	1	0,86	0,9	1,08	1,07	1,09	1	0,94	1	1	1	1	1
Met+Cys	1,6	1,34	1,49	1,4	1,3	1,7	1,65	1,63	1,6	1,4	1,64	1,44	1,62	1,56	1,48
Lys	3,27	2,89	3,21	2,73	2,7	3	3	3,46	2,83	3,15	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Threo	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,76	1,97	1,62	1,57	1,56	1,74	1,7	1,7	1,7	1,7
Arg	2,41	2,16	2,36	2,14	1,95	2,71	2,92	2,6	2,46	2,1	2,65	2,37	2,29	2,3	1,96
His	1,09	0,86	0,96	1,04	0,85	1,23	1,2	1,07	1,17	0,97	1,22	1,08	1,06	1,18	0,99
Trp	0,4	0,35	0,41	0,37	0,29	0,43	0,4	0,43	0,38	0,28	0,44	0,4	0,4	0,43	0,28
Val	2,39	2,1	2,14	2,16	1,8	2,59	2,64	2,43	2,49	2,08	2,36	1,98	2,27	1,99	1,92
Almidón	12	12	10,5	12	10,5	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11
n-3	5,24	4,65	5,2	4,88	5,88	3,19	2,4	3,8	2,63	2,4	2,75	2,32	2,8	2,71	3,51
n-6	5,33	5,5	5,5	6,12	2,91	2,32	2,75	2,06	2,29	2,55	2,57	3,09	2,3	2,47	1,58
EPA+DHA	2,85	2,35	2,86	2,57	3,46	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,57	1,5	1,72	1,55	1,55

3.2 Acción 3.2. Fabricación de los piensos

Las condiciones de extrusión se optimizaron en función de cada pienso para obtener las características más adecuadas del mismo (Tabla 5). Los parámetros de entrada de agua y alimentación se modificaron en función de la materia prima utilizada para obtener una consistencia de pellets adecuadas para su aplicación y la velocidad del cortador se modificó para obtener un tamaño de pellet conforme al tamaño de los peces a los que va destinado. Las temperaturas de extrusión utilizadas se determinaron en base a la experiencia previa en fabricación de pienso para acuicultura.

Tabla 5. Resumen de las condiciones de extrusión de las dietas.

Pienso	Temperaturas (°C) - Zonas						Velocidad tornillo (rpm)	Velocidad cortador	Agua (l/h)	Alimentación (Kg/h)	Presión (bar)
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6					
TC	30	45	65	75	85	95	499	2250	4,5	18	40
T1	30	45	65	75	85	95	499	2250	4,5	18	42
T2	30	45	65	75	85	95	499	2250	4,5	18	47
T3	30	45	65	75	85	95	499	2250	4,5	18	52
T4	30	45	65	75	85	95	499	2250	4,5	18	27
2CC	30	45	65	75	85	95	499	2250	4,5	18	76
2C1	30	45	65	75	85	95	499	2250	4,5	18	46
2C2	30	45	65	75	85	95	499	2250	4,5	18	50
2C3	30	45	65	75	85	95	499	2250	4,1	18	45
2C4	30	45	65	75	85	95	499	2250	4,1	18	31
3CC	30	45	65	75	85	95	499	1500	4,5	18	40
3C1	30	45	65	75	85	95	499	1500	4,5	18	29

3C2	30	45	65	75	85	95	499	1102	4,2	18	27
3C3	30	45	65	75	85	95	499	1398	4,0	18	30
3C4	30	45	65	75	85	95	499	1204	4,0	18	30

Además, se realizaron diferentes análisis sobre los pellets de pienso obtenidos (Tablas 6 y 7).

La humedad de los pellets varió en función de la dieta (Tabla 6). La densidad de los pellets (Tabla 6) aumenta durante el secado y tras el engrase. Los pellets con harina de grillo presentaron una mayor densidad que el resto. Como se esperaba, la densidad de los pellets de 3 mm fue mayor que los de 2 mm.

Tabla 6. Densidad y humedad de los pellets.

Análisis	Densidad (g/L)			Humedad (%)
	Húmedo	Seco (sin engrase)	Seco (con engrase)	
TC	338,9	371,5	482,4	8,27
T1	500,8	503,0	614,6	7,54
T2	393,1	436,9	536,7	8,81
T3	359,4	394,5	483,5	7,86
T4	440,1	454,4	543,2	9,50
2CC	385,4	400,9	456,3	8,68
2C1	450,2	477,4	541,0	7,71
2C2	389,5	413,7	474,5	11,23
2C3	401,1	435,1	492,6	7,54
2C4	365,9	395,2	418,0	9,29
3CC	446,8	468,0	549,5	9,33
3C1	551,0	580,9	631,6	10,12
3C2	471,0	487,4	546,7	11,95
3C3	477,9	518,5	590,8	6,83
3C4	420,0	429,8	493,0	7,63

El ratio de expansión (Tabla 7) es uno de los parámetros que aporta información sobre el efecto de la tecnología de extrusión en el producto obtenido. La mayor expansión se produjo en la trucha con microalgas, seguido por la trucha control y la corvina de 3 mm con el mix. El pienso con harina de insecto presentan un menor ratio de expansión que el resto de dietas,

que se corresponde con la mayor densidad que presenta los pellets. Esto puede deberse a la mayor presencia de proteínas en la harina de insecto.

Tabla 7. Dimensiones y ratio de expansión de los pellets.

Análisis	Dimensiones (cm)				Ratio expansión (cm)
	Húmedo		Seco		
	Ancho	Largo	Ancho	Largo	
TC	2,45	9,60	3,26	8,44	1,26
T1	2,27	8,5	2,41	8,68	0,41
T2	2,91	6,52	3,38	6,55	1,38
T3	3,29	8,43	3,2	7,91	1,2
T4	2,86	8,4	2,58	7,91	0,58
2CC	2,82	8,53	2,67	8,89	0,67
2C1	2,22	9,46	2,21	9,70	0,21
2C2	3,02	8,02	3,00	7,48	1
2C3	2,56	8,11	2,72	8,21	0,72
2C4	3,08	7,8	2,84	7,47	0,84
3CC	3,73	8,25	3,60	7,52	1,6
3C1	3,42	7,62	3,11	7,89	0,11
3C2	4,11	8,25	4,00	8,05	1
3C3	3,77	7,93	3,62	8,03	0,62
3C4	4,00	7,87	4,12	8,31	1,12

4. CONCLUSIONES

Las conclusiones alcanzadas en la Actividad 3 del proyecto ALTERNFEED son las siguientes:

- Se consiguió obtener 15 piensos con los ingredientes producidos en Actividad 1 y formularlos en base a los resultados de los análisis de la Actividad 2.
- Se obtuvieron 5 piensos para truchas y 10 piensos para corvina, 5 de los cuales se fabricaron con una boquilla de 2 mm y los otros 5 con una de 3 mm, por lo que se obtuvieron dos tamaños de pellet diferentes.
- Se ajustaron y optimizar las condiciones de extrusión en base a cada una de las materias primas utilizadas.

- Los pellets de pienso obtenidos presentaron un ratio de expansión que, en el caso de la mezcla que contenía harina de insecto fue menor debido a la presencia de proteína.

5. OBSTÁCULOS ENCONTRADOS DURANTE LA EJECUCIÓN

En la actividad 3 se encontraron varias dificultades a la hora de llevar a cabo la fabricación de las dietas debido a la falta de materia prima, pero finalmente se solventaron y se pudo llevar a cabo todo el proceso de forma satisfactoria. La dificultad a la hora de encontrar aceite de krill puro en el mercado para incluirlo en los piensos, solo permitió sustituir un 4% del total en las dietas control de trucha y corvina, tanto de 2 mm como de 3 mm. La fracción proteica recuperada de las aguas de cocción de atún también supuso una limitación debido a la escasa cantidad de este producto que se tradujo en una reducción del porcentaje de inclusión a un 7% en las dietas 3 y hasta un 2% en las dietas 4. Por otro lado, algunas de las materias primas recibidas para la fabricación precisaron de un proceso de molido previo a su entrada en el extrusor, lo que requirió más tiempo para cumplir la acción 3.2.

6. BIBLIOGRAFÍA

- AACC International (2012). Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 44-15.02 Moisture - Air-oven methods.
- Gichuho, F. (2017). Effects of extrusion processing on the physico-chemical and nutritional characteristics of fish feeds containing acheta domesticus and hermetia illucens meals (Tesis). Egerton University.
- Kamarudin, M.S., de Cruz, C.R., Saad, C.R., Romano, N., Ramezani-Fard, E. (2018). Effects of extruder die head temperature and pre-gelatinized taro and broken rice flour level on physical properties of floating fish pellets. *Animal Feed Science and Technology*, 236, 122–130.
- Riaz, M.N., Asif, M., R. Ali (2009). Stability of vitamins during extrusion. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49 (4), 361-368

7. ANEXOS

