

## INFORME TECNICO Y DE GESTIÓN FINAL

### EJECUTOR:

Nombre	Comercializadora Crandon Chile LTDA.
Giro	Nutrición y Salud Animal
Rut	
Representante	Claudio Tapia. Jefe Técnico

**NOMBRE DEL PROYECTO:** Desarrollo de alimento a base de harina de insectos para salmones y trucha primera alimentación y hasta 10 grs. de peso

**CODIGO:** PYT – 2013 - 0045

**Nº INFORME:** FINAL

**PERIODO:** desde mayo - 2013

hasta octubre - 2016

### NOMBRE Y FIRMA COORDINADOR PROYECTO

Nombre	Claudio Pavez
Rut	
Firma	



## I. RESUMEN EJECUTIVO

El reemplazo de la harina de pescado resulta ser una estrategia adecuada para asegurar la sustentabilidad de la salmonicultura (Lock et al, 2014), dada la escasez de materias primas que cumplan con el requerimiento nutricional en las diferentes etapas de desarrollo.

A la fecha, el reemplazo de proteína de origen animal por proteína vegetal ha sido una alternativa viable, con beneficios en cuanto a su disposición y precio, pero a su vez, presenta riesgos intrínsecos asociados a factores antinutricionales, así como alteraciones fisiológicas y metabólicas esperables cuando se modifica la dieta natural de peces carnívoros (Wu et al. 2015). Por otro lado, las fuentes de origen animal, como las provenientes de subproductos de la industria aviar, tienen alta variabilidad en su composición y pueden presentar trazas de antibióticos u otros contaminantes (Dong et al. 1993).

En consecuencia, todo avance en materia de tecnología de proceso para minimizar efectos adversos asociados al reemplazo proteico, y la generación de fuentes de proteínas que se asemejen en la mayor medida a los componentes de la dieta natural, constituyen un gran aporte a la sostenibilidad de la salmonicultura. La harina de insectos o entoproteína, es una excelente alternativa dada su íntima relación con la fuente alimenticia en primeras etapas de desarrollo de especies salmonídeas en su ambiente natural y existen antecedentes previos que respaldarían su utilización como fuente proteica, generando una mayor flexibilidad en las formulaciones de las dietas (Van Huis, 2013).

Los insectos y sus larvas son altamente eficientes en la utilización de excedentes productivos y subproductos de otras producciones animales, transformándolas en proteína con alto nivel nutricional (Makkar et al., 2014). Esta capacidad se asocia principalmente a que no utilizan energía en la mantención de su temperatura corporal (Nidjam et al., 2012).

Como fuente proteica, la entoproteína presenta un atractivo balance de aminoácidos, aunque generalmente posee bajos niveles de histidina, triptófano y lisina, los que deberían ser aportados por otras materias primas o aminoácidos libres (Sanchez-Muros et al. 2014). Adicionalmente, el perfil de ácidos grasos es posible moldearlo a partir de las fuentes alimenticias de los insectos, lo que genera un producto final con un mayor valor nutricional.

Entre mayo de 2013 y octubre de 2016, se llevó a cabo una iniciativa cofinanciada por la Fundación para la Innovación Agrícola (FIA) denominada "Desarrollo de alimento en base a harina de insectos para salmones y trucha: primera alimentación", orientado a desarrollar un nuevo ingrediente destinado a las dietas utilizadas en etapas de agua dulce desde la primera alimentación y hasta 10 gramos de peso en especies salmonídeas. En este proyecto, ejecutado conjuntamente con las empresas Biomar Chile y P@TAGON Ltda, se evaluaron alternativas de insectos

y se seleccionó el de mayor aporte nutricional y viabilidad productiva, considerando un futuro escalamiento comercial. Luego se desarrolló el ciclo de vida completo del insecto seleccionado y se generó la materia prima a partir de sus larvas.

Finalmente, se elaboraron dietas con distintos niveles de inclusión, reemplazando el contenido de harina de pescado original, y se evaluó crecimiento en salmón del atlántico alimentado con esas formulaciones bajo condiciones controladas, desde primera alimentación.

Las observaciones a partir de este estudio concluyen que inclusiones de 30% de harina de insecto no alteran los crecimientos de peces alimentados por 60 días.

## II. TEXTO PRINCIPAL

### 1. Resumen de propuesta:

El término de la etapa de absorción del saco vitelino en salmones y truchas da paso a una etapa crítica en su ciclo de vida, donde el pez necesita acceder a alimento de buena calidad y que ofrezca una composición nutritiva ajustada a sus requerimientos. En la industria del salmón, en etapas iniciales, el mayor aporte nutricional se obtiene a partir de harina y aceite de pescado, enriquecido con vitaminas, minerales y otros.

En condiciones naturales (ríos y lagos), la disponibilidad de alimento desde la primera etapa de desarrollo, y hasta un peso de 10 gramos, corresponde principalmente a pequeños organismos artrópodos (insectos en distintas etapas de desarrollo), larvas de crustáceos y en menor medida, pequeños moluscos.

La ejecución del proyecto buscó evaluar las características nutricionales y la factibilidad de elaboración de un alimento a base de harina de insectos destinada a cubrir los requerimientos nutricionales de los peces en los primeros estados de desarrollo, desde primera alimentación, y hasta la etapa de alevines de 10 gramos de peso. Basado en su disponibilidad y características nutricionales, los insectos presentan importantes ventajas respecto de lo ofrecido por otro tipo de fuentes de proteína animal.

Uno de los objetivos fue desarrollar un prototipo de una nueva materia prima disponible para la formulación de dietas de salmones y trucha, con características naturales y funcionales. Por ello se trabajó con distintos grupos de insectos, respecto de su potencial productivo en condiciones controladas y posibles volúmenes alcanzados. Los más interesantes fueron los insectos del orden díptero, como la mosca doméstica, de los establos, azul, y negra soldado, descartando otros como gusanos de escarabajos, cucarachas y grillos por la extensión en su ciclo de vida.

Se pudo replicar el ciclo completo de la especie elegida, en condiciones de cautiverio, estabilizando la producción de harina a partir del control de las condiciones ambientales. Se generó la masa crítica para la fabricación de alimento para los peces y se procedió a su elaboración de las dietas a evaluar, con distintos niveles de inclusión de la harina de insectos, en reemplazo de la harina de pescado tradicionalmente utilizado.

Luego, las dietas fueron proporcionadas a los alevines de salmón del atlántico, obteniéndose similares crecimientos, independiente de los niveles de inclusión de la harina de insectos.

Se cumplió el objetivo de validar la materia prima, con sus características propias, proponiéndola como una interesante alternativa de proteína animal, con características nutricionales únicas, pero a un mayor costo que la harina de pescado en la actualidad.

## 2. Cumplimiento de los objetivos del proyecto.

### 2.1 Objetivos específicos

- a) Desarrollar tecnología productiva e infraestructura necesaria para la crianza masiva de insectos en ambiente controlado.

En la modalidad de subcontrato con un profesional especializado en el área de la entomología, se realizó un estudio de campo para estudiar los ciclos de vida y capacidad reproductiva de los grupos de insectos con mayor potencial presentes en sistemas fluviales y terrestres del sur de Chile. Las actividades para este objetivo consideraron: la colección de los insectos en terreno fluvial y terrestre, clasificación taxonómica, revisión bibliográfica, ciclo de vida, abundancia y evaluación de la capacidad reproductiva y prueba experimental del modelo productivo necesario para ser aplicado a cada grupo de insectos en función de los distintos estados de su ciclo de vida de producción. Consideró desde la identificación y desarrollo de infraestructura necesaria para la reproducción y producción de los insectos, condiciones fisiológicas demandantes, fuentes posibles de nutrición de los insectos y escalabilidad en centro experimental - productivo. Para el cumplimiento de este objetivo y su relación con el valor nutricional de cada grupo, se subcontrató el análisis de perfil bioquímico, ácidos grasos y aminoácidos para cada uno de los organismos y/o estados de desarrollo identificado con potencial productivo.

Desde el punto de vista de la infraestructura, se esperaba contar con un diseño simple, pero eficiente térmica y productivamente. Se comenzó sin regulación de temperatura y humedad, lo que obligaba a adecuarse a las condiciones medioambientales externas para la obtención de huevos, engorda de larvas y reproducción. Es decir, las variaciones estacionales de temperatura no permitieron mantener un standard en los ciclos de vida de las distintas generaciones del insecto seleccionado.

En la práctica, solo se logró contar con engorda de larvas entre 6 a 8 días con equipos climatizadores, y tampoco se obtuvo huevos suficientes en invierno para

utilizar la infraestructura al 100% de su capacidad. Todo eso impactó en la baja rotación de larvas en engorda observada, generando una muy menor producción en el centro experimental.

Los resultados esperados eran de aproximadamente, de 1 kilogramos diario de larvas por m<sup>2</sup>, considerando la instalación completa, y no solo el área de engorda. En otoño – invierno, sin control de temperatura, se lograron 0,01 kilogramos diarios de larvas por m<sup>2</sup> en un mes, en toda la instalación. Muy lejos del objetivo y muy ineficiente.

Para solucionarlo y acortar la brecha se adoptó una serie de medidas. Algunas implementadas y otras teóricas.

- Se aumentó teóricamente área productiva de engorda de larvas en 5 veces.
- Se diseñó y elaboró un reactor que permite cargar una mayor cantidad de huevos por m<sup>2</sup>, incrementando en 40% el largo y el ancho de los tubos.
- Se aumentó el volumen de huevos obtenidos con la implementación de cebos en el medioambiente, para no depender exclusivamente de las moscas azules presentes en el centro experimental. Eso permitió utilizar la infraestructura en un 100%, incrementando en 6 veces.
- Se reguló la temperatura con la puesta en marcha de equipos que podían mantener las condiciones ideales para el crecimiento, desarrollo y reproducción de las moscas. Permitiendo producir teóricamente, 4,07 batches por tubo al mes (primavera, otoño y verano), y 3,2 batches en invierno, y no solo uno.

Durante la producción no fue necesario implementar todas las mejoras para obtener la masa crítica para la elaboración de las dietas, sin embargo, con las medidas descritas, se lograría incrementar la producción a 1.530 kilogramos de harina de insectos mensual en todo el centro. Lo que equivale a 7,7 kilogramos mensuales por metro cuadrado, o 26 kilos de larvas producidas mensualmente, por metro cuadrado. Se traduce en 0,86 kilogramos de larvas diaria por metro cuadrado, acercándose al esperado.

#### Porcentaje de cumplimiento.

Si bien, en la práctica no se llegaron a obtener los volúmenes citados, en la teoría sí, y se basa en información fidedigna. No obtener las producciones descritas obedece a que el proyecto se enfocó en obtener el volumen crítico para la generación de las dietas que fueron proporcionadas posteriormente a los peces. En la práctica, se propuso un nuevo diseño productivo que cuenta con 15

reactores. Si disminuimos el espacio de los pasillos, podríamos incorporar 4 reactores más, y si reorganizamos el espacio destinado al manejo de las larvas buscando mayor eficiencia en el uso de la superficie, podríamos alargar uno de los trenes de 4 reactores, subiéndolo a 7 de ellos. Es decir, podemos sumar 7 reactores a los 15 propuestos inicialmente en el proyecto, lo que permite obtener un menor costo de producción, aunque aún lejos del valor actual de la harina de pescado. Por todo lo citado, consideramos que, para el objetivo “Desarrollar tecnología productiva e infraestructura necesaria para la crianza masiva de insectos en ambiente controlado”, el cumplimiento es 90%, ya que las últimas modificaciones descritas no alcanzaron a ser detalladas en los diseños propuestos en el informe. Se debe profundizar más en como incrementar la producción por m<sup>2</sup>.

- b) Producir un nuevo ingrediente a base de harina de insecto (Entoproteína) competitivo en precio respecto de la harina de pescado, destinado para la formulación de dietas de salmón y trucha en la etapa de agua dulce desde primera alimentación, y hasta 10 gramos de peso.

Se logró producir un nuevo ingrediente a base de harina de insecto.

Se obtuvo correctamente la materia prima esperada, dejando las claves para el incremento de la producción a escala industrial.

Se esperaba obtener una materia prima de alto valor nutritivo, rico en proteína y ácidos grasos. El perfil de estos últimos fue de suma importancia, ya que pudo ser modificado por la fuente de alimento que se proporcione a las larvas de mosca.

La harina de insectos no presentó problemas en la elaboración del alimento extruído que fue entregado posteriormente a alevines de salmón del atlántico. A pesar de su alto nivel de grasa, la fabricación fue realizada normalmente.

El concepto de precio competitivo depende de la producción alcanzada. Si bien, en una escala menor como lo fue el proyecto, el costo del alimento es nulo, cuando, en el futuro se busque el escalamiento a nivel industrial, la demanda de fuente proteica para alimentar a las larvas de mosca será un tema relevante. Para ello se analizó la alternativa de residuos de pescado en ferias libres, plantas de proceso y otros, y se les valorizó en \$15.000 por tonelada, considerando solo los gastos del retiro, ya que son considerados desechos. Incluso, la mayoría de los generadores del residuo deben incurrir en gastos propios para disponer de ellos en vertederos especiales, lo que nos permitirá contar con el alimento de las larvas a bajo costo.

Para el ejercicio económico, se calculó el costo de producción, el cual disminuye mientras se incrementa la producción, por una mayor dilución de los costos fijos, y se comparó con un precio estimado de venta, acercándolo al costo de la materia

prima a la cual se busca reemplazar en las formulaciones tradicionales, es decir, la harina de pescado.

Lamentablemente, ese ejercicio no fue viable, ya que el costo de producción de la harina de larvas fue mayor al de la harina de pescado. Durante el informe se demostrará la diferencia en el precio de ambos, y se postulan cambios en el diseño productivo en dos oportunidades, buscando mayor producción de larvas por m<sup>2</sup>.

#### Porcentaje de cumplimiento.

Por lo descrito, se estima que el porcentaje de cumplimiento para el objetivo "Producir un nuevo ingrediente a base de harina de insecto (Entoproteína) competitivo en precio respecto de la harina de pescado, destinado para la formulación de dietas de salmón y trucha en la etapa de agua dulce desde primera alimentación, y hasta 10 gramos de peso" es de 30%, ya que habría que realizar mayores modificaciones en el diseño para equiparar los costos entre ambas fuentes de harina.

#### c) Valorar y proteger la propiedad intelectual de la tecnología desarrollada.

Se trabajó en el desarrollo del estado del arte respecto de la posibilidad para desarrollar un dispositivo destinado a la producción de larvas de organismos dípteros. Al término del proyecto, el proceso de formulación de la propiedad intelectual se encuentra en trámite para ser presentado ante Inapi.

##### - Descripción de la invención:

En base al estado de la técnica, se trabajó respecto de una solución específica para el desarrollo larval de *Calliphora vicina* con nutrición de tipo carnívora.

El dispositivo para la crianza masiva de larvas de dípteros comprende un reactor confeccionado en metal madera o plástico que permite confinar el desarrollo larval en distintas sub unidades de producción que permite resolver los siguientes problemas técnico:

i) permitió el desarrollo larval en forma separada de los residuos líquidos generados por la actividad de alimentación de las larvas.

ii) contuvo los residuos óseos del alimento utilizado.

iii) generó un flujo convectivo de aire climatizado a una temperatura de entre 20 – 25 °C.

iv) eliminó los residuos de olores hacia el exterior del reactor productivo.

Mayores antecedentes descriptivos en el punto 5.5.

#### Porcentaje de cumplimiento.

Si bien, la descripción de los ítems relacionados a la propiedad intelectual de la invención de infraestructura está detallada, al término del proyecto no fueron presentados a INAPI, por lo tanto, el porcentaje de cumplimiento del objetivo "Valorar y proteger la propiedad intelectual de la tecnología desarrollada" es de 50%.

d) Transferir la nueva actividad productiva al rubro agrícola rural y bajo un concepto de sustentabilidad respecto de parámetros medioambientales.

Para lograr el enfoque de sustentabilidad, se realizó un par de seminarios de difusión y otro de capacitación, enfocados a potenciales productores locales y otros relacionados directa o indirectamente, con el rubro acuícola.

Inicialmente solo se había considerado transferir la tecnología a potenciales productores en el rubro agrícola, sin embargo, por el escalamiento industrial, cercanía y bajo el concepto de sustentabilidad, se invitó al rubro acuícola, ya que son generadores de subproductos.

Actualmente, dichos descartes son recepcionados por plantas reductoras, las cuales son transformados en harina y ofrecidos como materia prima a otro tipo de producciones animales. El margen obtenido es propio de la planta reductora, por lo que la industria acuícola ve con buenos ojos lograr aprovechar sus subproductos y obtener valor agregado a partir de ellos.

Igualmente, se pudo contar con la presencia de centros de investigación, quienes se mostraron muy interesados en la temática, proponiendo nuevas metodologías, especies y enfoques productivos.

Además, se mostró a interesados de distintas áreas, la infraestructura propuesta para producir la harina de insectos, haciendo hincapié en el respeto por el mínimo impacto medioambiental.

Finalmente, se demostró el potencial fertilizante obtenido a partir de subproductos de la producción de harina de insectos, y se contextualizó en el mercado, demostrando el elevado potencial como fertilizante orgánico y su probable comercialización futura.

#### Porcentaje de cumplimiento.

Por siempre considerar la sustentabilidad en parámetros medioambientales, y difundirlo en la industria acuícola y agrícola, estimamos que, para el objetivo “Transferir la nueva actividad productiva al rubro agrícola rural y bajo un concepto de sustentabilidad respecto de parámetros medioambientales”, el porcentaje de cumplimiento es de 90%. Solo faltó lograr algún nivel de acuerdo con productores locales para que implementaran la tecnología en el mediano plazo.

- e) Comercializar y distribuir un nuevo ingrediente en la industria elaboradora de alimento de Salmones y Trucha.

Inicialmente se buscaba posicionar parte de la materia prima a productores locales de alimento balanceado.

Al término del proyecto no se pudo llevar a cabo por la limitante de volumen de producto alcanzado, sin embargo, Biomar vio con buenos ojos la factibilidad de la incorporación de la harina de insectos a dietas nicho, ligada a un enfoque más natural de la alimentación de los alevines en las primeras etapas. No solo por ser una fuente común, para los peces, sino que también por la potencial inmunomodulación que puede proporcionar a través de compuestos descritos, pero no identificados en este informe.

#### Porcentaje de cumplimiento.

Según lo descrito, para el objetivo “Comercializar y distribuir un nuevo ingrediente en la industria elaboradora de alimento de Salmones y Trucha”, el porcentaje de cumplimiento es del 20%.

#### Porcentaje de cumplimiento del proyecto.

Por lo tanto, el porcentaje ponderado de cumplimiento del proyecto es de 54%.

## **2.2 Descripción breve de los impactos obtenidos**

En el sector productivo regional, más específicamente en el ámbito acuícola, a través del proyecto se pudo generar una alternativa en la utilización de subproductos asociados a la actividad.

Actualmente, los residuos son utilizados para la elaboración de harina de salmón, o eliminados.

Con un proyecto como el presentado a la industria acuícola nacional, se permite devolver al sistema parte de la proteína y energía generada, incrementando la sustentabilidad de la producción. Además, permitiría demostrar el compromiso de cada productor con el cuidado de los recursos marinos y el medio ambiente, ya que permitiría disminuir la dependencia de la pesca pelágica para el crecimiento y desarrollo de salmones y truchas en primera alimentación.

### III ASPECTOS METODOLÓGICOS DEL PROYECTO

#### 3.1. Descripción de la metodología efectivamente utilizada

OBTENCION DE HUEVOS. Fueron obtenidos de dos formas:

a. Desde Moscas Reproductoras mantenidas en cautiverio:

En el interior de una jaula de crianza de estados adultos de dípteros, se estimuló la postura de huevos mediante la disposición de un sustrato a base de materia orgánica. Dependiendo de la temperatura y las condiciones climáticas, el sustrato puede ser mantenido durante un lapso de tiempo que varió de 1 a 3 días. Durante la época de invierno cuando las temperaturas disminuyen, este tiempo se prolongó hasta por 5 o 6 días. La temperatura ideal para obtener una buena cantidad de huevos, fluctuó en el rango entre 20 - 25°C. En forma específica, *Calliphora vicina* se adaptó mejor al rango de temperatura de 20° y las otras dos especies estudiadas su punto de eficiencia productiva se encontró en el rango de 25° C. El sustrato de estímulo de la postura de huevos presentó un peso no superior a 170 gramos, en una superficie rugosa y plegada. En este sustrato, los organismos dípteros estudiados depositaron sus huevos en racimos, conformados por un número variable de huevos entre 100 a 150 unidades (rango de peso de 0,5 gr). La cantidad de racimos de huevos fue variable y dependió del estado de desarrollo de los estados adultos (edad en días) y sobretodo de la cantidad de moscas presentes en la jaula.

b. Desde el Medio Natural:

Una alternativa que también fue probada fue la obtención de huevos desde el medio natural. En este caso el sustrato orgánico se dejó en el interior de tubos de PVC en altura, donde los dípteros en estado natural fueron atraídos para la postura de sus huevos. Fue una técnica utilizada en la época de mayor

temperatura, primavera- verano. Esta alternativa permitió aumentar en forma importante la cantidad de posturas y huevos, sin embargo, pudo perderse la línea productiva de una sola especie, ya que la especie más representativa en la zona geográfica donde fueron desarrolladas las pruebas, es *Phaenicia sericata* (mosca verde).

\*Observación: Fue muy complejo contabilizar y pesar los huevos obtenidos, ya que son muy pequeños. Una alternativa para el futuro puede ser trabajar con una relación de peso respecto del número de huevos, sin embargo, esta requiere de una balanza de precisión, la cual no tuvimos a disposición durante el transcurso del proyecto.

## 2. DESARROLLO DE LARVAS

Una vez que se observaron huevos en los sustratos, fueron dispuestos en tubos que se encontraban en el interior de un reactor diseñado exclusivamente para el proyecto.

Originalmente, la producción se desarrollaba en tubos de 1 metro de largo por 25 mm de ancho. Con la propuesta del reactor, las dimensiones productivas de los tubos cambiaron a 1,4 metros de largo por 35 mm de ancho.

Cada reactor contiene 25 tubos. En el interior de cada tubo fue instalado el sustrato que contenía los huevos, más una cantidad calculada de alimento en base a pescado (poco menos de 6 kilogramos por tubo entre ambos). El diseño del reactor permitió la circulación de aire y el escurrimiento de los líquidos generados en el proceso de alimentación de las larvas.

En cada canastillo y en forma separada, se colocaron los sustratos que contenían los huevos obtenidos en las jaulas de crianza, o los sustratos que contenían huevos obtenidos del ambiente natural. El canastillo con el sustrato con larvas y alimento, fue dispuesto al interior del tubo de engorda. Posteriormente fue tapado y sellado, para evitar fuga de larvas.

La temperatura ideal para las especies estudiadas se encontró entre 20 - 25°C. Como supuestos, a esa temperatura, el tubo de engorda podría permanecer 6 a 8 días aproximadamente en fase de engorda y al final del proceso llegaríamos a obtener niveles cercanos a 2,35 kilogramos de larvas por cada tubo. Cada tubo se puede utilizar hasta 4 veces por mes, por lo tanto, podríamos producir 24 kilogramos de larvas por tubo/mes. En cada reactor fue posible mantener hasta 25 tubos. Si consideramos 15 reactores cada 200 m<sup>2</sup> (no están dispuestos en la totalidad de la superficie) equivale a 17 kilogramos de larvas/mes/m<sup>2</sup>. Durante el informe se explica cómo se propone llegar a 26 kilogramos de larvas/mes/m<sup>2</sup>, reordenando el diseño e incrementando el número de reactores.

El sustrato orgánico utilizado como alimento en el Centro experimental, correspondió a residuos originados a partir del proceso de productos pesqueros y de la industria de extracción y de la industria productora de salmónes y trucha. Se observó que, para las posturas, las moscas prefirieron la merluza, pero el mayor tamaño de larvas se obtuvo con dieta de salmón.

### 3. COSECHA.

Una vez que las larvas alcanzaron el tamaño de cosecha, mostraron gran actividad motriz y comenzaron a buscar lugares oscuros y blandos donde poder iniciar la etapa de pupa, que corresponde a un proceso de encapsulamiento de la larva conformada por una cubierta de quitina, en cuyo interior se produce el desarrollo y metamorfosis de la larva hasta el estado adulto. Luego es liberado con la morfología que habitualmente conocemos. Para el caso de las larvas en cultivo, se observó que ingieren todo el alimento ofrecido y comenzaron a disponerse por los extremos de los tubos. Dependiendo de los días que permanecieron en engorda y su tamaño, se procedió a realizar la cosecha. Para ello, se preparó una zona especialmente acondicionada. Se colocó un plástico grande y se ubicó el tubo sobre una estructura de madera para evitar la caída. Adicionalmente, se colocó un tiesto plástico en uno de sus extremos, para recepcionar aquellas larvas que pudieran caer fuera del contenedor. La idea fue colocar en el canastillo los desechos que quedaron de la fase de cultivo para favorecer la caída de las larvas al contenedor plástico. Se debe evitar el escape de las larvas y en ocasiones fue necesario la utilización de un chorro de agua, para favorecer la separación de las larvas del desecho orgánico y para sacar las larvas que quedaron adheridas al interior del tubo. Inmediatamente, fueron pasadas por un colador, eliminando la mayor cantidad de agua.

Las larvas obtenidas fueron dispuestas en un contenedor más pequeño, para ser pesadas. Los desechos que se obtienen del proceso de engorda, como huesos y cáscaras de pupas, también fueron pesados.



Preparación de zona de cosecha.



Canastillo con desechos y larvas



Larvas en el tubo de engorda



Canastillo para separar larvas de desechos orgánicos.

#### 4. LARVAS OBTENIDAS DE COSECHA.

Una vez cosechadas las larvas, pueden ser:

- a. Destinadas a pupaje (se revisará en punto 6).

b. Procesadas para Harina de Insecto:

Las larvas fueron dispuestas en una trituradora de alimentos, para luego ser procesadas, hasta formar una pasta, la cual fue colocada de manera homogénea en bandejas, e introducida en estufa a 105 grados Celsius, por el lapso de 24 horas. En este proceso, la muestra perdió entre un 85 a 90% de humedad. Una vez listo, se molieron, para ser convertida en harina de insecto. El rendimiento fue cerca del 30%, es decir, 1 kilogramo de larvas generó aproximadamente 300 gramos de harina de insecto.



Larvas procesadas en trituradora de alimentos.



## Larvas procesadas y dispuestas en la lata precalentada



Harina de larva de mosca secada.

### 5.- Cálculo conversión de alimento en Biomasa

El cálculo de conversión de alimento de la especie estudiada *Calliphora vicina*, se realizó a partir del promedio de resultados obtenidos a lo largo de la prueba y consideró los siguientes ítems de cálculo:

- a) Peso vivo final de larvas
- b) Peso del Cebo donde ponen los huevos
- c) Peso del alimento adicionado

$$\text{Conversión} = (b + c)/a$$

Como ya se ha revisado, el alimento utilizado en el desarrollo del proyecto correspondió a desechos del proceso de transformación de merluza y salmón. En este caso esquelones y cabeza presentaron un contenido no aprovechable por las larvas de un 60% esto es; huesos, espinas y líquido liberado durante el proceso de alimentación de las larvas. Con el tipo de alimento descrito, la conversión promedio de las larvas alcanzó niveles de 2,5, es decir, para producir 1 kg de larvas vivas se requirió de 2,5 kg de desechos (esquelones y cabezas de salmón y trucha).

### 6.- Pupaje:

Dependiendo de los requerimientos del centro experimental, del tamaño y la cantidad de las larvas obtenidas, una proporción de ellas fue destinadas a pupaje,

con la finalidad de obtener las moscas que se transformaron en reproductoras. Se contabilizaron entre 2.500 y 3.000 larvas, que luego fueron pesadas y dispuestas en tachos metálicos de 15,5 cm de diámetro y 6 cm de alto. A su vez, contenían 2,5 cm con tierra, donde las larvas activas se enterraron para iniciar el proceso de pupa. En esta condición las pupas permanecieron por un periodo de tiempo entre 25 a 30 días. Se observó que, pasados los 23 días y posterior a una lluvia, se aceleró el nacimiento de las moscas. Una vez que las larvas fueron dispuestas en los tachos con tierra (tarros puparios), fueron tapadas con genero tipo visillo y selladas, favoreciendo la circulación de aire y evitando la fuga de las larvas o bien de las moscas cuando nacieron. Además, fueron claramente identificados. Estos pocillos son dejados en una caja metálica (pupario), oscura en su interior hasta su nacimiento.



Tarros puparios.



Larvas contadas y pesadas para pupaje



Tarro pupario listo y rotulado para ser dispuesto en el pupario

Pasados los primeros 25 a 30 días, comenzaron a nacer las moscas, las cuales se convirtieron en las reproductoras del centro experimental. El pocillo de pupaje, fue colocado en un canastillo circular debidamente rotulado. Esta maniobra se realizó con mucha precaución, para evitar la fuga de algunas moscas que ya tenían sus alas extendidas y listas para emprender vuelo (las moscas al nacer no vuelan, requieren de algunas horas para comenzar a utilizar sus alas). El tránsito desde la etapa de pupa a mosca adulta tarda algunos días y para estimular el proceso, las pupas permanecieron en una sala con luz infrarroja, con generación de temperatura, lo que favorece en forma sincronizada el paso desde estado de

pupa a adulto.

En la medida que las moscas adultas se van liberando desde cada pupa, se trasladan a las jaulas de cultivo, donde serán mantenidas y alimentadas con una mezcla de azúcar/leche y agua, comenzando así nuevamente el ciclo. En esta condición, pasados 4 a 5 días, las moscas comenzaron a colocar huevos. Una vez que se observó que la totalidad de las moscas se liberó de la etapa de pupa, se procedió a separar y contabilizar las pupas vacías de aquellas que aún estaban como pupa, o que tenían moscas a medio nacer y las posibles larvas que aún no han eclosionado. La idea fue poder mantener un registro de los porcentajes de eclosión o nacimiento. Las larvas que no puparon y las pupas que no nacieron, fueron dispuestas nuevamente en tarros puperos, para que completaran su ciclo. Esto generalmente ocurrió con las larvas que son más pequeñas.



Canastillo que contiene los tarros puparios



Traslado de dípteros a las jaulas

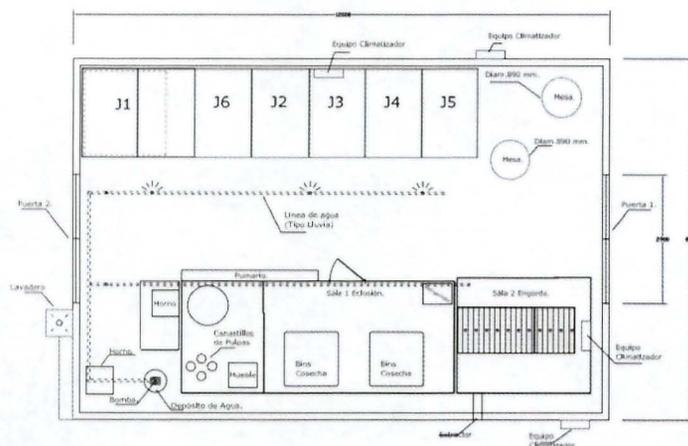
### 3.2 Principales problemas metodológicos enfrentados.

- Caracterización de especies candidatas: Dentro de los principales problemas metodológicos enfrentados, se puede describir que, para obtener el diseño, se debía conocer el ciclo productivo de las especies candidatas, sin embargo, se tuvo que retrasar la evaluación de las especies, ya que en los meses originalmente destinados (inicio mayo 2013) no se encontraron suficientes individuos.
- Control térmico: Sin lugar a dudas, uno de los principales condicionantes para modificar las actividades programadas fue la demora en la puesta en marcha

de los equipos climatizadores. Sin ellos, la producción estaba sujeta a las condiciones medio ambientales. Debido al retraso de la regulación térmica en la producción, la obtención del volumen crítico de harina de insectos para la formulación de las dietas sufrió demoras, por lo que la fabricación de alimento e inicio de las pruebas en peces también presentaron retraso.

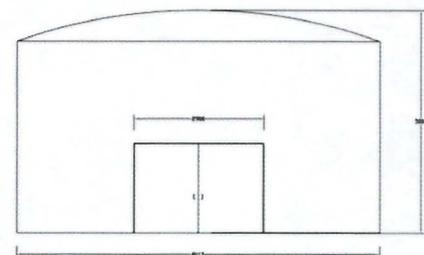
- Obtención de huevos: No contar con climatización del ambiente nos permitió entender que la temperatura tiene relación directa con dos puntos sensibles en la producción de harina de insectos. La disponibilidad de huevos para sembrar con la fuente de proteína, y la posterior velocidad de engorda de larvas. El trabajar en esas condiciones no nos permitió utilizar la infraestructura a su máxima capacidad. Niveles cercanos al 16% de utilización, fue muy distinto al momento en que los equipos pudieron ser instalados correctamente, incrementándose en 6 veces la capacidad utilizada.
- Utilización de la infraestructura. Inicialmente, la infraestructura productiva consideró un diseño de bajo costo y funcional de 100 m<sup>2</sup>, escalable para ser replicado en la pequeña y mediana agricultura. Se consideró una estructura liviana tipo hangar anclada en sus límites periféricos a una cadena de hormigón armado. En el interior se instalaron subdivisiones móviles por áreas productivas que permitieron aislar a los distintos grupos productivos y o fases de desarrollo de los insectos. La infraestructura de incubación se desarrolló a partir de la información y experiencia que se obtuvo en la gira tecnológica.

Vista de Planta



Vista Frontal

"Frontal Puerta 1 Idem. Puerta 2"



El problema es que el diseño inicial consideraba un área de engorda muy limitado, lo que no permitió obtener la producción esperada.

- Mortalidad de peces: Otra problemática fue el fuerte incremento en la mortalidad de los peces presentes en la prueba de alimentación. Se produjo posterior a los primeros 40 días de consumo de alimento, y no se adjudica a la presencia de harina de insectos, ya que fue transversal para todos los tratamientos. Es probable que el estado de desarrollo de los alevines proporcionados por Aquagen haya sido precoz o que algún patógeno no identificado por Biomar causa la mortalidad, que no pudo detenerse.

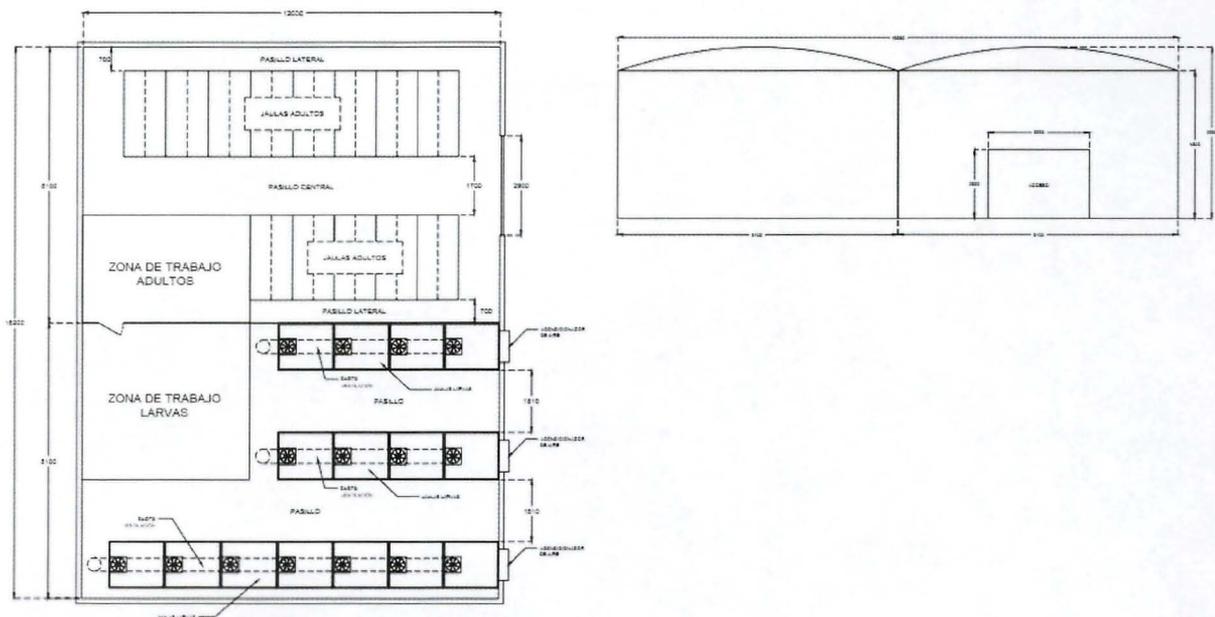
### 3.3 Adaptaciones o modificaciones introducidas durante la ejecución del proyecto.

- Caracterización de especies. Como medida a lo descrito en el punto 3.2 se retrasó el inicio de la etapa de búsqueda para diciembre del 2013. Una vez concluida la fase de evaluación de los grupos de insecto, se priorizó el trabajo los grupos que presentaban mayor potencial productivo en relación a la duración del ciclo de vida, fecundidad y factibilidad técnica. Se realizó un estudio de caracterización y descripción de los ciclos de vida de las especies en el proyecto, donde se explica la clasificación científica, características generales (tamaño, proyección de vida), el hábitat, alimentación reproducción, fecundidad y ciclo de vida. Se incluyeron las especies *Musca doméstica*, *Tenebrio molitor* y *Acheta doméstica*.
- Control térmico: La razón principal fue la falta de capacidad eléctrica que permitiera sostener el consumo de los equipos climatizadores, refrigeradores y otros. Hubo que solicitar a la compañía eléctrica el reemplazo del transformador y la consecuente instalación eléctrica, proceso que tomó más meses de lo esperado. Como medida alternativa, se instalaron termoventiladores, pero que, al tener un área de influencia menor, el impacto sobre la producción y reproducción no fue la esperada.

Luego, cuando las instalaciones eléctricas fueron las adecuadas, se instalaron los equipos climatizadores correctos y la producción se estandarizó. Para poder cumplir con las actividades programadas, se solicitó un cambio en la fecha término del proyecto, quedando como la nueva fecha de término, junio del año 2016.

- Obtención de huevos. Ante la escasez inicial, se decidió incrementar las zonas de capturas de huevos. Ya no solo serían de las moscas presentes en el centro experimental, sino que se replicó la instalación de cebos en distintas zonas resguardadas de la ciudad de Puerto Montt, permitiendo contar con el material necesario para sustentar la producción.
- Utilización de la infraestructura. Fue posible entender que la superficie y dimensiones iniciales debían ser modificadas en función de la búsqueda de mayor eficiencia.

Se propuso incrementar de 100 m<sup>2</sup> a 200 m<sup>2</sup>, con la finalidad de aumentar la superficie destinada a engorda de larvas y al mismo tiempo, contar con más reproductoras que proporcionen huevos.



Espacios “perdidos” fueron considerados productivos, permitiendo incrementar en 5 veces el área donde engorda de larvas de insectos, lo que es fundamental para alcanzar los volúmenes esperados. El diseño descrito en el plano fue efectivo, pero a un alto costo por kilogramo producido.

Fuera del plano propuesto inicialmente, se postula incrementar nuevamente el área productiva. Disminuyendo el ancho de los pasillos, es posible incorporar un nuevo tren de 4 reactores y reordenando el área de trabajo de larvas, se puede extender uno de los trenes de 4 reactores a 7 reactores. El

incremento de esos 7 reactores permitiría aumentar la productividad en las naves de 200 m<sup>2</sup>, disminuyendo el costo de producción por kilogramo de harina. Más detalles en la evaluación económica posterior.

Además, se incluyeron reactores productivos como se ha comentado en el informe, aumentando la eficiencia en la utilización dimensional de la infraestructura en otras 5 veces e incrementando la superficie de los tubos que contienen las larvas en engorda.

- Mortalidad en peces. Nuevamente se solicita aplazamiento de término de proyecto (junio a octubre 2016), para poder repetir experiencia en peces, por la relevancia de sus resultados. Se reemplazan los peces y se comienza una nueva prueba en las mismas instalaciones, posterior a una desinfección profunda.

#### **IV DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROGRAMADAS Y TAREAS EJECUTADAS PARA LA CONSECUCCIÓN DE LOS OBJETIVOS COMPARACIÓN CON LAS PROGRAMADAS, Y RAZONES QUE EXPLICAN LAS DISCREPANCIAS.**

A continuación, presentamos la carta Gantt para sustentar el análisis de brecha.

N° OE	N° RE	Actividades	año 2013				año 2014				año 2015				año 2016				
			trimestre																
			Ene-Mar	Abr-Jun	Jul-Sep	Oct-Dic	Ene-Mar	Abr-Jun	Jul-Sep	Oct-Dic	Ene-Mar	Abr-Jun	Jul-Sep	Oct-Dic	Ene-Mar	Abr-Jun	Jul-Sep	Oct-Dic	
1	1	Estudio entomológico en ambiente terrestre y acuícola, para identificar y colectar a los grupos de insectos con mayor abundancia																	
		Estudio entomológico para determinar los ciclos de vida de los grupos de insectos con mayor abundancia en el medioambiente																	
		Desarrollo experimental en hatchery de insectos del ciclo de vida de los insectos identificados con mayor potencial productivo																	
	2	Estudio de los contenidos proteicos y aminoácidos de los distintos estados de desarrollo existentes de los grupos de organismos colectados e identificados con mayor abundancia en la naturaleza.																	
		Estudio de los contenidos ácidos grasos presente en los distintos estados de desarrollo existentes de los grupos de organismos colectados e identificados con mayor abundancia en la naturaleza																	
		Gira tecnológica dos personas a países productores de insectos																	
	4	Diseño y evaluación económica de la infraestructura hatchery de insecto																	
		Construcción y evaluación económica del hatchery de insectos																	
		Diseño y habilitación de infraestructura productiva																	
		Estrategia que defina el escalamiento constructivo de la infraestructura hatchery de insectos																	
		Reproducción de uno o más grupos de insectos																	
	5	Crianza de uno o más grupos de insectos																	
Cosecha de uno o más grupos de insectos																			
Secado de los insectos cosechados																			
6	Molienda y tamizaje de la harina																		
	Estabilizado y envasado																		
	Evaluación Proyección costo Harina de insecto																		
7	Evaluación y tendencia mercado alternativo (harina de insecto)																		
	Formulación alimento																		
8	Fabricación de alimento y control de calidad																		
	Validación perfil Bioquímico Proximal final																		
	Estudios de digestibilidad del alimento																		
	Cultivo experimental para comparar desempeño del alimento a nivel productivo																		
9	Registro de variables productivas (factor conversión, tasa de crecimiento y mortalidad)																		
	Valoración Mercado																		
10	Formulación e ingreso solicitud de patente INAPI																		
	Identificación de áreas geográficas aptas para la actividad productiva de insectos																		
11	Seminarios focalizados en productores agrícolas rurales																		
	Talleres de Transferencia tecnológica a productores agrícolas rurales																		
12	Evaluación comercial de la harina de insecto en la industria productora de alimentos para peces																		

Proyectado  
Efectiva

La gran mayoría se ejecutaron en la fecha programada, salvo el estudio entomológico, inicio de desarrollo experimental, evaluaciones de mercado, formulación y fabricación de dietas.

Otras comenzaron antes, como el inicio de los perfiles nutricionales de las producciones que se iban obteniendo y el conocimiento de la tecnología de procesamiento de las muestras (secado y molienda).

Hubo una actividad que tuvo dos instancias, que es el diseño y evaluación económica de la infraestructura, ya que hubo que modificar el sistema de engorda, generando un reactor que permite incrementar la producción por superficie. Fue probado al final del proyecto y cumple con lo esperado.

Finalmente, hubo una actividad que no se pudo realizar que es la formulación e ingreso de la solicitud de patente a INAPI.

## **V. RESULTADOS DEL PROYECTO.**

### 5.1 Resultados parciales obtenidos.

#### Curva NIRS

Una vez estandarizada la producción, se analizaron muchas muestras en laboratorio, para poder determinar en valor nutricional promedio que se puede obtener en escala productiva.

La tecnología NIRS permite obtener las concentraciones de aporte nutricional en unos minutos. Se basa en tecnología infrarroja, que interpreta a través de curvas de funciones generada por datos históricos.

En el cuadro 1 se pueden apreciar los niveles de proximales y perfil de ácidos grasos de 30 muestras al azar, las cuales posteriormente fueron analizadas en equipo NIRS, para la creación de una curva de lectura. La cantidad de muestras fue insuficiente, pero se podrá ir alimentando con nuevas muestras y así crear una biblioteca de funciones, que permitan obtener estimaciones instantáneas de la composición nutricional de futuras producciones.

Cuadro 1. Composición nutricional de muestras de harina de larvas de mosca *Calliphora vicina*.

Muestra	Proteína (%)	Humedad (%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)	Muestra	Ac. Grasos Saturados	Ac. Grasos Monoinsaturados	Ac. Grasos Poliinsaturados	EPA	DHA
Promedio	53,3	7,1	32,0	8,3	Promedio	5,5	11,2	4,5	1,6	0,9
DS	5,31	1,90	5,17	1,41	DS	1,06	1,76	1,83	0,71	0,30
1	54,3	5,9	31,8	8,0	1	4,8	10,0	0,66	0,36	0,3
2	50,6	4,5	39,9	5,7	2	7,0	13,2	4,77	2,75	1,29
3	49,0	5,5	36,7	8,4	3	7,2	13,2	5,81	2,4	1,21
4	52,8	7,4	29,5	9,8	4	4,9	10,4	5,13	1,29	0,7
5	59,4	7,6	23,2	9,2	5	3,8	8,5	3,75	1,2	0,69
6	50,2	4,6	35,7	8,6	6	5,1	10,9	5,3	1,34	0,74
7	62,0	9,6	28,2	11,0	7	4,7	9,7	2,18	1	0,78
8	58,4	5,8	28,1	8,7	8	5,5	10,4	2,53	1,27	0,98
9	53,2	7,3	32,7	7,4	9	4,9	10,6	4,72	1,26	0,76
10	52,3	8,6	29,6	8,6	10	7,2	14,3	4,06	1,99	1,18
11	53,2	8,3	28,6	8,9	11	4,9	10,4	1,47	0,86	0,52
12	52,3	6,8	30,2	10,0	12	5,2	10,9	5,33	1,34	0,72
13	46,5	10	38,2	6,6	13	6,6	12,8	5,44	3,46	1,59
14	58,5	6,8	25,5	8,8	14	4,1	9,0	4,64	1,31	0,61
15	46,6	4	40,3	8,4	15	6,3	13,7	8,7	1,73	1,1
16	63,2	8,8	28,0	10,9	16	4,4	8,6	3,08	1,92	0,99
17	68,8	5,3	19,5	8,3	17	4,5	9,2	2,36	1,27	0,95
18	57,5	6,6	27,6	7,8	18	4,9	10,7	4,91	1,36	0,8
19	49,3	4,3	37,2	8,9	19	7,7	15,0	4,43	2,19	1,28
20	54,7	7,4	27,3	11,0	20	5,1	10,8	5,35	1,36	0,73
21	52,2	3,7	35,7	8,5	21	5,5	11,3	6,26	1,78	1,02
22	53,2	9,6	30,9	5,9	22	5,8	11,0	2,54	1,4	0,71
23	46,1	9,3	38,6	6,4	23	7,0	13,7	5,67	3,71	1,65
24	48,3	8,1	37,2	6,9	24	6,4	13,7	8,69	1,74	1,08
25	48,2	9,7	35,9	6,7	25	7,0	12,9	5,63	2,36	1,11
26	52,6	5,4	33,0	8,7	26	4,9	10,6	4,88	1,36	0,8
27	55,0	7,5	28,6	9,2	27	5,0	10,8	5,13	1,36	0,76
28	50,2	5,5	35,7	8,6	28	4,1	9,3	4,78	1,36	0,64
29	47,9	9,3	36,2	6,4	29	5,5	10,8	2,21	1,32	0,89
30	54,0	8,6	29,3	7,8	30	4,8	10,6	4,81	1,33	0,78

Otro resultado parcial obtenido es el seguimiento de los parámetros productivos en la evaluación de las dietas elaboradas con distintos niveles de harina de insecto en reemplazo de la harina de pescado. Se pretendía evaluar la eficiencia en la conversión del alimento, sin embargo, y como se explica en el informe, las instalaciones facilitadas por Biomar no contaban con la tecnología que permitiera la recolección del alimento no consumido por los peces, por lo que es imposible determinar lo que es efectivamente aprovechado por los individuos y relacionarlo con la biomasa producida. Si se realizó seguimiento de mortalidades y crecimiento, siendo éste último un parámetro mucho más importante para determinar el potencial de una fórmula versus otra.

## 5.2 Logro de Hitos

Con respecto a los hitos, se detallan los resultados esperados, con la fecha en que se cumplió.

Hitos críticos <sup>1</sup>	Resultado Esperado <sup>2</sup> (RE)	Fecha de cumplimiento (mes y año)
1. Recolección de insectos para la actividad de reproducción de los insectos e inicio de actividad productiva	5 o 6 grupos de insectos identificados por su sexo	Julio 2015
2. Implementar procedimientos productivos y tecnológicos que permitan la producción controlada de los ciclos de vida de los distintos organismos seleccionados para su crianza	Procedimiento tecnológico y operacional para la producción de los insectos identificados con potencial nutricional	Octubre 2016
3. Diseño de infraestructura de producción de insectos de bajo costo y fácil adaptación a la actividad agrícola	Infraestructura tipo invernadero bajo costo que permita un adecuado nivel de aislación térmica y permita el confinamiento controlado de los insectos.	Octubre 2015
4. Identificar organismos que presenten una relación de alta fecundidad – ciclos de vida cortos	Uno o más organismos con indicador de productividad promedio diaria por ciclo de vida superior a 5 embriones diarios.	Enero 2015
5. Identificar organismos que cuenten con una adecuada relación perfil bioquímico, aminoácidos y micronutrientes	Contenido proteico superior a 65% con adecuada relación aminoácidos y contenido graso superior a 15%.	Mayo 2015
6. Producción del ingrediente (harina de insecto) a partir de los insectos cosechados. Secado, molienda, tamizado y estabilizado	Ingrediente en polvo, estable, con propiedades físicas adecuadas y cuyo contenido proteico sea igual o superior a 65% y cuyo contenido graso sea igual o superior al 10%, listo para ser integrados en la formulación de dietas para salmones y trucha etapa agua dulce 1° alimentación y hasta 10 gramos de peso.	Febrero 2016
7. Formulación y fabricación de la dieta a base de entoproteína	Dieta a base de harina de insectos, lista para ser utilizada a nivel de prueba en la etapa de producción agua dulce 1° alimentación y hasta 10 gramos de peso.	Marzo 2016
8. Prueba experimental de la dieta en peces etapa agua dulce desde primera alimentación y hasta 10 grs de peso	Evaluación de distintas variables productivas (factor de conversión, factor de crecimiento, mortalidad, etc.), comparando la dieta elaborada a base de entoproteína, versus una formulación control de mercado	Abril 2016

<sup>1</sup> Un hito representa haber conseguido un logro importante en el proyecto, por lo que deben estar asociados a los resultados de éste. El hecho de que el hito suceda, permite que otras tareas puedan llevarse a cabo.

<sup>2</sup> Un hito puede estar asociado a uno o más resultados esperados y/o a resultados intermedios.

- Hito 1. La identificación y recolección de insectos se llevó a cabo en un 100%. Si bien, tomó más tiempo de lo esperado, se ejecutó.
- Hito 2. Procedimiento tecnológico y operacional implementado un 100% durante el proyecto.
- Hito 3. Infraestructura propuesta e implementada a inicios del 2014. El hito relaciona la infraestructura con el control térmico, que recién se pudo implementar a mediados del año 2015, por lo que su cumplimiento se retrasa, pero se cumple en un 100%.
- Hito 4. Identificar organismos que presenten una relación de alta fecundidad – ciclos de vida cortos. Se identificaron los grupos de insectos y se decidió continuar con la orden díptera. Es decir, moscas en desmedro de coleópteros y grillos. Se cumple en un 100%.
- Hito 5. Identificar organismos que cuenten con una adecuada relación de perfil bioquímico, aminoácidos y micronutrientes. Se logró encontrar una especie, como la mosca *Calliphora vicina*, que, al ser carnívora, puede consumir productos marinos, ricos en ácidos grasos poliinsaturados, y que son retenidos por las larvas, transfiriéndose a la harina resultante. Eso, junto a un interesante perfil de aminoácidos esenciales, permiten catalogarla como la mejor alternativa para reemplazar la harina de pescado. Se cumple en un 100%.
- Hito 6. Producción del ingrediente (harina de insecto) a partir de los insectos cosechados. Secado, molienda, tamizado y estabilizado. El procesado de las larvas fue un desafío. Inicialmente se intentaron secar las larvas completas, pero por la presencia de quitina en su estructura superficial, la extracción del agua desde el interior fue muy lenta. Se decidió procesar las larvas para la obtención de una pasta, que fue expuesta al calor en hornos, y posteriormente en estufa de convección de aire. Luego, la molienda se realizó con equipos de uso tradicional, como jugueras y procesadoras de alimento. Es posible trabajar con ellas. En una escala industrial se debe incrementar las unidades, o saltar a mayor tecnología. El estabilizado se logró con la conservación al vacío y almacenando a bajas temperaturas, para evitar la

oxidación de los lípidos presentes. Si bien, no se llega al 65% de proteína cruda que se describió inicialmente (53% PC), si se obtienen niveles muy por sobre el 10% de grasa (32%), junto a las características físicas y nutricionales esperadas. La mayor cantidad de lípidos disminuye la proporción de proteína. Si, hipotéticamente, bajamos la grasa a 10%, se concentrará la proteína, llegando al porcentaje descrito en el plan operacional. Por eso, se cumple en un 100%.

- Hito 7. Formulación y fabricación de la dieta a base de entoproteína. Biomar formula y CEUS Llanquihue fabrica dietas con diferentes inclusiones de harina de pescado en reemplazo de harina de pescado. Se cumple en 100%.
- Hito 8. Prueba experimental de la dieta en peces etapa agua dulce desde primera alimentación y hasta 10 grs de peso. Si bien, se logró probar en peces, y mantener la prueba el tiempo suficiente como para permitir expresar el potencial de crecimiento de los grupos, hubo parámetros importantes que no se pudieron controlar. El más relevante de los que no se pudo obtener es el factor de conversión, principalmente, porque las instalaciones utilizadas no permitían la recolección del alimento no digerido, por lo que era imposible determinar el alimento realmente consumido por los grupos de peces. Solo se realizó un correcto seguimiento de las mortalidades y crecimiento, por lo que el hito se cumple en un 80%.

### 5.3 Evaluación económica con y sin proyecto.

Previo al proyecto, es necesario analizar la realidad de la utilización de harina de pescado.

Si consideramos los últimos 48 meses, el promedio del costo por tonelada de harina de pescado es de US\$1.600 (Figura 1). Las escalas no son comparables. Una sola empresa (la más grande del mundo, TASA – Perú) produce 230.000 toneladas anuales.

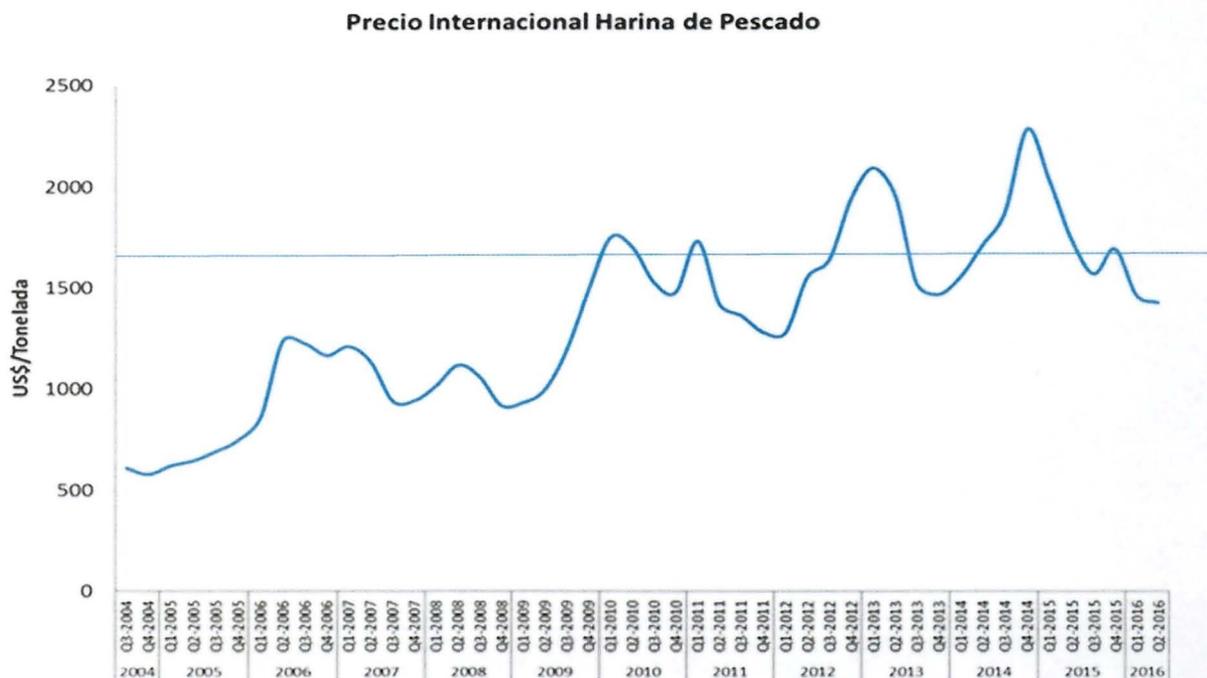


Figura 1. Evolución del precio internacional de Harina de Pescado.

De todas maneras, para poder considerar a la harina de insectos como una alternativa a la harina de pescado, debe ser obligatoriamente, con un costo menor.

Si es mayor, debe ser considerado un valor agregado que no es muy claro en la actualidad, y que esté dispuesto a ser desembolsado por el cliente final.

Es por eso, que, dentro del análisis, se considerará el costo de producción de larvas de insecto calculado en el transcurso del proyecto, y se comparará con el valor internacional de la harina de pescado.

### Análisis económico con proyecto

Previo al desglose de los costos operativos debemos revisar los asociados a la implementación de la infraestructura y equipamientos necesarios para sustentar la producción.

Como se puede observar en la tabla, el costo total de la nave productiva de 200 m<sup>2</sup> y el equipamiento necesario para producir es de \$22.689.517. Todos los valores considerados se obtuvieron de cotizaciones y compras realizadas durante el proyecto, por lo que se ajustan a la realidad. Pueden ser confirmadas dentro del informe financiero, ya que existe registro de las compras. En el caso de la infraestructura, se consideran dos naves de 100 m<sup>2</sup> para completar la superficie necesaria.

<b>Inversión Crianza de larvas y prod harina</b>	unidades	m2	valor unitario	total
Invernadero larvas y harina Policarbonato	2	100	\$6.718.000	\$13.436.000
Reactor larvas	15		\$418.000	\$6.270.000
Extracción y tratamiento olores	1		\$50.000	\$50.000
Equipos climatización	2		\$527.500	\$1.055.000
Iluminación	2		\$200.000	\$400.000
Equipo Molienda	3		\$25.000	\$75.000
Mesones de trabajo	2		\$50.000	\$100.000
Estufa de secado	1		\$999.500	\$999.500
Equipo Refrigeración	1		\$252.017	\$252.017
Jaulas crianza	13		\$4.000	\$52.000
<b>Total</b>				<b>\$22.689.517</b>

La incorporación de nuevas naves productivas requiere una inversión similar a la descrita.

Luego, basándonos en argumentos técnicos adquiridos durante el transcurso del proyecto, y revisando supuestos productivos y comerciales, podemos determinar lo siguiente:

Supuestos:

Infraestructura productiva: 200 m<sup>2</sup> en total, contemplando área de reproductoras, pasillos, zonas de trabajos y engorda de larvas. Si bien, ésta última se ubica en 48 m<sup>2</sup>, se considera la superficie total, ya es que necesaria para poder sustentar la producción. El cálculo de rendimiento contempla la producción obtenida en la nave, y lo relaciona a la totalidad de la superficie. Es decir, biomasa producida, medida en kilogramos, dividida en los 200 m<sup>2</sup>. En la tercera propuesta, que se revisará a continuación utiliza 70,4 m<sup>2</sup> para engorda de larvas.

Escenario 1. Engorda en tubos simples de pvc. Situación original.

Productividad: 9 kilogramos de larvas vivas por m<sup>2</sup> al mes.

Rendimiento larvas a harina: 30%

Costo alimento: \$15.000 por tonelada. Asociado a gastos operacionales de retiro de desechos de pescado obtenidos en plantas, ferias libres y/o restaurantes.

Rendimiento de desechos: 40%

Costo mano de obra mensual \$500.000

Precio venta harina de insectos: \$1.088.000 por tonelada (US\$1.600 por tonelada, con dólar a \$680).

Separado en naves de producción de 200 m<sup>2</sup>, se considera el primer año de implementación de una unidad productiva, que genera 6,4 toneladas de harina de larva de insectos anuales.

El detalle completo en archivo Excel adjunto.

Evaluación 2017- 2027		Tasa 12%										
Infraestructura productiva completa (m2)	200											
Infraestructura productiva \$	\$22.689.517											
Productividad larvas kg/m2/mes	9											
Costo desechos de pescado/ton.	\$15.000											
Rendimiento % desechos	40%											
Rendimiento larvas/h. de larvas (%)	30%											
HRH \$ / mes	\$500.000											
Precio venta harina insecto US\$ / ton	\$1.600											
Precio venta harina insecto \$ / ton	\$1.088.000											
		Naves										
		1	2	2	3	3	4	5	5	6	6	
Nº RR+H		1,5	3	3	4,5	4,5	6	6	7,5	7,5	9	9
Producción H. de insecto Ton/año		6,394545	12,78909	12,78909	19,183635	19,183635	25,57818	25,57818	31,972725	31,972725	38,36727	38,36727
<b>ÍTEM</b>												
Año		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
<b>INGRESOS</b>												
Venta de harina Insecto		6.957.265	13.914.530	13.914.530	20.871.795	20.871.795	27.829.060	27.829.060	34.786.325	34.786.325	41.743.590	41.743.590
<b>INGRESOS TOTALES</b>		6.957.265	13.914.530	13.914.530	20.871.795	20.871.795	27.829.060	27.829.060	34.786.325	34.786.325	41.743.590	41.743.590
<b>EGRESOS</b>												
RR+H		9.000.000	18.000.000	18.000.000	27.000.000	27.000.000	36.000.000	36.000.000	45.000.000	45.000.000	54.000.000	54.000.000
Operación + Mantención		2.000.000	4.000.000	4.000.000	6.000.000	6.000.000	8.000.000	8.000.000	10.000.000	10.000.000	12.000.000	12.000.000
Costos Variables de Producción Alimento		799.318	1.598.636	1.598.636	2.397.954	2.397.954	3.197.273	3.197.273	3.996.591	3.996.591	4.795.909	4.795.909
Gastos de Adm., Ventas y Comerc.		10.000.000	20.000.000	20.000.000	30.000.000	30.000.000	40.000.000	40.000.000	50.000.000	50.000.000	60.000.000	60.000.000
Depreciación y Amortización		1.134.476	2.268.952	2.268.952	3.403.428	3.403.428	4.537.903	4.537.903	5.672.379	5.672.379	6.806.855	6.806.855
<b>EGRESOS TOTALES</b>		22.933.794	45.867.588	45.867.588	68.801.382	68.801.382	91.735.176	91.735.176	114.668.970	114.668.970	137.602.764	137.602.764
<b>UTILIDAD ANTES IMPUESTO</b>		-15.976.529	-31.953.058	-31.953.058	-47.929.587	-47.929.587	-63.906.116	-63.906.116	-79.882.645	-79.882.645	-95.859.174	-95.859.174
Impuesto a las utilidades (19%)		-3.035.541	-6.071.081	-6.071.081	-9.106.622	-9.106.622	-12.142.162	-12.142.162	-15.177.703	-15.177.703	-18.213.243	-18.213.243
Utilidad después de impuesto		-12.940.989	-25.881.977	-25.881.977	-38.822.966	-38.822.966	-51.763.954	-51.763.954	-64.704.943	-64.704.943	-77.645.931	-77.645.931
Más Depreciación y Amortización		-11.806.513	-23.613.025	-23.613.025	-35.419.538	-35.419.538	-47.226.051	-47.226.051	-59.032.563	-59.032.563	-70.839.076	-70.839.076
<b>INVERSIONES</b>												
Infraestructura productiva + Equipos		22.689.517	22.689.517		22.689.517		22.689.517		22.689.517		22.689.517	
<b>FLUJO NETO CAJA</b>		-38.666.046	-54.642.575	-31.953.058	-70.619.104	-47.929.587	-86.595.633	-63.906.116	-102.572.162	-79.882.645	-118.548.691	-95.859.174
<b>RESULTADOS</b>												
TIR (%)		#NUM!										
VAN (12%)		-\$ 381.644.100										

Con la evaluación económica se obtuvo el costo de producción, que asciende a \$3.586.462 por tonelada de harina producida. En dólares, US\$ 5274, siendo muy mayor a los US\$ 1.600 de promedio que observamos en la harina de pescado, por lo que, a ese costo es imposible que se constituya en una alternativa a las formulaciones actuales.

Ahora bien, sin modificar la productividad descrita, y fijando en un 20% la diferencia entre el costo de producción y el precio de venta, éste último tendría que ser US\$ 6.350, como se ve a continuación.

Evaluación 2017- 2027		Tasa 12%										
Infraestructura productiva completa (m2)	200											
Infraestructura productiva \$	\$22.689.517											
Productividad larvas kg/m2/mes	9											
Costo desechos de pescado/ton.	\$15.000											
Rendimiento % desechos	40%											
Rendimiento larvas/h. de larvas (%)	30%											
HRRR \$ / mes	\$500.000											
Precio venta harina insecto US\$ / ton	\$6.350											
Precio venta harina insecto \$ / ton	\$4.318.000											
		Naves										
		1	2	2	3	3	4	5	5	6	6	
Nº RR+H		1,5	3	3	4,5	4,5	6	6	7,5	7,5	9	9
Producción H. de insecto Ton/año		6,394545	12,78909	12,78909	19,183635	19,183635	25,57818	25,57818	31,972725	31,972725	38,36727	38,36727
ITEM												
Año		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
<b>INGRESOS</b>												
Venta de harina Insecto		27.611.645	55.223.291	55.223.291	82.834.936	82.834.936	110.446.581	110.446.581	138.058.227	138.058.227	165.669.872	165.669.872
<b>INGRESOS TOTALES</b>		27.611.645	55.223.291	55.223.291	82.834.936	82.834.936	110.446.581	110.446.581	138.058.227	138.058.227	165.669.872	165.669.872
<b>EGRESOS</b>												
RR+H		9.000.000	18.000.000	18.000.000	27.000.000	27.000.000	36.000.000	36.000.000	45.000.000	45.000.000	54.000.000	54.000.000
Operación + Mantenimiento		2.000.000	4.000.000	4.000.000	6.000.000	6.000.000	8.000.000	8.000.000	10.000.000	10.000.000	12.000.000	12.000.000
Costos Variables de Producción Alimento		799.318	1.598.636	1.598.636	2.397.954	2.397.954	3.197.273	3.197.273	3.996.591	3.996.591	4.795.909	4.795.909
Gastos de Adm., Ventas y Comerc.		10.000.000	20.000.000	20.000.000	30.000.000	30.000.000	40.000.000	40.000.000	50.000.000	50.000.000	60.000.000	60.000.000
Depreciación y Amortización		1.134.476	2.268.952	2.268.952	3.403.428	3.403.428	4.537.903	4.537.903	5.672.379	5.672.379	6.806.855	6.806.855
<b>EGRESOS TOTALES</b>		22.933.794	45.867.588	45.867.588	68.801.382	68.801.382	91.735.176	91.735.176	114.668.970	114.668.970	137.602.764	137.602.764
<b>UTILIDAD ANTES IMPUESTO</b>		4.677.851	9.355.703	9.355.703	14.033.554	14.033.554	18.711.405	18.711.405	23.389.257	23.389.257	28.067.108	28.067.108
Impuesto a las utilidades (19%)		888.792	1.777.584	1.777.584	2.666.375	2.666.375	3.555.167	3.555.167	4.443.959	4.443.959	5.332.751	5.332.751
Utilidad después de impuesto		3.789.060	7.578.119	7.578.119	11.367.179	11.367.179	15.156.238	15.156.238	18.945.298	18.945.298	22.734.357	22.734.357
Más Depreciación y Amortización		4.923.535	9.847.071	9.847.071	14.770.606	14.770.606	19.694.142	19.694.142	24.617.677	24.617.677	29.541.213	29.541.213
<b>INVERSIONES</b>												
Infraestructura productiva + Equipos		22.689.517	22.689.517		22.689.517		22.689.517		22.689.517		22.689.517	
<b>FLUJO NETO CAJA</b>		-18.011.666	-13.333.814	9.355.703	-8.655.963	14.033.554	-3.978.112	18.711.405	699.740	23.389.257	5.377.591	28.067.108
<b>RESULTADOS</b>												
TIR (%)		16%										
VAN (12%)		\$ 7.375.450										

Escenario 2. Propuesta de modificación productiva con la incorporación de 15 reactores.  
Propuesta de segundo plano.

Productividad: 17 kilogramos de larvas vivas por m<sup>2</sup> al mes.

Rendimiento larvas a harina: 30%

Costo alimento: \$15.000 por tonelada. Asociado a gastos operacionales de retiro de desechos de pescado obtenidos en plantas, ferias libres y/o restaurantes.

Rendimiento de desechos: 40%

Costo mano de obra mensual \$500.000

Precio venta harina de insectos: Ya entendiendo que no se pudo igualar al precio internacional de la harina de pescado, se ajustará a obtener un 20% de diferencia entre el costo de producción y precio de venta. En este caso es US\$ 3350 por tonelada producida de harina de insectos.

Separado en naves de producción de 200 m<sup>2</sup>, se considera el primer año de implementación de una unidad productiva, que genera 12,52 toneladas de harina de larva de insectos anuales.



Separado en naves de producción de 200 m<sup>2</sup>, se considera el primer año de implementación de una unidad productiva, que genera 18,36 toneladas de harina de larva de insectos anuales.

El detalle completo en archivo Excel adjunto.

Evaluación 2017- 2027		Tasa 12%									
Infraestructura productiva completa (m2)	200										
Infraestructura productiva \$	\$22.689.517										
Productividad larvas kg/m2/mes	26										
Costo desechos de pescado/ton.	\$15.000										
Rendimiento % desechos	40%										
Rendimiento larvas/h. de larvas (%)	30%										
H-HRR \$ / mes	\$500.000										
Precio venta harina insecto US\$ / ton	\$2.350										
Precio venta harina insecto \$ / ton	\$1.598.000										
		Naves									
Nº RR-H	1,5	3	3	4,5	4,5	6	6	7,5	7,5	9	9
Producción H. de insecto Ton/año	18,36655425	36,7331085	36,7331085	55,0996628	55,0996628	73,466217	73,466217	91,83277125	91,83277125	110,1993255	110,1993255
ÍTEM											
Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
INGRESOS											
Venta de harina insecto	29.349.754	58.699.507	58.699.507	88.049.261	88.049.261	117.399.015	117.399.015	146.748.768	146.748.768	176.098.522	176.098.522
INGRESOS TOTALES	29.349.754	58.699.507	58.699.507	88.049.261	88.049.261	117.399.015	117.399.015	146.748.768	146.748.768	176.098.522	176.098.522
EGRESOS											
RR-H	9.000.000	18.000.000	18.000.000	27.000.000	27.000.000	36.000.000	36.000.000	45.000.000	45.000.000	54.000.000	54.000.000
Operación + Mantenimiento	2.000.000	4.000.000	4.000.000	6.000.000	6.000.000	8.000.000	8.000.000	10.000.000	10.000.000	12.000.000	12.000.000
Costos Variables de Producción Alimento	2.295.819	4.591.639	4.591.639	6.887.458	6.887.458	9.183.277	9.183.277	11.479.096	11.479.096	13.774.916	13.774.916
Gastos de Adm., Ventas y Comerc.	10.000.000	20.000.000	20.000.000	30.000.000	30.000.000	40.000.000	40.000.000	50.000.000	50.000.000	60.000.000	60.000.000
Depreciación y Amortización	1.134.476	2.268.952	2.268.952	3.403.428	3.403.428	4.537.903	4.537.903	5.672.379	5.672.379	6.806.855	6.806.855
EGRESOS TOTALES	24.430.295	48.860.590	48.860.590	73.290.885	73.290.885	97.721.181	97.721.181	122.151.476	122.151.476	146.581.771	146.581.771
UTILIDAD ANTES IMPUESTO	4.919.459	9.838.917	9.838.917	14.758.376	14.758.376	19.677.834	19.677.834	24.597.293	24.597.293	29.516.751	29.516.751
Impuesto a las utilidades (19%)	934.697	1.869.394	1.869.394	2.804.091	2.804.091	3.738.789	3.738.789	4.673.486	4.673.486	5.608.183	5.608.183
Utilidad después de impuesto	3.984.761	7.969.523	7.969.523	11.954.284	11.954.284	15.939.046	15.939.046	19.923.807	19.923.807	23.908.569	23.908.569
Más Depreciación y Amortización	5.119.237	10.238.475	10.238.475	15.357.712	15.357.712	20.476.949	20.476.949	25.596.186	25.596.186	30.715.424	30.715.424
INVERSIONES											
Infraestructura productiva + Equipos	22.689.517	22.689.517		22.689.517		22.689.517		22.689.517		22.689.517	
FLUJO NETO CAJA	-17.770.058	-12.850.600	9.838.917	-7.931.141	14.758.376	-3.011.683	19.677.834	1.907.776	24.597.293	6.827.234	29.516.751
RESULTADOS											
TR (%)		19%									
VAN (12%)		\$ 11.926.056									

#### 5.4 Análisis de impacto logrado a la fecha.

Los principales impactos obtenidos en el proyecto están relacionados con la sustentabilidad de la producción acuícola y la potencial generación de empleos.

En la primera, como se detalla en el punto 5.3 (escenario 3), si consideramos una dieta de la etapa de agua dulce, entre primera alimentación y 10 gramos, con un nivel de reemplazo de 30% de la harina de pescado, para sustentar la producción del primer año de 1.530 kilogramos de larvas mensuales por nave, y con un rendimiento de 40% del alimento, es necesario contar con poco más de 3.826 kilogramos de subproductos. La industria produce 700.000 toneladas anuales, de las cuales, cerca del 7% son subproductos, es decir, 49.000 toneladas anuales, o 4.000 toneladas mensuales. Eso quiere decir que el requerimiento para una nave productiva constituye un valor marginal en la cantidad de subproductos generados mensualmente en la industria acuícola. Por

otro lado, los niveles productivos nacionales de salmón cultivado son estables, por lo que al año 10 de la evaluación económica, y con 6 naves, el requerimiento mensual sería de 9,2 toneladas, o un 0,2% de la producción de subproductos. ¿Cómo puede ayudar a la sustentabilidad, si el proyecto contempla solo un 3% de retorno de la proteína descartada, al consumo de los peces? Pues bien, en el punto 6.3, se especifica que el requerimiento para una dieta de primera alimentación es de 350 toneladas mensuales de larvas. Para obtenerlas, se requieren 875 toneladas de subproductos, lo que, en el escenario productivo, constituye cerca del 20% de los generado mensualmente de desechos. Si la generación de una nueva materia prima permite devolver al sistema el 20 % de los descartes productivos, vamos a incrementar la sustentabilidad del sistema, con la generación de una fuente proteica alternativa

En cuanto al segundo impacto, la generación de empleo anual no es alta, pero tampoco es marginal. Los diseños propuestos indican que el requerimiento por nave productiva es de un técnico jornada completa, dedicado a la producción, y otro en media jornada, encargado del procesamiento y secado de las larvas obtenidas.

Del punto 6.3, se puede rescatar que, para sustentar la generación de la dieta especial, necesitan cerca de 13.461 m<sup>2</sup>. Eso quiere decir que se requieren 67 naves, y a su vez, emplearían a 134 trabajadores, distribuidos en 100 JH (jornadas hombre), ofreciendo 50 millones de pesos mensuales a la fuerza laboral local.

## 5.5 Resultados e impactos.

- Resultados productivos y harina resultante.

Como ya hemos revisado, la utilización de insectos para alimentación animal no es nuevo. Durante el proyecto, se seleccionaron especies y se decidió por trabajar con mosca azul o *Calliphora vicina*. Luego de eso hubo que decidir con que etapa del ciclo de vida. Los antecedentes previos hablan de la utilización de larvas y pupas, por el mayor contenido graso que los adultos. Por eso, preliminarmente se evaluó el aporte nutricional de ambos, obteniéndose similares niveles de proteína cruda, pero aproximadamente el doble de lípidos en las larvas, por lo que se descartó la utilización de pupas del díptero (cuadro 2). El cuadro 2 representa la comparación de un batch de larvas, las cuales un grupo fue analizado en ese estado, y otro se esperó a que se generaran las pupas para analizarlo. Los niveles obtenidos son

exclusivos de ese batch y no es representativo del gran promedio de proximales reflejado posteriormente en el cuadro 5. La explicación es simple. Como se observa luego en el cuadro 4, la especie de pescado utilizado como fuente alimenticia determina el nivel de lípidos obtenidos en la harina de larvas resultante. En el caso de la evaluación comparativa descrita en el cuadro 2, se utilizó Merluza como alimento para las larvas, que es la especie con menor contenido graso en la harina analizada en el cuadro 4.

Cuadro 2. Análisis proximal nutricional de distintas etapas de desarrollo de mosca azul.

M. Prima	Proteína Cruda	Lípidos	Fibra Cruda	Cenizas
H. Dípteros (Larvas)	50,2%	23,8%	6,5%	9,2%
H. Dípteros (Pupas)	52,6%	12,8%	9,1%	11,4%

Una vez conocida la etapa de desarrollo de la mosca, hubo que evaluar distintas fuentes proteicas para su engorda.

La larva tiene conducta carnívora, por lo que se evaluó una serie de alternativas obtenidas como subproductos de variadas producciones animales, y luego, la harina producida por larvas alimentadas con esas fuentes proteicas.

Como es posible observar en el cuadro 3, a pesar de poseer menos proteína cruda que otras fuentes, el pescado, por su mayor inclusión de lípidos, posee mayor valor nutritivo. Principalmente se entiende por ser el único que presenta niveles de ácidos grasos poliinsaturados EPA y DHA, los que son esenciales para los peces. Y si vamos más lejos, también son fundamentales para que el producto final, es decir el filete, sea una fuente de esos ácidos grasos para el consumo humano.

El contenido de ácidos grasos en un organismo puede ser moldeado por su dieta. Así es posible apreciarlo en la segunda parte del cuadro 3. Las larvas alimentadas con pescado, también contienen niveles de EPA y DHA, a diferencia de las otras, que no tuvieron una fuente alimenticia desde donde obtenerlo y retenerlo en sus tejidos.

Cuadro 3. Análisis proximal y contenido de ácidos grasos poliinsaturados en fuentes de proteína animal y larvas de mosca azul alimentadas con ellas.

Fuente Proteína Animal	Proteína (%)	Humedad (%)	Lípidos (%)	Ceniza (%)	PUFA	EPA	DHA
Pollo	19,3	69,1	10,5	0,9	2,09	0	0
Cerdo	23,8	69,8	4,8	1,11	1,5	0	0
Vacuno	20,28	73,4	4,73	0,79	0,34	0	0
Pescado	14,1	64,3	15,2	6,4	5,7	1,4	2,0

Fuente Proteína Animal	Proteína (%)	Humedad (%)	Lípidos (%)	Ceniza (%)	PUFA	EPA	DHA
H. de larvas - Pollo	53,8	10,6	31,2	3,4	4,4	0	0
H. de larvas - Cerdo	52,8	4,1	38,4	4,2	6,7	0	0
H. de larvas - Vacuno	50,8	10,8	34,0	3,9	1,3	0	0
H. de larvas - Pescado	53,3	7,1	32,0	8,3	4,5	1,6	0,9

Por todos los antecedentes citados, se decidió alimentar las larvas con pescado, Pero, ¿Qué pescado?

Para decidir que especie, debemos revisar alternativas.

Siempre se pensó como alimento de las larvas, un subproducto de otra producción animal. En el caso de pescado, se obtendría de ferias libres principalmente, ya que, actualmente, las plantas de proceso entregan sus residuos a plantas reductoras que las transforman en harina y aceite.

Bajo ese contexto, se seleccionaron 3 especies obtenidas en la zona.

En el cuadro 4 podemos observar que los mayores niveles de EPA y DHA corresponden a Sierra, sin embargo, por su baja disponibilidad, se optó por trabajar con mezclas de merluza y salmón para la engorda de las larvas a nivel industrial.

Cuadro 4. Análisis proximal y contenido de ácidos grasos poliinsaturados en larvas de mosca azul alimentadas con variadas fuentes de pescado.

Fuente de Alimento	Proteína (%)	Humedad (%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)	PUFA (g/100g)	EPA (g/100G)	DHA (g/100g)
Salmón	50,21	4,9	30,67	6,61	4,14	1,91	0,81
Merluza	55,24	8,1	21,09	8,98	4,2	1,24	0,85
Sierra	47,02	8	30,58	6,5	4,15	2,48	1,01

Finalmente, y tal como se ha revisado en el informe, la composición nutricional de la harina de larvas de *Calliphora vicina* alimentadas con subproductos de salmón y merluza, proveniente de todas las muestras analizadas durante el proyecto indican niveles aproximados de proteína cruda de 53%, humedad 7,1%, lípidos 32% y cenizas 8,3% (cuadro 5).

Por otro lado, el perfil de ácidos grasos obtenidos indica que son altos en monoinsaturados (11% aproximadamente) y adicionalmente aportan con 4,5% en ácidos grasos poliinsaturados, siendo EPA (1,6%) y DHA (0,9%) los más importantes y valiosos del punto de vista nutricional.

Cuadro 5. Composición nutricional de muestras de harina de larvas de mosca *Calliphora vicina*.

Muestra	Proteína (%)	Humedad (%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)	Muestra	Ac. Grasos Saturados	Ac. Grasos Monoinsaturados	Ac. Grasos Poliinsaturados	EPA	DHA
Promedio	53,3	7,1	32,0	8,3	Promedio	5,5	11,2	4,5	1,6	0,9
DS	5,31	1,90	5,17	1,41	DS	1,06	1,76	1,83	0,71	0,30

Finalmente, a nivel proteico, fue muy similar a la harina de pescado en concentración de aminoácidos esenciales por unidad de proteína (Figura 2). Incluso, en alguno de ellos, el aporte de la harina de insectos fue mayor, confirmando a la materia prima obtenida, como una excelente alternativa para el reemplazo parcial de la harina de pescado.

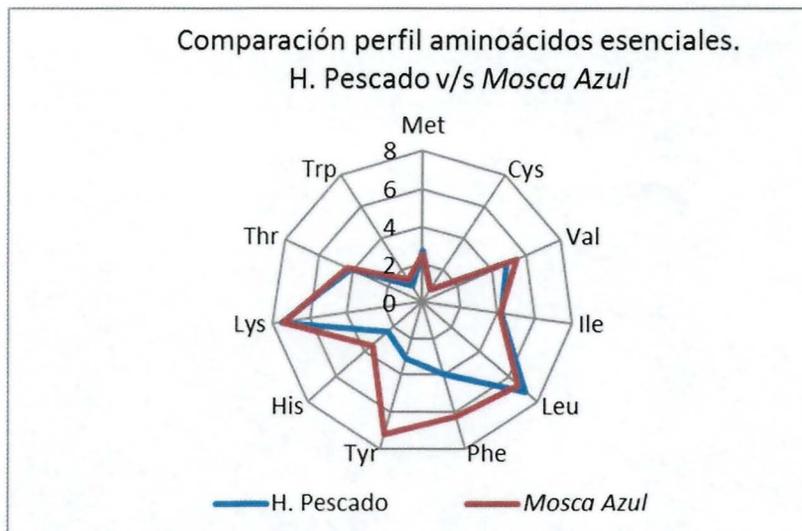


Figura 2. Concentración de aminoácidos esenciales en 100 gramos de proteína para harina de larvas de mosca azul y harina de pescado.

- Alimentación de alevines de *Salmo salar* con dietas formuladas con distintas proporciones de harina de larvas de *Calliphora vicina* en reemplazo de harina de pescado.

Con la finalidad de probar el impacto de la materia prima obtenida en el crecimiento de salmones, Biomar diseñó 5 dietas, con distintos niveles de inclusión de harina de insectos, en reemplazo de la harina de pescado tradicionalmente utilizada como fuente de proteína animal en alimentación de peces en agua dulce (cuadro 6).

Cuadro 6. Formulación con diferentes niveles de reemplazos de harina de pescado con harina de insectos.

Formula	0 %	5 %	10 %	15 %	30 %
Fish Meal	70,0	62,4	66,7	67,7	49,4
Insect Meal	0,0	5,0	10,0	15,0	30,0
Plan Protein	10,0	6,9	0,0	0,0	0,0
Wheat Flour	6,8	5,9	5,9	0,0	9,0
Starch	4,0	4,0	4,0	8,1	1,9
FO	2,6	2,2	0,9	0,0	0,0
Micro & others	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3

Fuente: Biomar

Las materias primas fueron derivadas al Centro de Estudios de la Universidad de Santiago (CEUS – USACH), en la cual se elaboraron las dietas extruidas.

#### Prueba en Peces

Los peces utilizados para la evaluación corresponden a alevines de salmón del atlántico (*Salmo salar*) de cepa Aquagen, de 0,5 gramos de peso promedio. Fueron trasladados desde piscicultura Loncostraro hasta el centro experimental de Biomar ubicado en sector Putemún, Chiloé.

Fueron agrupados durante 2 semanas en periodo de aclimatación a condiciones ambientales (13°C), consumiendo todos, la misma dieta standard.

Luego fueron dispuestos en 15 estanques de 0,5 m<sup>3</sup> con 50 peces cada uno. Los peces recibieron la dieta diferenciada por 60 días, a saciedad (SFR = 4%).

Se realizó evaluación de peso promedio inicial y final, para evitar manejos en los peces.

No se encontraron diferencias significativas para el peso final y la tasa de crecimiento entre los tratamientos (Figura 3). Incluso en el tratamiento donde hubo un 30% de inclusión de harina de insectos, los crecimientos fueron similares a la dieta standard que solo posee harina de pescado como origen de proteína animal.

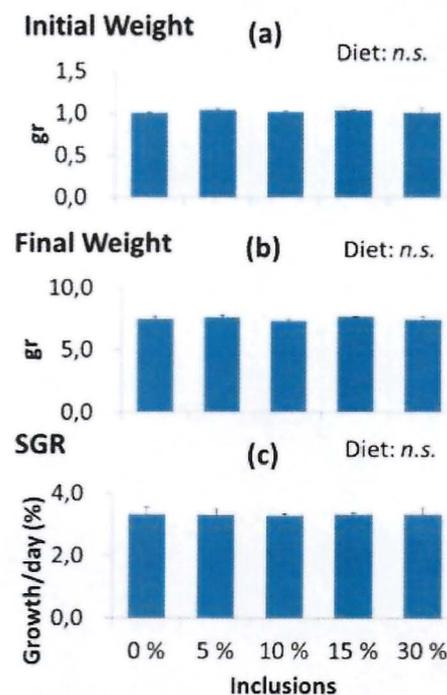


Figura 3. Resultados productivos incluyendo peso inicial, peso final y tasa de crecimiento específica en alevines de salmón del atlántico alimentados por dos meses con cinco dietas experimentales. (ns= sin diferencia significativa, test t-student).

Por otro lado, se analizaron los perfiles nutricionales de los peces a tiempo final.

Los resultados confirman que la inclusión de harina de larva de mosca no genera diferencias en parámetros productivos ni de perfil interno del pez. Los niveles de proteína cruda (15,8%) y grasa (8,5%)(cuadro 7).

Cuadro 7. Perfil proximal de peces.

Perfil proximal peces. Tiempo final					
Tratamiento	Inclusión de Harina de				
	Larvas de Mosca	Prot. (%)	Grasa (%)	Hum (%)	Ceniza (%)
A	0%	16,28	8,26	73,4	1,8
B	5%	15,4	8,02	74,3	1,88
C	10%	16,03	8,63	74,5	1,57
D	15%	15,7	8,67	73,6	2,09
E	30%	15,45	8,67	73,7	1,74
Promedio		15,8	8,5	73,9	1,8

Donde sí se pueden observar diferencias, es en el perfil de ácidos grasos de los peces pertenecientes a cada tratamiento. Específicamente, en los

niveles de EPA y DHA, donde los últimos dos tratamientos tienen menor promedio que los anteriores (cuadro 8).

Cuadro 8. Perfil de ácidos grasos pescado completo.

Tratamiento	Inclusión de Harina de Larvas de Mosca	A. Grasos Saturados	A. Grasos Monoinsaturados	A. Grasos Poliinsaturados	EPA	DHA
A-I	0%	35,6	38,5	25,9	4,3	10,9
A-II		37,7	35,0	27,3	5,0	12,3
Prom A		36,7	36,7	26,6	4,6	11,6
B-I	5%	37,0	35,0	27,9	4,8	12,0
B-II		36,9	36,8	26,3	4,5	11,0
Prom B		36,9	35,9	27,1	4,7	11,5
C-I	10%	35,4	38,4	26,2	4,4	11,0
C-II		37,8	35,6	26,6	4,8	12,2
Prom C		36,6	37,0	26,4	4,6	11,6
D-I	15%	34,2	40,1	25,7	3,9	10,3
D-II		34,4	38,4	27,2	4,5	10,5
Prom D		34,3	39,2	26,4	4,2	10,4
E-I	30%	37,8	36,0	26,2	4,8	12,2
E-II		30,3	44,0	25,7	3,5	8,8
Prom E		34,0	40,0	26,0	4,1	10,5
Promedio		36,3	37,1	26,6	4,6	

Se puede explicar porque al hacer las dietas isoenergéticas, se reemplazó el aporte de aceite de pescado por el aceite que acompañaba a la harina de insecto, la cual contiene niveles interesantes de EPA y DHA, pero nunca con la misma concentración alcanzada con el aceite de pescado. Es decir, las dietas eran isoenergéticas e isolipídicas, pero no tuvieron los mismos aportes de EPA y DHA. Y en nutrición de ácidos grasos, la concentración

en el pescado depende directamente de la concentración del alimento utilizado por dichos peces (Figura 4).

## Dietary FA (%)

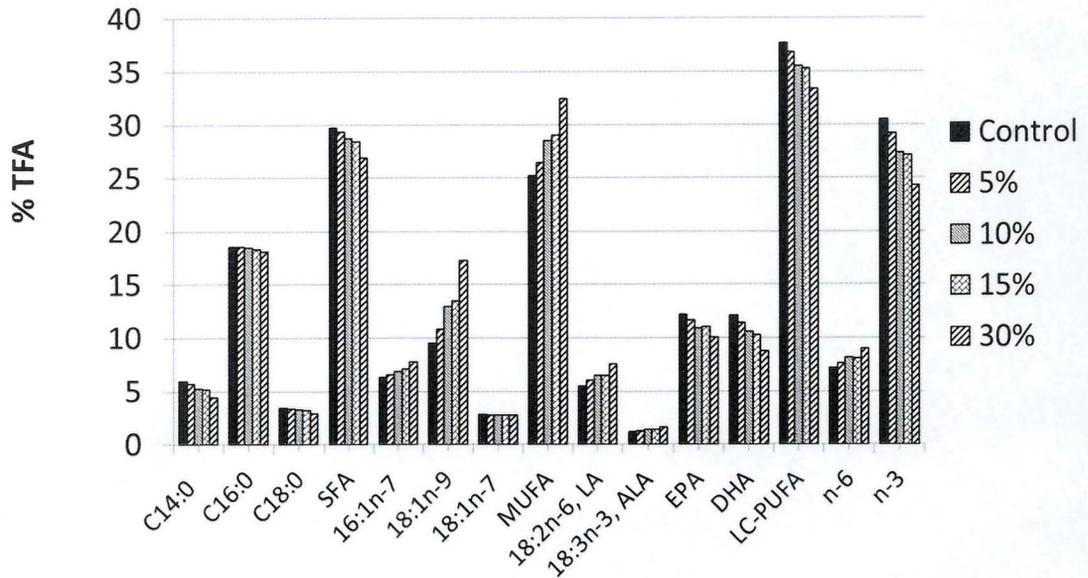


Figura 4. Perfil de ácidos grasos en dietas experimentales.

- Hallazgos adicionales del proyecto

Durante la producción se generó una serie de subproductos, líquidos y sólidos. Todos ellos fueron analizados para conocer su perfil nutricional. Los líquidos o efluentes no mostraron características interesantes (cuadro 8). Bajos niveles de minerales con potencial fertilizantes sugieren que, eliminando el agua, se podría concentrar, sin embargo, provocaría un incremento en el costo y los volúmenes obtenidos serían poco atractivos.

Cuadro 9. Contenido de proteína y minerales de efluentes en producción de harina de larvas de mosca.

Tratamiento	Prot (%)	N	P	K	Ca	Mg	Mn	S
Inicial	5,5	0,83	0,27	0	0,008	<0,01	<0,002	<0,1
Tiempo (30 días)	5,56	0,81	0,2	0,17	0,009	<0,01	<0,002	<0,1

Sin embargo, los residuos sólidos se comportaron de manera diferente. Primero se originaron restos del pescado utilizado como fuente alimenticia. Su concentración de Nitrógeno fue similar al observado en fertilizantes orgánicos en el mercado (4,3%). Además, se observó una alta concentración de Calcio, por la naturaleza del subproducto, el que podría contener un potencial uso en enmiendas de suelos ácidos (cuadro 10).

Cuadro 10. Concentración de minerales en subproductos óseos provenientes de dos orígenes diferentes.

	Subproducto óseo Pescado	Subproducto óseo Mezcla Pescados
N	4,3%	4,4%
P	1,1%	1,0%
K	0,4%	0,5%
Ca	20,3%	20,3%
Mg	0,4%	0,3%
Fe	0,01%	0,02%

Finalmente, se obtuvieron cáscaras de las pupas que pasaron al estado adulto. Durante el transcurso del proyecto se generaron producciones en condiciones invernales (sin control de temperatura) y de verano (con climatización). En concentración mineral, es posible observar que las cáscaras de pupas obtenidas en verano contienen niveles altos de nitrógeno su lo consideramos fertilizante orgánico (11%). Además, representó la condición normal de obtención de pupas, por lo que es replicable y representativo del residuo (cuadro 11).

Cuadro 11. Concentración de minerales obtenidos de cáscaras de pupas obtenidas en condiciones invernales y de verano.

Época del año	Nitrogeno Total (%N)	Fósforo				
		Total (%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasio (%K)	Calcio (%Ca)	Magnesio (%Mg)	Manganeso (%Mn)
Verano	11	1,53	0,9	1,38	0,26	0,003
Invierno	4,16	0,49	0,19	0,17	0,2	0,012

Para realizar un seguimiento de la presencia de residuos de medicamento y contaminantes en la harina producida, se organizó un protocolo para evaluar la capacidad de los estados larvales de los dípteros estudiados para metabolizar estos componentes y reducir la incorporación a sus tejidos. En este caso se utilizó tejido de salmón que cuenta con residuos de medicamento conocidos y fueron empleados en la nutrición de las larvas. Al finalizar el proceso de producción de larvas y obtención de la harina respectiva, se evaluó la cantidad de residuos presentes en éstos. La metodología de detección de los residuos de medicamentos correspondió al estándar utilizado por la industria de la salmonicultura. Los resultados indicaron que una mínima fracción fue retenida por las larvas (4 a 5%), sin embargo, fue suficiente como para constituirse en un proceso riesgoso si se desconoce el real origen de los salmones potencialmente utilizados como fuente alimenticia. Es decir, si los peces son de dudosa procedencia, y contienen antibióticos, se podría traspasar a la larva, y, por ende, a la harina, inhabilitándola como alimento inocuo, requisito necesario para ingresar a plantas de alimento, por sus programas de inocuidad alimentaria.

Cuadro 12. Presencia de antibiótico en harina de larvas alimentadas con pescado con trazas en su músculo.

Pez	Peso (grs)	Antibiótico (ppb)		Harina de Larvas	Antibiótico (ppb)		Retención (%)
		Oxitetraciclina	Florfenicol		Oxitetraciclina	Florfenicol	
Salmon coho	960	-	555,4	Muestra 1	ND	20,6	- 4%
Salmon coho	780	23	1748	Muestra 2	61,2	95,1	270% 5%

\*Informado en base Materia Seca

- Descripción del reactor.

La fig. 1, muestra una vista general del reactor productivo de larvas de dípteros (1), en el extremo de la tapa superior cuenta con un módulo de extracción de aire y filtro de carbón activo (2) que por un lado permite impulsar un flujo de aire por convección y un filtro de carbón activo que permite reducir la emisión de olores generados por acción de la actividad de alimentación de las larvas. En la parte frontal cuenta con tres puertas de corredera (3), que permiten realizar el servicio interior del reactor productivo de larvas de dípteros (1). En la tapa lateral el dispositivo cuenta con un equipo de climatización (4) que impulsa aire en el rango de entre 20 – 25 °C hacia el interior del reactor productivo de larvas de dípteros (1). Las dimensiones son de 2,3 metros de frente x 1,4 metros de profundidad. La altura es de 1,7 metros, en los cuales, el metro superior contiene los 5 niveles de tubos de 35 mm de diámetro.

La fig. 2.-, indica la factibilidad para establecer una conformación modular del reactor productivo de larvas de dípteros (1).

La fig. 3.- indica la estructura el interior del reactor productivo de larvas de dípteros (1), estructurado con perfiles metálicos cuadrados (6), contenedor receptor de residuos líquidos (7) y equipo de climatización (4). Los tubos se encuentran en la parte superior del reactor, de 2,3 x 1,4 x 1 mts.

La fig. 4.- indica el soporte separador de la parrilla (8) que permite aislar la actividad de las larvas de la pared interior del reactor productivo de larvas de dípteros (1), medio caño desarrollo larval (9) que opera en forma inclinada en un ángulo de 15° sobre un soporte en U (10) y con ello permite el escurrimiento de los líquidos generados por la actividad de alimentación hacia el canal colector (11) que luego conecta y conduce hacia el colector de residuo líquido Vertical (12).

La fig. 5.- permite identificar la ubicación del soporte separador de la parrilla (8), medio caño desarrollo larval (9) inclinado que conecta con los ductos de conducción de residuos líquidos 11 y 12 respectivamente.

La fig. 6.- indica la disposición inclinada de los soportes medio caño (13) que soportan los medios caños desarrollo larval (9) en el interior del reactor en posición inferior cuenta con un copo de recepción de larvas (14)

que recibe las larvas que una vez alcanzado la última etapa de desarrollo larval se desplaza impulsado por una actividad de geotropismo positivo, indica además el contenedor receptor de residuos líquidos (7).

La fig. 7.- muestra el detalle de los componentes del medio caño desarrollo larval (9), la materia orgánica en conjunto con los huevos de es depositado en el interior de la rejilla cilíndrica de desarrollo larval (10) que en su base cuenta con un soporte separador (8) que permite separar el desarrollo larval de las vías de evacuación de los residuos líquidos generados por la actividad de alimentación de las larvas y que son conducidos por gravedad hacia el extremo medio caño desarrollo larval (9).

Figura 1

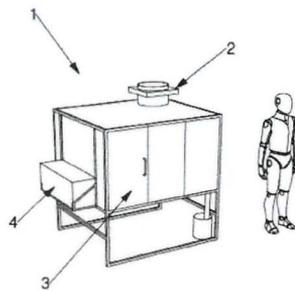


Figura 2

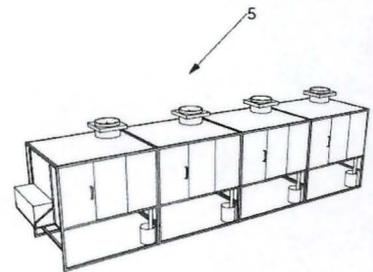


Figura 3

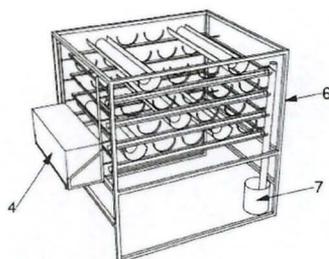


Figura 4

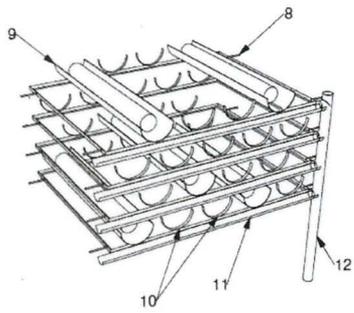


Figura 5

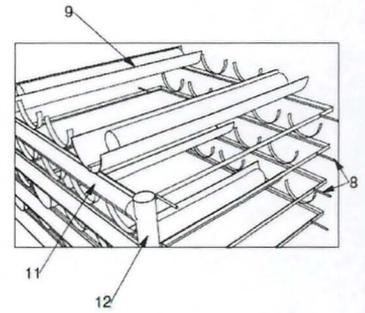


Figura 6

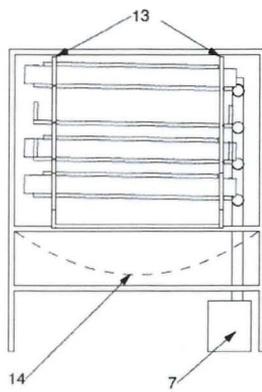
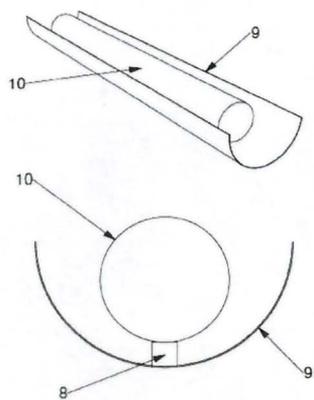
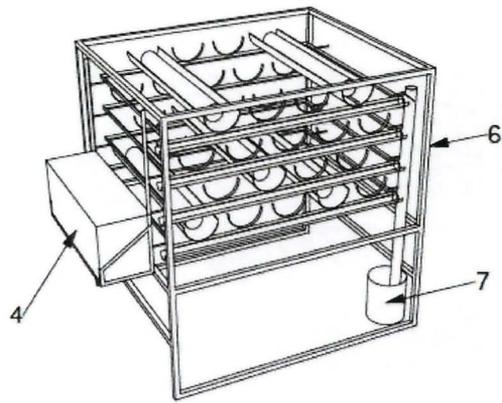


Figura 7









El dispositivo contempla la producción simultánea de 25 tubos. La infraestructura completa de 200 m<sup>2</sup>, cuenta con 15 reactores, distribuidos en 48,3 m<sup>2</sup>. Luego se postula el escenario 3, con la incorporación de 7 nuevos más para completar 22 reactores, distribuidos 70,84 m<sup>2</sup>. Con este último escenario se realizará el cálculo productivo siguiente.

Tal como se encuentra en el informe, productivamente se puede describir de la siguiente manera.

Temporada	Días de engorda	Días de implemen.	Batches mes/tubo	Kgs. Larvas/batch	Tubos por reactor	Kgs. Larvas mes/reactor	Reactor/ Nave	Kgs. larvas mes por nave
Prim - Ver - Oto	6	1,5	4,067	2,35	25	239	22	5257
Inv	6	2,5	3,588	2,35	25	211	22	4637

Solo en invierno se obtendría una menor producción, por la menor presencia de huevos externos, lo que incrementa de 1,5 a 2,5 los días de implementación, debido a que requiere más tiempo para obtener la masa crítica de huevos que se transformarán en larvas. El resto del año es posible abastecerse con las reproductoras internas y externas.

El promedio ponderado entre los meses indica que mensualmente se pueden obtener 26 kilogramos de larvas por m<sup>2</sup>, considerando la nave de 200 m<sup>2</sup>, en la cual el 70,84% es engorda (reactores), y el resto de la superficie está ocupada por reproductoras, áreas de trabajo y pasillos.

El costo de cada reactor es de \$418.000 (cotización Maestranza Indumetal), o 15,9 UF, considerando estructura metálica externa y tubos de engorda interno. Es posible bajar el costo individual el solicitar un volumen mayor de unidades, pero ese ahorro no fue considerado en el análisis económico, ya que actualmente es solo teórico.

### Resultados esperados e indicadores.

N° OE	N° RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)				
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base del indicador	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta
1	1	Identificar insectos de alta productividad	Productividad promedio diaria por especie por ciclo de vida	Productividad promedio diaria por especie = (N° total de embriones / N° total de días de cada ciclo de vida) / N° total individuos de la especie	1	4	Mayo 2015
1	2	Insecto de alto contenido proteico y relación de aminoácidos	Perfil proteico	% de proteína = Peso total x 100/ Peso proteínas	50% de proteína	53% de proteína	Mayo 2015
1	3	Insecto de alto contenido ácido graso	Perfil lipídico	% ácido graso = Peso total x 100/ Peso ácidos grasos	15% de ácidos grasos	32% de ácidos grasos	Mayo 2015
1	4	Infraestructura piloto de bajo costo para la producción de insectos	Costo de un Hatchery de insectos	Valor en \$ / m <sup>2</sup>	\$60.000 / m <sup>2</sup>	\$ 113.448 / m <sup>2</sup>	No alcanzada
1	5	Tecnología de reproducción y crianza comercial de insectos	Productividad de insectos	Kg de insecto / m <sup>2</sup> / día	0,25 Kg de insecto / m <sup>2</sup> / día	= 0,3 Kg de insecto / m <sup>2</sup> / día	Enero 2016 (Escenario 1)
2	6	Ingrediente a base de harina de insecto	Relación proteína- ácido graso	%proteína / %ácido graso	65/10	53/32	Abril 2016
2	7	Costo competitivo respecto de la harina de pescado	Costo	USD/ tonelada	USD 1.800	USD 1.956	No alcanzada
2	8	Alimento a base de harina de insecto	Formulación alimento	% otros componentes / % entoproteína	80/20	70 / 30	Mayo 2016
3	9	Eficiencia del alimento para peces en planteles productivos	Factor de conversión	Kg alimento/variación de peso	3	<3	No alcanzada

N° OE	N° RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)				
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base del indicador	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta
3	10	Solicitud de propiedad intelectual Tecnología de Producción de insectos, Medios de nutricionales de crianza, aplicaciones nutricionales	Registro de la propiedad intelectual	Ingreso solicitud INAPI	0	0	No alcanzada
4	11	Transferencia tecnológica en la actividad agrícola rural	Transferencia tecnológica	N° de empresas / año	1	≥1 empresa / año (seminarios)	Sept 2016
5	12	Prueba comercial de harina de insecto	Ventas / año Cantidad en Kg / año	USD/ año Kg de alimento extruido / año	USD 0 / año 0 Kg de alimento extruido / año	USD 1.000 / año 2016 1.000 Kg de alimento extruido /año	No alcanzada

- Indicador 4 no alcanzado, porque se incrementan costos de implementación de la nave por modificaciones de dimensiones, reactores y equipos.
- Indicador 6. Si bien, no se cumple con el valor indicado inicialmente (65/10 versus 53/32), esto se debe al alto nivel de lípidos, que diluye la concentración de proteínas. La línea base del indicador fue errónea, porque subestimada el aporte de grasa en la harina de insecto inicial. Por lo mismo, se considera logrado, porque la relación obtenida permite asegurar la calidad nutricional del ingrediente final.
- Indicador 7. No se logra porque, a pesar de proponer la máxima eficiencia productiva con el diseño actual, solo es posible llegar a un costo de producción cercano a los US\$1.956 por tonelada. Lo interesante es que, a pesar de ser un mayor costo de producción, las características inmonomoduladoras podrían proporcionarle un valor agregado a la materia prima, diferenciándola de la harina de pescado. En el actual proyecto no se logró identificar los compuestos descritos, por lo que deberá revisarse en un próximo proyecto.
- Indicador 9. Si bien, alcanzar una conversión menor a 3 es altamente posible con cualquier dieta formulada para peces, no se realizó seguimiento de ese parámetro productivo, porque el centro de investigación no permitía la determinación del alimento efectivamente consumido por los peces, por lo que solo se enfocó en crecimiento y mortalidades. Por eso, se categoriza como una meta no alcanzada.

- Indicador 10. Si bien, se sientan las bases de los ítems a cuidar bajo propiedad intelectual, al término del proyecto no fue presentada, por lo que es una meta no alcanzada.
- Indicador 12. Meta no alcanzada. A pesar del interés de Biomar en la evaluación de la generación de una dieta "silvestre", no se avanzó más allá de las intenciones, por lo que una vez obtenido el volumen crítico para la prueba en peces, la producción mensual bajó a niveles basales, suficientes para obtener materia prima para seguir realizando análisis de laboratorio.

## **VI FICHAS TÉCNICAS Y ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CULTIVO, RUBRO, ESPECIE ANIMAL O TECNOLOGÍA QUE SE DESARROLLÓ EN EL PROYECTO.**

### 6.1 Ficha técnica del cultivo de dípteros,

Dentro del ciclo productivo de la mosca seleccionada, debemos comenzar con la obtención de huevos.

Las reproductoras se encuentran con machos adultos, recibiendo alimentación de leche y azúcar.

Se incorporan cebos por 1 a 3 días (3 a 5 días en invierno). Sobre ellos (pescado) las moscas depositan sus huevos en forma de racimo a razón de 120 unidades por cada una de ellas aproximadamente.

El peso individual de los huevos se estima en 0,5 gramos.

Los tubos se siembran con los cebos y sus huevos, y se completan hasta formar poco más de 6 kilogramos de subproducto de la industria acuícola.

El tiempo de engorda es de, aproximadamente 6 días. Cada tuvo es cosechado, pesando los restos y larvas. Se estima que éstas últimas pesarán cerca de 2,35 kilogramos.

Una vez cosechadas las larvas, deben ser procesadas inmediatamente, y luego, secadas. Para ellos se disponen en planchas, dentro de estufa, intentando que la mayor superficie esté en contacto con calor. La humedad debe llegar aproximadamente a 7%, lo que se obtiene al cabo de 24 hrs. expuesto a la estufa a 105 °C.

Luego, se genera la molienda, disminuyendo el tamaño de partícula, pero sin llegar a micronaje menor. Una molienda excesiva genera pérdidas de materia y las plantas de

alimento realizan moliendas de materias primas previo a la elaboración de las dietas, por lo que igualmente se garantiza un bajo micronaje.

## 6.2 Análisis económico del cultivo de dípteros para producción de harina de insecto.

Se parte de la base que en ninguno de los escenarios es posible igualar el costo de producción al precio de venta de la harina de pescado, por lo que la principal diferencia entre ellos es la productividad anual por metro cuadrado y ese precio de venta para obtener un 20% de diferencia al relacionarlo al costo de producción.

Escenario 1. En cuanto al análisis económico, considerando un precio de venta de la harina de insectos de US\$ 6.350, el primer año no presenta utilidades. Es más, el balance es negativo, generando una pérdida anual de \$18.011.666. El segundo año, al incrementar la producción, se genera una menor pérdida que el primer año, pero igualmente asciende a \$13.333.814.

En ambos casos, se están incorporando naves productivas. El primer año, la primera de ellas, y el segundo año se duplica la capacidad de producción. Es por eso que se generan pérdidas, ya que se apuesta fuerte por la inversión en infraestructura y equipos.

Recién al tercer año, con 2 naves productivas, y sin inversión de por medio, es posible obtener flujos netos de caja positivos, mayores a los \$9.355.703 anuales. En el cuarto año baja, por inversión de una tercera nave productiva, pero en el quinto año, al no considerar la inversión en infraestructura ni equipos (que se deprecian en 20 años), el flujo neto de caja es cercano a los \$14.000.000 anuales, demostrando que existe una correlación positiva entre la cantidad de unidades productivas y el margen obtenido.

Al décimo año, y con 6 naves operativas, el retorno anual asciende a aproximadamente \$28.000.000.

La TIR calculada es de 16%, y VAN de \$7.375.450.

Escenario 2. En cuanto al análisis económico, considerando un precio de venta de la harina de insectos de US\$ 3.350, el primer año no presenta utilidades. Es más, el balance es negativo, generando una pérdida anual de \$17.862.726. El segundo año, al incrementar la producción, se genera una menor pérdida que el primer año, pero igualmente asciende a \$13.035.935.

En ambos casos, se están incorporando naves productivas. El primer año, la primera de ellas, y el segundo año se duplica la capacidad de producción. Es por eso que se generan pérdidas, ya que se apuesta fuerte por la inversión en infraestructura y equipos.

Recién al tercer año, con 2 naves productivas, y sin inversión de por medio, es posible obtener flujos netos de caja positivos, mayores a los \$9.653.582 anuales. En el cuarto

año baja, por inversión de una tercera nave productiva, pero en el quinto año, al no considerar la inversión en infraestructura ni equipos (que se deprecian en 20 años), el flujo neto de caja es cercano a los \$14.000.000 anuales, demostrando que existe una correlación positiva entre la cantidad de unidades productivas y el margen obtenido.

Al décimo año, y con 6 naves operativas, el retorno anual asciende a aproximadamente \$29.000.000.

La TIR calculada es de 18%, y VAN de \$10.180.687.

### 6.3 Perspectivas del rubro.

Como se puede observar en el capítulo 5, el costo de la harina de pescado posee fluctuaciones, sin embargo, la tendencia es al alza año tras año. Es por eso que la industria ha evaluado la sustitución parcial o total de ella. La industria ha avanzado en el uso de fuentes alternativas de proteína animal, como harinas de vísceras, pluma y sangre, y otras vegetales, como concentrado de soya, lupino y otros. Sin embargo, su utilización genera menores niveles de algunos aminoácidos esenciales como metionina y lisina, los que deben ser añadidos de manera sintética para cumplir con los requerimientos.

Ahora bien, si consideramos los resultados obtenidos en el centro experimental durante el proyecto y lo comparamos con la harina de pescado normalmente utilizada como fuente de aminoácidos esenciales, es posible ver que esta última contiene mayor nivel de proteína, pero inferior en grasa, producto de que no se ha desengrasado la harina de insectos (cuadro 13).

Cuadro 13. Análisis nutricional de harina de larvas y harina de pescado utilizado en la industria acuícola nacional.

- A nivel de análisis proximal:

	Análisis Proximal (%)				
	Humedad	Proteína	Grasa	Cenizas	Fibra
Harina de Larvas (35 muestras del proyecto)	7,1	53,3	32,0	8,3	6,63
Harina de pescado (anchoveta)	8	68,3	7,6	14,3	1

- A nivel de perfil de ácidos grasos, solo se midió de la harina producida. 35 muestras entregan siguientes valores:

Muestra	Ac. Grasos Saturados	Ac. Grasos Monoinsaturados	Ac. Grasos Poliinsaturados	EPA	DHA
Promedio	5,5	11,2	4,5	1,6	0,9
DS	1,06	1,76	1,83	0,71	0,30

Es probable que, al desengrasar, el aceite de larva de *Calliphora vicina* resultante arroje concentraciones superiores a las obtenidas en la harina.

En cuanto al perfil de aminoácidos, al comparar por cada 100 gramos de proteína, es posible observar que son muy similares. E incluso, en algunos casos, es mayor, confirmando lo adecuada que es éste tipo de harina como fuente de aminoácidos esenciales en la nutrición de salmones (cuadro 14).

Cuadro 14. Perfil de aminoácidos esenciales de harina de larvas y harina de pescado utilizada en industria acuícola nacional.

Aminoácidos esenciales	(grs/100 grs Prot)	
	<i>H. Pescado</i>	<i>H. Larvas</i>
Met	2,7	2,5
Cys	0,8	0,8
Val	4,9	5,5
Ile	4,2	4,2
Leu	7,2	6,7
Phe	3,9	6,2
Tyr	3,1	7,2
His	2,4	3,5

Lys	7,5	7,5
Thr	4,1	4,3
Trp	1	1,4

Todas éstas características avalan la alternativa de reemplazo de harina de pescado por la nueva materia prima obtenida a partir del proyecto.

Finalmente, con la estructura de costos registrada, y los supuestos que se discuten en el informe, se podría obtener una materia prima con un costo aproximado de US\$1.600 por tonelada, pero con posibilidades de disminuirlo en función del volumen producido.

La industria acuícola nacional busca constantemente alternativas a la harina de pescado.

La salmonicultura demanda altos volúmenes de materias primas. Generalmente, las plantas de alimentos privilegian las que presentan una alta estandarización en sus aportes nutricionales, y las que puedan tener disponibilidad constante durante el año. Con ello, evitan cambiar sus formulaciones, y buscan mayor eficiencia productiva.

La harina de insectos, por la particularidad de su producción, puede generar una alternativa de aporte nutricional estandarizado, sin embargo, los volúmenes son limitados. Si consideramos una producción anual de 1 millón de toneladas de alimento para salmones, y la utilización de harina de pescado, que actualmente es aproximadamente de un 7%, estamos hablando de un consumo anual de 70.000 toneladas de la materia prima tradicional. Si proponemos hasta un 30% de reemplazo por harina de insectos, equivale a 21.000 toneladas anuales, o 1.750 toneladas mensuales. Para ello, se tendría que producir un volumen cercano a las 6.000 toneladas de larvas mensualmente. Es condiciones ideales, el proyecto demostró que por cada m<sup>2</sup> se puede elaborar mensualmente algo así como 0,026 toneladas (26 kilos), por lo que, para suplir a la industria nacional, se requeriría una superficie de aproximadamente 230.000 m<sup>2</sup>, o 23 hectáreas productivas. Poco probable en la actualidad.

Las características de la materia prima obtenida, y el elevado volumen requerido direccionan la propuesta a lo descrito en el proyecto. Es decir, enfocar a la primera etapa productiva. Agua dulce, y entre primera alimentación y los 10 gramos.

En ese sentido, el requerimiento es mucho menor. De partida, la etapa descrita corresponde a un 6% del total de alimento fabricado anualmente, es decir, un requerimiento de 1.260 toneladas de harina de insectos al año, o 105 toneladas mensuales. Para ello, se tendría que producir un volumen cercano a las 350 toneladas

de larvas mensualmente. Como ya vimos, en condiciones ideales se puede elaborar 0,026 toneladas por m<sup>2</sup>, por lo que la superficie requerida es de aproximadamente 13.461 m<sup>2</sup>, equivalente a 1,34 hectáreas, lo que es mucho más probable de alcanzar.

Por lo demás, no está pensado solo como una materia prima. En la literatura se han descrito características inmunomoduladoras en harina de insectos, lo que le confiera cualidades funcionales, haciendo más atractiva su utilización en la creación de una dieta "silvestre", la que puede tener gran aceptación en la industria acuícola nacional. Recordemos que los salmónidos, en etapas tempranas, no depredan otros peces, sino que pequeños insectos en distintas etapas de desarrollo, por lo que es más natural que consuman harina de insecto que harina de pescado en sus dietas iniciales.

## VII. PROBLEMAS ENFRENTADOS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

### Legales

Respecto de la regulación para este tipo de iniciativas, consultado con el Servicio Agrícola Ganadero (SAG), se ha indicado que la producción de insectos sería una actividad nueva y que no cuenta con instrumentos regulatorios a nivel productivo.

Más aún en el futuro, la integración de la pequeña y mediana agricultura, en actividades productivas de este tipo, significará el desarrollo de normas regulatorias que aseguren el adecuado confinamiento de los insectos y relación con la actividad agrícola tradicional.

El proyecto en su desarrollo se transformó en un referente respecto de las nuevas regulaciones que pudieran afectar a la actividad productiva de insectos. Es por ello creemos de real importancia el poder contar con una estrecha relación con organismos reguladores del mundo agrícola: ejemplo, SAG. De cualquier modo, el proyecto se integrará a la regulación actual medioambiental respecto de Decreto ley N° 3.557 que establece disposiciones sobre protección agrícola.

### **Medidas tomadas**

- Respecto de los olores, aunque la legislación sobre contaminación atmosférica es diversa, no existe una norma específica para olores o compuestos relacionados con estos (SH<sub>2</sub>, Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs), NH<sub>3</sub>, etc.). En este ámbito el desarrollo del proyecto privilegió la utilización de reactores que permitan mitigar la emisión de olores al medioambiente.

La habilitación de la estación experimental de crianza de insectos consideró la estructuración de barreras físicas que impidan la fuga de insectos reproductores.

Consideró materiales plásticos herméticos y con mallas de intercambio gaseoso aptos para el adecuado desarrollo de los organismos. Por otro lado, como se trata de un sistema que busca eficiencia productiva, se privilegió la crianza de estados de desarrollo que presentan escasa movilidad como larvas y estados de pupa.

### Técnicos

- El primer problema que se presentó al trabajar con los organismos dípteros fue poder establecer los requerimientos nutricionales de los estados adultos que permitieran fortalecer su capacidad reproductiva. En la naturaleza este grupo de insectos se alimenta de néctar y fluidos orgánicos. Se trabajó con distintas alternativas y se logró afinar la mantención y producción de los estados adultos.

En general el principal problema que presentó la ejecución productiva del proyecto se refiere a la baja temperatura que afecta a la zona durante la estación de invierno. Esta condición genera una reducción del metabolismo y en consecuencia el proceso productivo se reduce en forma importante.

### **Medidas tomadas**

Se probaron distintas alternativas de nutrición considerando para ello una extensa revisión bibliográfica. Finalmente, en un ejercicio de prueba y error basado en la observación del medio natural, se logró establecer una mezcla nutricional que demostró alta aceptación por los organismos adultos. Los resultados demostraron que a partir de este hito los estados adultos aumentaron en forma consistente la postura de huevos.

- El siguiente problema técnico fue estabilizar la producción mensual obtenida. Se pudo apreciar que existe una alta correlación entre los huevos obtenidos y la harina de larvas de mosca generada. En meses cálidos, es posible complementar los huevos obtenidos de las reproductoras confinadas, con capturas del medio ambiente, por la alta población de la especie en los alrededores. Sin embargo, en invierno es nulo el aporte proveniente de las capturas, por lo que la única manera de obtener huevos, y por ende larvas, es a través de las reproductoras propias. En ese sentido, solo fue posible obtener número importante de huevos cuando se logró regular la temperatura interna del centro experimental.

### **Medidas tomadas**

Acelerar la puesta en marcha de los equipos controladores de temperatura.

- Relacionado al punto anterior, no solo la obtención de huevos es dependiente de la temperatura. El metabolismo de las larvas también lo es, ya que, en condiciones óptimas de temperatura, la engorda de las larvas puede durar 6 a 8 días, sin embargo, en



periodos de baja temperatura, incluso se extendió hasta 21 días, y con características distintas, es decir, larvas pequeñas.

### **Medidas tomadas**

Reproyectar la producción durante el invierno 2015.

Acelerar la puesta en marcha de los equipos controladores de temperatura.

- Durante la elaboración de las dietas, el centro de estudios de la Universidad de Santiago de Chile comenta que tanto el tamaño, como el desconocimiento del comportamiento de la materia prima pueden ser una amenaza para la correcta elaboración del alimento, por lo que, responsablemente, solicitan un par de días, y algunos kilos de materia prima fuera de lo originalmente solicitado, para poder estandarizar la fabricación del alimento extruido.

### **Medidas tomadas**

Marchas blancas de elaboración de alimento y el doble de tiempo presupuestado para la elaboración de las dietas.

- Sin duda, uno de los problemas más relevantes fue que durante la primera prueba en peces, al cabo de los primeros 43 días, se comienza a registrar un fuerte incremento en mortalidades de los peces, independientes del tratamiento, es decir, no relacionado con la presencia o ausencia de harina de larvas de mosca. Se detuvo la prueba por la alta mortalidad.

### **Medidas tomadas**

Solicitud de aplazamiento del término del proyecto, por la relevancia de contar con los resultados en peces. Conseguir nuevos peces para evaluar los tratamientos y solicitud a Biomar sus instalaciones para repetir la prueba en peces.

- Producción insuficiente para obtener un costo de producción acorde.

### **Medidas tomadas**

Proponer infraestructura con mayor utilización dimensional a nivel productivo con el uso de los reactores. Luego adaptar la propuesta con mayor contenido de éstos reactores, llegando a un total de 22. Si bien, no se pudo igualar los precios de comercialización real de harina de pescado y teórico de harina de insecto, igualmente se pudo disminuir la brecha con la mayor productividad por metro cuadrado propuesto.

## VIII DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

### a) Publicación en Revista especializada

Durante el 2015, la revista especializada en temas de la industria nacional, Salmonexpert invita a Crandon a elaborar una publicación relacionada con la importancia de la harina de insectos en la alimentación de peces, en formato paper, como artículo principal del mes de abril. Al final del informe se adjunta la publicación, como anexo 14.

### b) Difusión en Seminarios.

- Primer seminario. Invitación realizada a la industria acuícola nacional, específicamente a áreas técnicas de salmoneras y plantas elaboradoras de alimento para peces. Se adjunta programa en anexo 15 al final del informe.
- Segundo seminario. Invitación extendida a la industria acuícola, pero sumando a universidades, centros de investigación, innovadores en la producción de insectos en Chile, laboratorios, privados y empresas de servicios. Programa al final del informe como anexo 16.

### c) Capacitación.

Durante el mes de junio se realizó una capacitación destinada a invitados y público en general.

Se contó con 19 asistentes, entre áreas técnicas de empresas salmoneras del sector, innovadores en producción de insectos, laboratorios locales, centros de investigación, empresas de servicio y universidades.

Jornada separada en dos módulos.

Primero, explicación teórica de producción de ciclo productivo de moscas y elaboración de harina de larvas. Resultados de análisis nutricional de materia prima obtenida. Fue dictado por el equipo técnico que elaboró la harina de larvas de moscas e investigadores del proyecto.

Luego se realizó un trabajo práctico en el centro experimental, evidenciando manejos en cada etapa productiva. El taller fue dirigido por la profesional responsable del centro de investigación. Los asistentes pudieron manipular implementos utilizados y procesos realizados durante la obtención de larvas y posterior elaboración de harina de insectos.

Se realizaron importantes contactos con productores locales interesados en conocer el proceso y adoptar la tecnología en el mediano plazo.

## Registro Gráfico actividad práctica





## **IX. PRODUCTORES PARTICIPANTES**

Durante el transcurso del proyecto, no se acogieron nuevos productores, ni pequeños, medianos o grandes. Si se contactó a empresas que podrían ser socios en la constitución de una cooperativa, como los mismos F4F, quienes ya están produciendo harina de larvas de mosca, pero de otra especie, que genera una materia prima final de otras características.

## IX. PRODUCTORES PARTICIPANTES

Durante el transcurso del proyecto, no se acogieron nuevos productores, ni pequeños, medianos o grandes. Si se contactó a empresas que podrían ser socios en la constitución de una cooperativa, como los mismos F4F, quienes ya están produciendo harina de larvas de mosca, pero de otra especie, que genera una materia prima final de otras características.

En ese sentido, estaría categorizado de la siguiente manera.

Región	Tipo productor	Género femenino	Género masculino	Etnia (indicar si corresponde)	Totales
X	Pequeños (Empresa F4F)		x		1

## X. CONCLUSIONES

Los niveles de utilización de harina y aceite de pescado para la elaboración de alimento para peces son insostenibles en el tiempo, ya sea por costos o por disponibilidad, su inclusión debe disminuir en el corto plazo.

El uso de larvas y adultos de insectos se convierte en una atractiva alternativa para su reemplazo.

En el estudio realizado durante el proyecto, inclusiones de 30% de harina de insecto no alteraron los crecimientos de peces alimentados por 60 días.

Subproductos de producción podrían tener potencial como fertilizante orgánico, tal como son utilizados por productores de entoproteína en otras partes del mundo.

La producción de harina de insectos en Chile se encuentra aún en fase de desarrollo, y aunque sus primeras etapas van muy bien encaminadas, falta resolver y optimizar la tecnología de producción de los insectos y sus distintos estadios, selección de especies con mayor potencial y finalmente, ajustar este nuevo insumo a la formulación del alimento para su posterior validación en condiciones productivas. Se espera que, a partir de dos o tres años, esta materia prima esté disponible comercialmente en Chile, especialmente como parte de las dietas de agua dulce.

Actualmente, el costo de producción obtenido en el proyecto es mayor al valor comercial de la harina de pescado, por lo que su reemplazo directo como materia prima proteica no es viable. Se puede avanzar promoviendo el valor agregado que pueda significar alimentar a los alevines con un insumo cuyo origen es más acorde a la alimentación silvestre de los peces pequeños, y/o incrementar el rendimiento por unidad de superficie

en la engorda de las larvas destinadas a generar la harina de insectos, proponiendo nuevos diseños productivos.

## **XI RECOMENDACIONES**

Para cumplir con los volúmenes constantes y estandarizados que permitan a la harina de insectos ser una alternativa viable e interesante, se debe contar con muchos productores pequeños, que permitan sumar 67 naves o unidades productivas, con un organismo que permita el acopio del material y su comercialización directa con la planta de alimento, como una especie de cooperativa. Otra alternativa es que sean pocos actores, o incluso uno, pero con la capacidad para generar las 67 naves productivas.

Se debe profundizar en incrementar la eficiencia productiva por m<sup>2</sup>. Una alternativa es aumentando la altura de los reactores, o sumando unidades sobre las descritas en la actualidad. Ya no es opción disminuir la superficie destinada a adultos y zonas de trabajos, por lo que la única alternativa para incrementar el rendimiento por unidad de superficie es estudiar crecer en altura.

## **XII OTROS ASPECTOS DE INTERÉS**

Hallazgos interesantes para abordar en un siguiente proyecto.

Potencial de harina y aceites por separado. Al desengrasar la harina, se puede concentrar el aporte proteico. Por otro lado, se obtiene un aceite rico en ácidos grasos poliinsaturados EPA y DHA, el cual puede tener otro destino, como salud humana, por ejemplo.

Potencial de harina de larvas de insecto para otro sector productivo nacional, como, por ejemplo, su utilización en gallinas ponedoras que puedan transferir ácidos grasos poliinsaturados al huevo, incrementando su valor nutricional y comercial.

Potencial de la harina de larvas de insectos como fuente de agentes inmunomoduladores o inmunoestimulantes en los peces. Existen estudios recientes que confirman la existencia de moléculas con capacidad funcional en insectos. Se debería evaluar a peces alimentados con la materia prima obtenida, y desafiarlo a enfermedades típicas observada en producción.

## **XIV BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

- Abanikannda, M.F., 2012, July. Nutrient digestibility and haematology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with varying levels of locust (*Locusta*

- migratoria*) meal. In: Bachelor of Aquaculture and Fisheries Management. Federal University of Agriculture, Abeokuta, Ogun State.
- Alegbeleye, W.O., Obasa, S.O., Olude, O.O., Otubu, K., Jimoh, W., 2012. Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus* L.) for African catfish *Clarias gariepinus* fingerlings. Aquacult. Res. 43, 412-420.
  - Barroso F.G., de Haro C., Sánchez-Muros, M.J., Venegas E., Martínez-Sánchez, A., Pérez-Báñon, C. 2014. The potential of various insect species for use as food for fish. Aquaculture 422-423 (2014) 193-201.
  - Bell, J.G., Ghioni, C., Sargent, J.R., 1994. Fatty acid compositions of 10 freshwater invertebrates which are natural food organisms of Atlantic salmon parr (*Salmo salar*): a comparison with commercial diets. Aquaculture 128, 301–313.
  - Dong F.M., Hardy R.W., Haard N.M., Barrows F.T., Rasco B.A., Fairgrieve W.T., Forster I.A. 1993. Chemical composition and protein digestibility of poultry by-product meals for salmonid diets. Aquaculture. Volume 116, Issues 2–3, 1 October 1993, Pages 149–158.
  - Elhag, O.A.O., Zheng, L.Y., Zhou, D.Z., Yu, Z.N., Zhang, J.B., 2014. Discovery of new anti-microbial peptides in black soldier fly and their function. In: AbstractBook Conference Insects to Feed The World, The Netherlands, 14–17 May, p. 139.
  - Gasco, L., Belforti, M., Rotolo, L., Lussiana, C., Parisi, G., Terova, G., Roncarati, A., Gai, F., 2014a. Mealworm (*Tenebrio molitor*) as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). In: Abstract Book Conference Insects to Feed The World, The Netherlands, 14–17 May, p. 69
  - Gasco, L., Gai, F., Piccolo, G., Rotolo, L., Lussiana, C., Molla, P., Chatzifotis, S., 2014b. Substitution of fish meal by *Tenebrio molitor* meal in the diet of *Dicentrarchus labrax* juveniles. In: Abstract Book Conference Insects to Feed The World, The Netherlands, 14–17 May, p. 70.
  - Ido, A., Ohta, T., Iwai, T., Kishida, S.T., Miura, C., Miura, T., 2014. Positive effects of dietary housefly (*Musca domestica*) pupa for fish and mammal. In: AbstractBook Conference Insects to Feed The World, The Netherlands 14–17 May, p. 141
  - Lee Ch., Lim Ch., Gatlin III D, Webster C.. Dietary Nutrients, Additives, And Fish Health. Wiley Blacwell. 355 páginas
  - Lock, E.J., Arsiwalla, T., Waagbø, R., 2014. Insect meal: a promising source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*). In: Abstract Book Conference Insects to Feed The World, The Netherlands, 14–17 May, p. 67.
  - Makkari H.P.S., Tran G., Heuzé V., Ankers P. 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. Animal Feed Science and Technology 197 (2014) 1-33.

- Merrified D. and Ringo E. Aquaculture Nutrition. Gut Health, Probiotics and Prebiotics. Wiley Balckwell. 433 páginas.
- Miura, T., Ido, A., Ohta, T., Iwai, T., Kusano, K., Kobayashi, S., Kishida, T., Miura, C., 2014. The benefits of using insects as fish and animal feed. In: AbstractBook Conference Insects to Feed The World, The Netherlands, 14–17 May, p. 63.
- Nijdam, D., Rood, T., Westhoek, H., 2012. The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. Food Policy 37, 760 – 770.
- Piccolo, G., Marono, S., Gasco, L., Iannaccone, F., Bovera, F., Nizza, A., 2014. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal in diets for gilthead sea bream *Sparus aurata* juveniles. In: Abstract Book Conference Insects to Feed The World, The Netherlands, 14–17 May, p. 76.
- Ramos-Elorduy, J., Avila Gonzalez, E., Rocha Hernandez, A., Pino, J.M., 2002. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. J. Econ. Entomol. 95, 214–220.
- Sanchez-Muros M.J., Barroso F.G., Manzano-Agugliaro F. 2014. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. Journal of Cleaner Production 65: 16-27.
- Sogbesan, A.O., Ajuonu, N., Musa, B.O., Adewole, A.M., 2006. Harvesting techniques and evaluation of maggot meal as animal dietary protein source for *Heteroclinus* in outdoor concrete tanks. World J. Agric. Sci. 2, 394–402.
- St-Hilaire, S., Sheppard, C., Tomberlin, J.K., Irving, S., Newton, L., McGuire, M.A., Mosley, E.E., Hardy, R.W., Sealey, W., 2007. Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. J. World Aquacult. Soc. 38, 59-67.
- Van Huis, A. 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. Annu. Rev. Entomol., 58: 563-583.
- Wu Y., H. Han, J. Qin and Y. Wang. 2015. Replacement of fishmeal by soy protein concentrate with taurine supplementation in diets for golden pompano (*Trachinotus ovatus*). Aquaculture Nutrition. Volume 21, Issue 2, 214 – 222. April 2015.