



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS



“COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DEL CAMARÓN *Litopenaeus vannamei* UTILIZANDO GRILLO *Acheta domesticus* EN HARINA O ENSILAJE”

TESIS  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**LICENCIADO EN BIOTECNOLOGÍA EN ACUACULTURA**

PRESENTA

**Martín Andrés Molinero Díaz**

Ensenada, Baja California, a 22 de marzo del 2023



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS



TESIS

“COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DEL CAMARÓN *Litopenaeus vannamei* UTILIZANDO GRILLO *Acheta domesticus* EN HARINA O ENSILAJE”

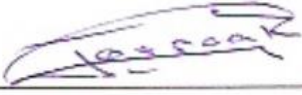
Presentada por

Martin Andrés Molinero Díaz

y aprobada por el siguiente comité

  
Dra. María Teresa Viana Castrillón  
Director de Tesis

  
Dr. Oscar Basilio del Río Zaragoza  
Sinodal

  
Dr. Juan Gabriel Correa Reyes  
Sinodal

## Índice

<i>Dedicatoria</i> .....	5
<i>Agradecimientos</i> .....	6
<i>Resumen</i> .....	7
<i>Abreviaciones</i> .....	8
<i>Lista de cuadros</i> .....	10
<i>Introducción</i> .....	11
<i>Desarrollo sustentable y cambio climático</i> .....	11
<i>La alimentación para el ser humano y el desarrollo sustentable</i> .....	11
<i>La pesca frente a las fuentes de proteína de origen animal y su impacto en el ambiente</i> .....	13
<i>La acuicultura y su sostenibilidad</i> .....	14
<i>Fuentes de proteínas alternativas para la acuicultura</i> .....	15
<i>Técnicas de conservación de ingredientes para la acuicultura</i> .....	18
<i>Proceso de fabricación de harina/ensilaje y sus ventajas/desventajas</i> .....	20
<i>Grillo como ingrediente para dietas</i> .....	21
<i>Antecedentes</i> .....	22
<i>Justificación</i> .....	25
<i>Hipótesis</i> .....	26
Objetivo general .....	26
Objetivos específicos.....	26
<i>Metodología</i> .....	27
<i>Diseño experimental</i> .....	27
<i>Calidad de agua</i> .....	27
<i>Harina y ensilaje de grillo</i> .....	28
<i>Preparación de las dietas</i> .....	28
<i>Composición proximal</i> .....	29
Análisis de crecimiento.....	31
<i>Digestibilidad aparente</i> .....	33
Análisis estadístico.....	34
<i>Resultados</i> .....	35

<i>Análisis proximal de la dieta</i> .....	35
<i>Índices biológicos</i> .....	35
<i>Digestibilidad</i> .....	37
<i>Discusión</i> .....	39
<i>Conclusiones</i> .....	43
<i>Bibliografía</i> .....	44

## **Dedicatoria**

Este trabajo va por mis papas que, desde siempre me han apoyado, incluso en los momentos más difíciles, estuvieron ahí para que yo pudiera estar aquí.

Va por mis compañeros y amigos del laboratorio que, sin su ayuda, apoyo y tiempo, jamás habría acabado.

Va por mi pareja que, si no hubiera estado ahí para mí, me hubiera costado levantarme todos los días.

Va por mí, que entré a la universidad pensando poder trabajar en un laboratorio.

## **Agradecimientos**

No encontré un sinónimo de “Gracias” que englobe la mitad de lo agradecido que estoy con todos y cada una de las personas que fueron partícipes de este proyecto. Esta tesis no es mía, es un trabajo de todos. Es un trabajo de mi Directora de tesis, Dra. María Teresa Viana, de los técnicos Alonso Galindo y Aurora Tinajero, de mis amigos Andrea Manríquez y Adrián Ríos, y por su puesto de cada persona que puso su granito de arena como el Dr. Eulalio, Dr. Oscar, Dr. Gabriel, Toto, Abril, y demás compañeros que, aunque sea un día, estuvieron a mi lado para hacer una actividad.

Gracias mi Directora de tesis por darme de su tiempo para poder sentarme a platicar con ella, por asignarme e instruirme en el trabajo, por apoyarme en las ideas que tenía, por las incontables risas, pero sobre todo por ser María Teresa Viana conmigo.

Gracias a la UABC, al IIO y la facultad de Ciencias Marinas, por las instalaciones, el equipo y el lugar donde pude conocer a tanta gente que marcó y forma parte mi vida. Además de ser el lugar donde aprendí y practiqué aquello que me ayudará en mi vida profesional.

Gracias a todos los integrantes del laboratorio de nutrición y fisiología del IIO, que me ayudaron desde antes de empezar y seguramente me seguirán apoyando al finalizar este proyecto. No un técnico, o un estudiante, o una persona, todos muchas gracias por su tiempo.

Gracias a mi familia, no solo por ser mi papá, mamá o hermana, sino por ser aquellas personas que me dieron esta oportunidad, aquellas personas que tomaron sacrificios para que este aquí ahora, que me escucharon y aconsejaron para poder llevar la mejor vida, pero por todas las cosas, gracias por creer en mí.

Muchas gracias a mi novia, porque hizo de todo, desde ayudarme en el laboratorio, en las clases y en mi vida personal, fuente de alegrías, un hombro donde descansar, un día para relajarse. Gracias Escarlit por el apoyo de todos y cada uno de los días que pasaron y pasarán.

## **Resumen**

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto, en los parámetros productivos, del remplazo parcial a total de la harina de grillo por ensilaje de grillo en dietas para el camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*. El ensilaje de grillo se realizó bajo la metodología de conservación ácida, en donde por medio de un pH de 4 en presencia de enzimas ácidas es posible contar con la hidrólisis parcial, buscando un mejor aprovechamiento del grillo en dietas para camarón. Con este propósito, se prepararon cuatro dietas experimentales para contener 45% de proteína y 11% de grasa cruda. La dieta control tenía 25% de harina de grillo la cual se fue sustituyendo progresivamente con ensilaje de grillo hasta su sustitución completa. Camarones con un peso promedio de  $1.02 \pm 0.01$  g se distribuyeron aleatoriamente en cuatro grupos por triplicado (25 organismos por estanque con 500-L espacio útil). Los camarones fueron alimentados durante 57 días a razón del 10% de su peso aparente dividido en 4 alimentaciones por día. Al final del experimento se registraron diferencias significativas en el Índice hepatosomático, siendo la dieta control en donde se obtuvieron los hepatopáncreas más grandes. Sin embargo, aún sin diferencias estadísticas, el rendimiento con el ensilaje de grillo tendieron a ser mejores. Finalmente, la digestibilidad aparente resultó ser significativamente mayor para la dieta con ensilaje de grillo, lo cual demuestra el beneficio de su utilización en comparación con la harina de grillo, diferencia que no logró reflejarse en el desempeño. Se concluye que el ensilaje de grillo puede sustituir totalmente a la harina de grillo sin perjudicar los parámetros productivos, aunque se recomienda hacer análisis de la cantidad de quitina del grillo.

## **Palabras clave**

Nutrición, camarón, dieta alternativa, grillo, parámetros productivos.

## Abreviaciones

HP	Harina de pescado
AC	Aceite de pescado
HG	Harina de grillo
66v33	66% de harina de grillo y 33% de ensilaje de grillo
33v60	33% de harina de grillo y 60% de ensilaje de grillo
EG	Ensilaje de grillo
TCE	Tasa de crecimiento específico
CCT	Coefficiente de crecimiento térmico
GP	Ganancia en peso
%GP	Porcentaje de ganancia en peso
FCA	Factor de conversión alimenticio
IHS	Índice hepatosomático

## Lista de figuras

*Figura 1. Análisis de una regresión cuadrática entre los niveles de ensilaje de grillo en la dieta y el peso final, ganancia (g), factor de conversión alimenticio y el índice hepatosomático. El diamante indica los valores marcados en la Tabla V. Las líneas indican las ecuaciones de regresión cuadrática de mejor ajuste y los valores de  $R^2$  la potencia del modelo basado en la Tabla III..... 38*

## Lista de cuadros

<i>Cuadro I. Distribución de las cuatro dietas en los estanques.....</i>	<i>27</i>
<i>Cuadro II. Composición de las cuatro dietas experimentales para sustituir la harina de grillo por ensilaje de grillo. ....</i>	<i>30</i>
<i>Cuadro III. Interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación de Pearson según las sugerencias de Cohen.....</i>	<i>34</i>
<i>Cuadro IV. Composición proximal (%) de las dietas experimentales con sustitución progresiva de ensilaje de grillo (media ± ee) para camarón blanco Litopenaeus vannamei .....</i>	<i>35</i>
<i>Cuadro V. Índices biológicos en Litopenaeus vannamei después de ser alimentados durante 57 días con cuatro dietas que gradualmente sustituían la harina de grillo por ensilaje de grillo (media ± ee) .....</i>	<i>36</i>
<i>Cuadro VI. Digestibilidad aparente (%) de las dietas experimentales con 4 niveles de inclusión de EG (media ± ee) para camarón blanco Litopenaeus vannamei. ....</i>	<i>37</i>

## **Introducción**

### ***Desarrollo sustentable y cambio climático***

El desarrollo sustentable se refiere a la administración eficiente y responsable de los recursos naturales que satisfagan las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, para satisfacer sus propias necesidades (Ramírez et al., 2004). La diferencia entre sustentable y sostenible se refiere a la línea de tiempo, mientras lo sustentable se refiere a las acciones del día hoy, el sostenible es a través del tiempo. Si la definición es un tanto fácil de entender, su implementación no siempre es fácil (Rivera-Hernández et al., 2017). Es por eso, que resulta importante considerarlo en cualquier producción o empresa. Para llevar a cabo una contabilidad de esto, el desarrollo sostenible se mide con la emisión de gases invernadero. De tal manera que sea una forma para poder ver el impacto hacia la Tierra, a lo que se le llama “la huella ecológica o la huella de carbono”. Ésta representa, de una forma muy general, la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios (Wiedmann, 2009; Pandey et al., 2010). El desarrollo sustentable surge para combatir y frenar el cambio climático ya que este es el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana. Es importante ya que el cambio climático altera la composición de la atmósfera sumado a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempos comparables (Diaz, 2012). El cambio climático tiene efectos a nivel de organismos, poblaciones y ecosistemas. Entre las consecuencias de éste está la elevación del nivel del mar, reducción y desplazamiento de especies e incluso en la frecuencia de eventos “catástrofe” como huracanes (Uribe, 2015). Otro creciente problema, aunque no por el cambio climático si no por los niveles crecientes de CO<sub>2</sub>, es la acidificación del océano, que es el cambio de la acidez del océano al absorber CO<sub>2</sub> de la atmósfera. En los últimos 200 años, la acidez del agua de mar ha incrementado un 30%, por el aumento de CO<sub>2</sub> resultado de un constante incremento de las actividades humanas (Laffoley et al., 2017).

### ***La alimentación para el ser humano y el desarrollo sustentable***

Los patrones de alimentación tienen un impacto significativo tanto en la salud como en el medio ambiente, por lo que recientemente ha surgido un debate sobre la sostenibilidad de la producción de alimentos que se consumen. Dado que la producción, el mercadeo y el consumo de las diferentes fuentes de nutrientes de la dieta tienen diferentes efectos sobre la biodiversidad, el uso del agua y de la tierra, el cambio climático y el bienestar animal (Quesada y Gómez, 2019). De acuerdo con la FAO, Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, una dieta sostenible es aquella nutricionalmente adecuada, saludable, segura, con bajo impacto sobre el medio ambiente, económicamente accesible y culturalmente aceptable.

Actualmente se pueden dividir las fuentes de proteína según su origen en vegetal y animal. Dentro de la categoría vegetal, algunos ejemplos son las leguminosas (lentejas, frijol, soya, entre otros), verduras (zanahorias, calabazas entre otros) y los tubérculos (papas, camote, entre otros). Mientras que en los de origen animal se pueden nombrar a las carnes rojas, el queso o los pescados como lo es el atún o el salmón (Quesada y Gómez, 2019). Las ventajas y desventajas de cada fuente de proteína son particulares para cada individuo o familia, y estas cambian de acuerdo con su disposición, cultura, y/o economía. Lo único que se puede aplicar para todas estas fuentes es cuán grande es la huella de carbono de la proteína que se consume para producirlas. La carne de vaca es el mayor aportador de gases de efecto invernadero, incluso entre todas las fuentes de proteína siendo de 60 kg CO<sub>2</sub> (kilogramos de dióxido de carbono equivalente) por cada kg de carne producida, una forma de representar la emisión total de gases de efecto invernadero. Esto se refiere a una única medida a través de una conversión que considera la masa de los gases y su capacidad de atrapar calor, siendo muy diferente con las otras fuentes (queso 21 kg CO<sub>2</sub> eq o la soya 0.9 kg CO<sub>2</sub> eq) (Ritchie, 2020). La cuantificación de los kg CO<sub>2</sub> son de todo el proceso, desde el uso de la tierra, el tiempo en granja, la alimentación de los animales, el procesamiento de las carnes, el transporte, la refrigeración y el empaquetado, por lo que aquellas fuentes que requieran mucho espacio emitan altas cantidades de metano (como son las vacas, o el arroz) o que usen muchos fertilizantes emitirán más gases de efecto invernadero (Gerber et al., 2013).

### ***La pesca frente a las fuentes de proteína de origen animal y su impacto en el ambiente***

Como se mencionó, un gran porcentaje del origen de la huella de carbono de la industria de la agricultura proviene del espacio y del gas metano emitido de manera natural al comer (en el caso de los rumiantes), pero también del transporte y su almacenamiento. Comparando las emisiones de gases de efecto invernadero entre las fuentes de proteína de origen animal, los pescados silvestres tienen un impacto bajo. Se estima que por cada kg de pescado silvestre (sardina y anchoveta), se generan entre uno y cinco kg CO<sub>2</sub> eq vs. los 50-60 kg CO<sub>2</sub> eq de las carnes rojas (Gerber et al., 2013; Perelló, 2014; Parker et al., 2018; MSC, 2023). El problema radica en el volumen ya que la actividad pesquera es responsable de una cuarta parte de la emisión de gases invernadero del mundo, que además, del efecto medioambiental, el costo del combustible afecta de manera negativa a la rentabilidad de la actividad (Infante, 2020). Si bien estos cálculos pueden tener algunas aristas, o diversos puntos de vista, ya que dependerá de cada una de las compañías que se trate. Esto, por ejemplo, habría que calcular los millones de toneladas anuales de dióxido de carbono emitido por la pesca de arrastre, aparte desde la construcción de los barcos, equipo, entre otros. La pesca excesiva, así como la industrialización y un exceso de producción en los gases invernadero, han dado lugar al cambio climático. Causante, no sólo de la acidificación de los océanos, sino también de sobrepesca y disminución de las poblaciones naturales (Sala et al., 2021). Además, como se mencionó anteriormente, el mayor impacto del sector pesquero no es sólo sobre la biodiversidad de las especies marinas, sino también, afecta todos los procesos que existen en la cadena de valor de los productos. Estas emisiones o huella de carbono provienen principalmente de la utilización de combustibles fósiles (Troncoso, 2018). Por tanto, la contaminación y el cambio climático hacen un efecto “en bucle”, donde el cambio climático y la acidificación de los océanos alteran los ecosistemas marinos haciendo que los stocks de organismos se desplacen a diferentes zonas donde puedan sobrevivir. Es así como aquellos organismos que logren sobrevivir, además de la pérdida de los ecosistemas de arrecifes de coral, ocasionan que los barcos pesqueros tengan que viajar más lejos y por ende mayor costo en combustible y tiempo, es decir, afecta el esfuerzo pesquero (SUBPESCA, 2015; Barange, 2019).

## ***La acuicultura y su sostenibilidad***

La acuicultura empezó como la solución al daño que estaba ocasionando la pesca, ya que se busca cultivar los peces en una granja, como lo son los cerdos en las granjas pecuarias. (Platas y Vilaboa, 2014). Sin embargo, esto trae como consecuencia, al igual que cualquier producción animal, el poder ser sostenible en los términos de la producción a través de la cadena de producción y así saciar la demanda de alimento para el humano. Dentro de la acuicultura sigue el problema de la búsqueda de los ingredientes para formular su alimento. Éste se suele o solía elaborarse a partir de harina de pescado principalmente, por lo que se requieren altas cantidades de sardina fresca por kg de pescado cultivado. En la producción del salmón, más del 65% de su huella de carbono se produce en la fabricación de su alimento (Buschmann, 2001; Medina, 2018; Faundez, 2020).

La nutrición de los peces y crustáceos se ha convertido en una de las áreas de investigación y desarrollo más importantes dentro de la acuicultura. Lo anterior, ya que el alimento y los costos de alimentación constituyen, al igual que cualquier producción animal, la fracción más significativa dentro de los costos de operación (Tacon, 1989). Actualmente la Harina de Pescado (HP) y el Aceite de Pescado (AP) son las mayores limitantes en la formulación de dietas por su alto costo, alta demanda y baja disponibilidad, por ser la fuente de proteína más importante en la nutrición de organismos acuáticos (Tacon y Metian, 2008; Shao et al., 2019). Por otro lado, y cada vez con mayor frecuencia, existe una gran reticencia al uso de estos pelágicos menores, ya que constituyen un excelente alimento para consumo directo para el humano (Lluch y Hernández, 2006; Nevárez et al., 2006).

Por tanto, las investigaciones a nivel mundial se han enfocado en la sustitución de harina y aceite de pescado. Sin embargo, la dependencia de recursos marinos permanece como el principal desafío. Si se considera que las poblaciones de peces pelágicos silvestres que se usan para producir dichos insumos alimenticios son frecuentemente controladas, lo anterior limita su captura para evitar una sobreexplotación que tenga consecuencias directas sobre las cadenas tróficas y estabilidad del medio ambiente. Es decir, las poblaciones comúnmente utilizadas (pelágicos menores) juegan un papel importante en los ecosistemas

marinos debido a que soportan valiosas poblaciones comerciales de peces silvestres como el atún (Rust et al., 2011; Turchini et al., 2019).

Con el problema de disposición y altos costos de las materias primas, se ha trabajado en la sustitución de HP por ingredientes alternativos que satisfagan los requerimientos nutricios, tanto en el perfil de aminoácidos y ácidos grasos, además de presentar una aceptable digestibilidad para asegurar su absorción y futura asimilación (Katya et al., 2016; Hulefeld et al., 2018). Características que deberán ser capaces de complementar las nuevas dietas que garanticen la disponibilidad y la calidad nutricional (Goytortúa-Bores et al., 2006).

Dentro de la producción animal, ya sean cerdos, aves o rumiantes, es indispensable conocer los requerimientos de cada uno de ellos para poder ser capaces de formular sus alimentos con un mayor beneficio con el menos costo. Es a lo que se refieren las formulaciones a costo/beneficio (Tacón, 1989; León, 2015).

Lo anterior involucra que se utilicen un cierto número de ingredientes que entre ellos se complementen y agreguen a un máximo posible lo necesario para cumplir con los requerimientos nutricionales, al mismo tiempo que no se exceda de costo y así siga siendo económicamente factible utilizarla en un sistema productivo (Mejía, 2000; León, 2015).

Hasta la fecha, el sustituto principal para la harina de pescado ha sido la soya, así como otros insumos agrícolas, que a menudo también generan altas emisiones de gases invernadero. Por lo que se buscan alternativas que no generen altas emisiones de gases invernadero (Chopin, 2020). Por lo anterior, es necesaria una reestructuración del origen de la dieta de los organismos de la acuicultura para que esta actividad sea más sustentable.

### ***Fuentes de proteínas alternativas para la acuicultura***

Diversos estudios han evaluado el efecto de diferentes niveles de proteína de origen vegetal (Ju et al., 2012; Sun et al., 2016). No obstante, el uso de las proteínas vegetales ha sido problemático ya que presentan una alta cantidad de factores anti nutricionales con un consecuente bajo valor biológico causado por desequilibrios en la deficiencia de aminoácidos esenciales. En otras palabras, una mala palatabilidad, baja digestibilidad e

incluso efectos nocivos a nivel hepático e intestinal (enteritis) (Robaina, 1998; Sitjá-Bobadilla et al., 2005; McLean et al., 2020). Otras alternativas de sustitución en conjunto con dichas harinas vegetales con poco valor biológico, es la utilización de aditivos en el alimento, como es el caso de enzimas, como la fitasa o proteasas que mejore el desempeño de éstas (Gatlin, 2009). También se han recomendado aditivos como probióticos o prebióticos que puedan, de alguna manera, disminuir los efectos anti nutricionales a nivel intestinal (Viera et al., 2017).

Desde el punto de vista nutricional, el estudio de mejorar la eficiencia de las dietas con un mejor uso de las proteínas, es a través de buscar la mejor relación entre la proteína y la energía. De tal manera que se utilice la grasa al máximo como fuente de energía y dejar a la proteína para que maximice el crecimiento (Gracia-Lopez et al., 2003; Yudy et al., 2004). Si bien eso no es del todo fácil, se han hecho muchas investigaciones al respecto.

Otra alternativa son las proteínas unicelulares, como son las levaduras, bacterias, hongos filamentosos, microalgas y lodos activados. Estas son ricas en proteínas y vitaminas, son altamente termoestables, y se pueden producir de desechos agroindustriales. O bien, se pueden cultivar en sistemas continuos de periodos cortos gracias a su breve tiempo de generación. Además, de que se puede controlar su composición según el medio de cultivo y por manejo genético (Martínez et al., 1996; Jones et al., 2020). Su uso en la alimentación animal está aún limitado por su alto contenido de ácidos nucleicos y de material indigerible, deficiencia de aminoácidos sulfurados y posible presencia de contaminantes derivados del medio de cultivo. Además, de que su costo de producción puede limitar su competencia con proteínas convencionales (Tacon, 1978, 1979; Kaushik et al., 1980; Mahnken et al., 1980; De la Higuera et al., 1981; Aas et al., 2006; Overland et al., 2013; Tibbetts, 2018; Hansen et al., 2019).

El aumento del uso de subproductos de la industria animal, es decir, los productos secundarios de la producción de carne que no es consumido por los humanos, se ha propuesto como solución para aumentar la eficiencia en el uso de recursos (Ezquerro-Brauer, 2013; Sandström, 2022). La harina y aceite de pescado son las fuentes proteicas para la acuicultura más populares, por lo que uno de los subproductos más populares es el que deja la industria pesquera. Estos subproductos pesqueros incluyen cabezas, vísceras, y

otros desechos del fileteado (Hogan, 2019) que se utilizan para hacer harina. Sin embargo, existe el desafío de asegurar que el material conserve su valor nutricional y no haya perdido frescura, tanto por oxidación, como crecimiento bacteriano. Ya que los productos pesqueros son sumamente susceptibles a la descomposición, al no haber una planta procesadora cerca, la harina no es la mejor opción (Ezquerria-Brauer, 2013; Hogan, 2019). Sin embargo, aún con el uso de este subproducto, al ir en aumento la demanda de materia prima, la búsqueda de alternativas sigue en pie. Los subproductos avícolas son una alternativa más segura gracias a su disponibilidad y enorme crecimiento continuo en la producción avícola. Éstos son recuperados de rastros a partir de porciones no comestibles de aves. Los subproductos avícolas tienen un alto contenido de proteína cruda, lo que permite su incorporación directa en sustitución de la HP en las formulaciones, además de contener un alto valor nutricional, como un buen perfil de aminoácidos y alta digestibilidad (McCasland, 1965; Bureau, 1996). Por lo anterior, las dietas con subproducto de ave presentan resultados parecidos a las dietas con HP. Sin embargo, debido a sus excelentes resultados, ha hecho que la demanda aumente y que poco a poco esto ha dado lugar a un incremento en su costo, por lo que los subproductos de aves son utilizados para sustituciones parciales con el fin de reducir los costos de la alimentación (Mendoza et al., 2000).

Otros subproductos cárnicos son los provenientes de bovino y cerdo. Si bien éstos también presentan buenas propiedades, como su alto contenido de proteína 50-85% (aminoácidos) y la palatabilidad, pueden llegar a presentar un alto contenido de cenizas, que limita la digestibilidad como es el caso de la harina de bovino (Hernández, 2012; Toyés, 2016).

Los subproductos de la agroindustria, como los desperdicios de incubadora (huevos infértiles), esquilmos, sangre de rastros y restos en mercados de frutas y verduras, ganan terreno ya que pueden ser aprovechados en la industria de la acuicultura ya que permite reducir costos. Sin embargo, el problema de estos subproductos es el precio que se ve enlazado a un factor de la oferta y demanda (León-Sánchez et al., 2010). Los estudios de Wuthiwaropas et al. (2006) demostraron que las dietas formuladas con la incorporación de desperdicios y subproductos agroindustriales no retrasan el desarrollo normal de los peces.

La harina de insectos es otro tipo de fuente de proteína, cuyo interés está creciendo. La ventaja de este tipo de producto es que puede ser producido como co-cultivo, es decir, su no cultivo no requiere del uso de terrenos especiales para su producción. O bien, pueden ser cultivados a través de una crianza tecnificada (microganadería entomológica) desarrollada en extensiones de menor tamaño sin poner en riesgo poblaciones de insectos silvestres (Beltrán, 2019)

Si bien, la desventaja podría ser su contenido de quitina, existen insectos que por su tamaño, los estadios larvales con menor contenido de quitina pueden ser utilizados, como es el caso de la mosca soldado (Maquart et al., 2018).

### ***Técnicas de conservación de ingredientes para la acuicultura***

Como se comentó anteriormente, la alimentación es uno de los costos más altos en los cultivos (Madage et al., 2015) por lo que se busca economizar en alternativas de fuentes proteicas. Sin embargo, el proceso de elaboración de los insumos puede tener uno de los costos mayores dependiendo del proceso.

El mantener los ingredientes en un buen estado de conservación, es fundamental para lograr una calidad constante en los alimentos que van a producirse. La conservación se refiere a la manera como podrán mantenerse un cierto tiempo hasta su utilización, pudiendo ser a través de conservar con frío, secado con calor, de manera biológica (fermentación), con conservantes químicos o una combinación de varios métodos (Clayton et al., 2012). Dichos métodos de conservación podrían de alguna manera afectar químicamente a los ingredientes, sobre todo cuando éstos contienen alto contenido de agua o se mantienen a ciertos pHs (Clayton et al., 2012).

Uno de los métodos de conservación más populares es la deshidratación. Esta hace que al perder el agua se pierda la actividad biológica de los mismos. Es decir, que contenga agua libre, la cual esté disponible para el crecimiento de microorganismos (Clayton et al., 2012). Este tipo de conservación es el más eficiente para el almacenamiento largo, cuidando que no se mojen durante el almacenamiento y evitar el crecimiento de microorganismos. La capacidad de absorción de agua del entorno, dependerá de las

propiedades de higroscopicidad del material granular en cuestión. La higroscopicidad, es una propiedad que se relaciona con la porosidad del material y capacidad de absorber agua, por lo que se define como la capacidad para absorber o liberar la humedad del ambiente que lo rodea (Díaz, 2005). El costo del secado y molido para la producción de las harinas dependerá de la humedad del producto (de Dios, 1996).

Sin embargo, la conservación húmeda puede ser más económica para este tipo de productos húmedos (Noguer y Valles, 1977; INTA, 2016; Patiño y Herrera, 2018), además de que no necesitan refrigeración para su conservación. De tal manera, que la conservación en húmedo es generalmente relacionada con el frío, ya que mantienen sus cualidades nutritivas y organolépticas, aunque según su intensidad la conservación tendrá diferentes tiempos máximos (Salvatierra, 2019). La intensidad más baja es la refrigeración, la cual consiste en mantener los ingredientes a temperaturas entre 0-6 °C; aunque este método sólo demora el crecimiento bacteriano, no lo impide (Clayton et al., 2012; Piqueras, 2016). La congelación consiste en reducir la temperatura por debajo del 0 °C convirtiendo en hielo gran parte del agua de los ingredientes, con lo que detiene reacciones químicas y enzimáticas que lo puedan alterar aumentando el tiempo de conservación; además, de que detiene el crecimiento de bacterias, aunque no lo elimina (Clayton et al., 2012; Piqueras, 2016; Salvatierra, 2019).

La acidificación es otro método de conservación donde se busca alterar el pH del ingrediente para que descienda a valores menores a 4.6, esto con el fin de evitar el crecimiento bacteriano. Mientras dura la fermentación la acidez se adquiere por la actividad de las bacterias ácido lácticas bajo un ambiente anaerobio, el cual evita que se desarrollen organismos no deseados y aumenta la vida de conservación del ingrediente sin la necesidad de refrigeración (Clayton et al., 2012; Juliarena y Gratton, 2012). De tal manera que después de cierto tiempo, el ensilaje llega a pH's de 4.6 a 5.0.

Conservar es una necesidad en la alimentación que no está exenta de riesgos, por lo que se debe reflexionar sobre el método a utilizar. La elección debe basarse en criterios higiénicos, tecnológicos y económicos (Piqueras, 2016), y hoy en día se piensa cada vez más en procesos que resulten en menor emisión de gases invernadero, o menor huella de carbono.

### *Proceso de fabricación de harina/ensilaje y sus ventajas/desventajas*

La harina de pescado se obtiene a partir de pescados completos, como producto de la pesca y en particular pelágicos menores, o de subproductos pesqueros. El proceso comprende el triturado, cocido, prensado, evaporación y secado, (Cuellar, 2021). Es la fuente de proteína para la acuicultura más popular gracias su alto nivel proteico, alto nivel de omega 3, alta digestibilidad, fuente de minerales, vitaminas, y una gran cantidad de micronutrientes importantes para los peces de cultivo (IFFO, 2020). Como se mencionó anteriormente, la principal desventaja es el constante aumento de precio de la harina por concepto de oferta y demanda, haciendo que los precios de las dietas aumenten. Sin embargo, el alto gasto de energía en el proceso, desde la pesca hasta el secado empacado, e incluso el transporte de éste a los lugares de uso, hace que su huella de carbono sera elevada.

En cuanto al proceso de fabricación del ensilaje, es algo más simple ya que sólo se toma el ingrediente que se pretende conservar (pre-molido) y se mezcla con un par de ácidos, orgánico y mineral para contener la capacidad de amortiguación dentro de un pH de 3 a 4. Ésta mezcla de ácidos ayuda a reducir el pH y asegurar su conservación (Montaño et al., 2005; Toppe et al., 2018). Por lo general, se utilizan ácidos sulfúrico-propiónico, aunque Montaño-Vargas et al. (2005) recomiendan el uso de fosfórico-cítrico.

De esta manera, se conserva el producto eficientemente dando lugar a que se pueda aprovechar cada parte de la fuente de proteína y con los cuidados correctos éste no dé lugar al desarrollo de especies perjudiciales (Noguer y Valles, 1977; Gallardo et al., 2012; Martínez-Fernández et al., 2014; INTA, 2016; Patiño y Herrera, 2018).

Dentro de los aspectos positivos del ensilaje es que éste no requiere de un gasto energético ni para secar ni almacenar en frio. Aunque una desventaja a esto sería el espacio de almacenamiento, a pesar de que esto puede ser a temperatura ambiente. Por otro lado, el tiempo de almacenamiento no reduce sus cualidades nutritivas hasta cierto punto (Noguer y Valles, 1977; Martínez-Fernández et al., 2014; Madage et al., 2015; INTA, 2016). La conservación ácida conlleva a un alto grado de hidrólisis que lo hace ser un producto altamente digestible con propiedades paliativas, pero no puede ser utilizado como única fuente proteica Gildberg (1082). Dicha hidrólisis ocurre gracias a la actividad de las

enzimas digestivas contenida en las vísceras (en particular el estómago) de los subproductos pesqueros, las cuales se activan al reducir el pH.

Como menciona Madage et al. (2015), la principal desventaja del ensilaje es su alto contenido de agua (~80%), por lo que su distribución y uso deberá ser en húmedo. De no ser así, habría que darle un valor agregado al producto, ya que con el secado perdería dichas ventajas (Llanes et al., 2017). Hoy en día es posible agregar ingredientes húmedos en los procesos de extrusión; sin embargo, se tiene que seleccionar muy bien el equipo para poder hacerlo, un ejemplo sería los equipos de la marca EXTRUTECH™.

### ***Grillo como ingrediente para dietas***

La harina de grillo se consigue a partir de la cría de estos, seguido de un proceso de selección, deshidratación, y por último pulverización. A través de su alimentación, los grillos modifican su contenido y perfil de ácidos grasos (Villalta, 2007; Moreno, 2013). Por lo general estos pueden colectarse, pero con el propósito de su utilización a nivel industrial, han surgido granjas para su cultivo estandarizando su alimentación y por ende la calidad de producto (Guzmán et al., 2021; RCA-CONICET, 2021). Para su cosecha, éstos son sacrificados disminuyendo su temperatura corporal para que entren en diapausa. Una vez con la cantidad de grillos deseada, se deshidratan utilizando un horno, y por último se muele hasta tener la granulometría deseada (Portillo, 2017; Proinsecta, 2020; Guzmán et al., 2021).

Si bien la harina de grillo o de insectos en general, es un tema que está causando expectativas interesantes, aún no hay casas comerciales que los ofrezcan en cantidades industriales, pero sí en bajas concentraciones.

## Antecedentes

Con la creciente demanda de productos derivados de la acuicultura, ha dado lugar a que el costo de la harina de pescado incremente, ocasionando que la industria busque alternativas con otras fuentes que tengan un nivel nutricional igual o mejor, sin sacrificar el crecimiento y supervivencia. El mercado de camarón en México (y en el mundo) es importante, por lo que hay mucho interés en realizar pruebas con dietas donde se sustituya de manera total la harina de pescado

Dentro de la búsqueda de alternativas se han hecho trabajos con ensilajes de diferentes subproductos como lo es el pescado, con inclusiones de hasta el 6%. Dichos trabajos mostraron rendimientos óptimos de supervivencia y crecimiento en el camarón (González et al., 2007; Batalha et al., 2017; Neto et al., 2019). Además, se ha demostrado que el uso de ensilaje de subproducto de pescado tiene mejores rendimientos de peso ganado y tasa de crecimiento específico que la harina de subproducto de pescado (Gallardo et al., 2012). Aunque cuando se adiciona en la dieta en proporciones mayores a la harina de pescado, se puede tener un efecto negativo reduciendo la capacidad de crecimiento de los organismos (Shao et al., 2020). Esto se ve reforzado por el trabajo de Spanopoulos (2011) en donde la dieta con la mayor inclusión de ensilaje tuvo un crecimiento menor que aquella que solo contenía la mitad. La razón por la que una alta cantidad de ensilaje reduce el crecimiento, se debe a la alta cantidad de proteína hidrolizada, lo que provoca que no haya una absorción total debido al tiempo de tránsito del alimento a través del paso del tracto digestivo. Esto se ha observado desde hace varias décadas en experimento para salmones (Espe, 1993). Una alternativa es acompañar al ensilaje de pescado con alguna harina vegetal o animal para poder sustituir en su totalidad a la harina de pescado. Rodríguez-González et al. (2018) realizó una prueba utilizando ensilaje de pescado con harinas vegetales, obteniendo crecimientos similares a los obtenidos con harina de pescado. Existen estudios que revelan que la inclusión de un 6% de ensilaje de moluscos resultó en un camarón sin afecciones los parámetros de crecimiento (Terrones y Reyes, 2018). Mientras que con el uso de ensilaje de maíz, en sustitución de harina de maíz en dietas con harina de pescado y soya, se obtuvieron tasas mayores de crecimiento y alta supervivencia (Gallardo-Carril y Reyes-Avalos, 2020).

Los insectos como fuente de proteína han ganado fuerza por el poco espacio y agua requeridos para su cultivo.

Uno de los insectos más populares para su inclusión en dietas para organismos acuáticos es la larva de mosca soldado (*Hermetia illucens*). Dicha popularidad se debe sobre todo al gran tamaño que adquieren sus estados larvarios, en donde la pupa presenta una alta cantidad de proteína (42%) con un balance relativo de aminoácidos y lípidos (He et al., 2022). Se ha reportado que la sustitución (hasta el 20-25% de la fuente de proteína) de larva de mosca soldado en dietas comerciales para camarón, no tiene efectos negativos en el crecimiento (Cummins et al., 2017; Panini et al., 2017; Chen et al., 2021; Richardson et al., 2021; Usman et al., 2021; He et al., 2022). Además, se sugiere mediante la observación que es más palatable y atrayente para los organismos (He et al., 2022). Sin embargo, la inclusión de la mosca soldado tiene un límite en la sustitución de aproximadamente el 30% (de la fuente de proteína) ya que se ha reportado que después de superar este límite comienzan a tener un desempeño significativamente menor en peso final, ganancia de peso y tasa de crecimiento específico (Hu et al., 2019; Chen et al., 2021; Chen et al., 2022; Yildirim et al., 2022). Aunque la larva de mosca soldado no es el único insecto que se usa, ya que se ha reportado que la larva de quironómidos en dietas para camarón presentan altos crecimientos comparados con dieta comercial e incluso de dieta con inclusión de alga *Ulva intestinalis* (Muangyao et al., 2019).

Otro insecto al cual se le ha estado dedicando esfuerzo para conocer su potencial es la larva de la harina (*Tenebrio molitor*). Se ha reportado que la sustitución de este insecto en harina de pescado ha tenido mejorías significativas en la tasa de crecimiento específico y ganancia de peso (Choi et al., 2018; Motte et al., 2019).

Las harinas del gusano de seda (*Bombyx mori*) han reportado que pueden sustituir hasta el 75% de la fuente de proteína, sin perjudicar el crecimiento. Además de proveer efectos positivos en la digestibilidad, la capacidad antioxidante y a la hora de mudar; aunque en grandes proporciones, puede dañar los hepatocitos (Rahimnejad et al., 2019; Shin y Lee, 2021)

Si bien la mosca soldado es la única que ya se promociona comercialmente, el grillo es uno de los insectos que se han comenzado a utilizar en la acuicultura para determinar su

potencial (Talan et al., 2019). Se ha demostrado que con la harina de grillo se puede sustituir hasta el 100% de HP contenida en las dietas (15% del total de la proteína) obteniendo una mejoría en ganancia de peso (Taufek et al., 2016; Peh et al., 2021), con la limitante de que la cantidad de quitina puede disminuir la digestibilidad (Herliatika et al., 2021). Shin y Lee (2021) Reportan que al utilizar harina de grillo en dietas para camarón blanco, estos presentaron una mayor tasa de crecimiento específico, bajas tasas de conversión alimenticia y un alta supervivencia.

## **Justificación**

Debido al creciente incremento de la acuicultura y al potencial con el que cuenta el país, se requiere contar con la materia prima necesaria para abastecer a la industria alimenticia de este sector. Con esto se podrá asegurar el suministro de alimentos para la acuicultura. Para que la producción acuícola sea competitiva a los costos de producción a nivel mundial, es importante que el costo del alimento y la producción alcance el mismo precio obtenido en el mercado internacional considerando el rendimiento y las ganancias para el productor. Por lo anterior, es esencial buscar ingredientes a bajo costo y con la calidad necesaria para sostener la producción. Es sabido que la producción de harina de pescado es cada vez menor aunado a su demanda sobre todo en productos de alta calidad como el alimento para peces carnívoros para sus primeras etapas de vida. Además, con la creciente demanda del aceite de pescado para su uso en diferentes sistemas de producción, incluyendo el consumo humano, ha resultado en un incremento del precio del producto. De tal manera que se han buscado alternativas para sustituir la harina y aceite de pescado. Entre las alternativas propuestas están los subproductos de animales terrestres, pero con el aumento de la producción, éstos también ya empiezan a escasear y aumentar sus precios. Por tal motivo, de momento una de las alternativas más viables son los insectos, los cuales se pueden producir en conjunto con el sector agrícola (co-cultivo) sin utilizar grandes espacios de cultivo. Si además de utilizar insectos como el grillo, se implementa el uso de grillo conservado con ácidos para evitar su descomposición, las ventajas en cuanto a los costos de producción de los alimentos aumentarían considerablemente. En el presente estudio, se generará información relevante sobre los parámetros productivos del camarón al utilizar la harina y el ensilaje de grillo en la formulación de sus dietas. Los resultados obtenidos permitirán conocer sobre la viabilidad de la harina y ensilaje de grillo como fuente de proteína alternativa para el camarón. Con esto, se pretende contribuir en la búsqueda de fuentes alternas de proteína para la acuicultura.

## **Hipótesis**

La dieta con ensilaje de grillo resultará en igual o mejor índice productivo que la dieta con harina de grillo en el camarón blanco *Litopenaeus vannamei* como fuente proteica en las dietas.

## **Objetivo general**

Evaluar la pertinencia del uso de ensilaje de grillo (*Acheta domesticus*) en vez de la harina de grillo, a diferentes niveles de sustitución, con el fin de utilizar un producto más amigable para el ambiente, además de ser más económico, a través de evaluar los índices productivos en el camarón blanco

## **Objetivos específicos**

- Analizar la composición proximal de las distintas dietas en donde se sustituye la harina de grillo por ensilaje de grillo
- Analizar el efecto de los parámetros de crecimiento de dietas con distintos niveles de ensilaje de grillo sustituyendo la harina de grillo
- Comparar la digestibilidad aparente de las dietas con distintos niveles de harina vs. ensilaje de grillo en el camarón blanco

## Metodología

### *Diseño experimental*

Se usaron 12 estanques de 500 L útiles con agua de mar. Los doce estanques estaban conectados a un sistema de recirculación. Este consiste en un reservorio de 1200-L que cuenta con una resistencia y un sensor de temperatura para poder mantener el agua a 28°C. El agua es mandada por tubos y es ajustada con llaves para mantener una circulación constante. Al ser un sistema de recirculación, el agua de los estanques sale por un tubo de nivel que cuenta con una camisa para poder levantar desechos del fondo. El pasa por un sedimentador para que los desechos sean atrapados, y el agua regresa al reservorio no sin antes pasar por lámparas UV, un skimmer y un biofiltro.

En cada estanque se colocaron aleatoriamente 25 camarones (*Litopenaeus vannamei*) con un peso promedio de  $1.0 \pm 0.1$  g. Los camarones se obtuvieron del laboratorio comercial FITMAR, localizado en Mazatlán Sinaloa. Las dietas se distribuyeron al azar en el sistema, pero cada uno contaba con 3 estanques. Las dietas experimentales fueron HG (harina de grillo), 66v33 (66% de harina de grillo y 33% de ensilaje de grillo) 33v60 (33% de harina de grillo y 60% de ensilaje de grillo) y EG (Ensilaje de grillo). La distribución fue la siguiente:

Cuadro I. Distribución de las cuatro dietas en los estanques

<b>Dieta</b>	<b>Estanques</b>
HG	1, 5 y 9
66v33	2, 6 y 10
33v60	3, 7 y 11
EG	4, 8 y 12

### *Calidad de agua*

Los parámetros fisicoquímicos del agua durante el tiempo que duró el experimento fueron monitoreados diariamente y estos se mantuvieron homogéneos para evitar el estrés en los camarones. Los niveles de oxígeno, salinidad y temperatura fueron evaluados por medio de un oxímetro YSI-55. El amonio y los nitritos se midieron de manera semanal con

kits de medición API Tests kits. La temperatura del agua se mantuvo en los de 28°C, la salinidad entre 33 y 55 ppm, el oxígeno disuelto entre 5 y 8 mg/L y los niveles de amonio siempre se buscó tenerlos en 0 ppm.

### ***Harina y ensilaje de grillo***

Los grillos se obtuvieron de un criadero local, los cuales eran alimentados con dieta comercial para los requerimientos nutricionales de gallina (16 a 18% proteína y 1% grasa (NRC, 1994))

Se molieron 10 kg de grillo (*Acheta domestica*) en una cortadora vertical Coupe R-60 hasta obtener una masa homogénea. La mitad (5 kg) se secaron para ser la harina de grillo, mientras que a los otros 5 se les añadió 2.5% de ácido fosfórico, 2.5% de ácido cítrico para elaborar el ensilaje de acuerdo con lo propuesto por Montaña-Vargas et al. (2005). Debido a que los grillos no cuentan con digestibilidad ácida, y con la finalidad de promover la hidrólisis como en los ensilajes de subproductos pesqueros, en este trabajo, se le agregó al ensilaje de grillo 0.25 g de papaína; lo que constituye el 0.05% de papaína en el ensilaje. Todo se mezcló durante dos minutos, para después ponerlo en un recipiente de 20 L tapado con un plástico evitando la formación de burbujas de aire y se procedió a tapar herméticamente hasta la siguiente mezcla y medición de pH, la cual se realizó cada tercer día. Se tuvo cuidado de no manchar las paredes de la cubeta para evitar formación de bacterias. Se tomaron muestras cada 3 o 4 días para verificar que el pH no fuera mayor a 3.5.

La cubeta con el ensilaje de grillo se mantuvo en un entorno oscuro a temperatura ambiente y tuvo constante supervisión.

### ***Preparación de las dietas***

A partir de la harina y ensilaje de grillo, se formularon 4 dietas para contener 45% de proteína cruda y 11% de lípidos en donde la inclusión del ensilaje de grillo aumentó en una proporción 1:3. Las dietas se elaboraron en el Laboratorio de Nutrición y Fisiología Digestiva del IIO-UABC campus Ensenada.

Los macro ingredientes se pulverizaron a 0.5 mm en el pulverizador Inmimex M-300, se tamizó y se mezcló en una cortadora vertical Coupe R-60. Posteriormente se adicionaron los aglutinantes y seguido los micro ingredientes hasta que se obtuvo una mezcla homogénea. La pasta que se obtuvo se procesó por un molino Tor Rey M 32-5 resultando en tiras de las diferentes dietas. Las tiras se cortaron en un procesador de alimentos hasta obtener el tamaño deseado ( $2 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ ). Las tiras, se secaron en un horno de aire forzado a  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  durante 24 horas. Al haberse secado se almacenaron en bolsas y se guardaron en refrigeración a  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  durante el tiempo que duró el experimento.

### ***Composición proximal***

Todas las dietas fueron analizadas por triplicado para obtener su composición proximal de acuerdo con las técnicas oficiales de la AOAC (1990)

**Humedad:** Se pesaron 2 g de muestra sólida y se colocó en una charolilla seca, se colocaron en un horno a  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  durante 24 horas. Al haber pasado el tiempo, se dejó enfriar en un desecador y se registró su peso. El valor de humedad se obtuvo con la siguiente formula:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{(\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) * 100}{\text{Peso muestra}}$$

Cuadro II. Composición de las cuatro dietas experimentales para sustituir la harina de grillo por ensilaje de grillo.

Ingredientes (peso seco)	Tratamiento			
	Harina de Grillo	66-33	33-60	Ensilaje de Grillo
	%	%	%	%
Harina de grillo <sup>a</sup>	25	16.7	8.3	0
Ensilaje de grillo <sup>b</sup>	0	8.3	16.7	25
Harina de ave <sup>c</sup>	10	10	10	10
Soyimil <sup>d</sup>	17	17	17	17
Proplex T (78%PC) <sup>e</sup>	6	6	6	6
Gelatina <sup>f</sup>	8	8	8	8
Gluten de maíz <sup>g</sup>	5	5	5	5
Maicena <sup>h</sup>	17.7	17.7	17.7	17.7
Metionina <sup>i</sup>	1	1	1	1
Lisina <sup>j</sup>	0.5	0.5	0.5	0.5
Rovimix <sup>k</sup>	3	3	3	3
Stay c <sup>k</sup>	0.2	0.2	0.2	0.2
Fosfolípidos <sup>m</sup>	1	1	1	1
Colesterol <sup>n</sup>	0.5	0.5	0.5	0.5
Nature-DHA 17% <sup>o</sup>	5	5	5	5
Benzoato de sodio <sup>p</sup>	0.1	0.1	0.1	0.1
BHT <sup>q</sup>	0.05	0.05	0.05	0.05
Total	100	100	100	100

Producción por pedido (<sup>a,b</sup>)Laboratorio de nutrición y fisiología digestiva UABC(<sup>c</sup>)Pet food grade from Proteínas Marinas y Agropecuarias SA de CV, Guadalajara, Jalisco, México. (<sup>d</sup>)Soycomilk ADM. (<sup>e</sup>)Progel Mexicana SA de CV, León, Guanajuato, México. (<sup>g</sup>)Ingredión SA de CV, México. (<sup>h</sup>)Maizena, Unilever Food Solutions, México. (<sup>i</sup>)IFuture Foods, México (<sup>j</sup>)ADM, México (<sup>k</sup>)DSM Nutritional Products México SA de CV, Guadalajara, Jalisco, México. (<sup>m</sup>)Comercializador Costa bella S. de R.L. de C.V., Ensenada BC, México. (<sup>n</sup>)Mitsui & Co, LTD. (<sup>o</sup>)ADM, México, (<sup>p</sup>)Interquímica SA de CV, Atizapán de Zaragoza, México.

**Proteína cruda:** Se analizó mediante la técnica de micro-kjeldahl. Para la digestión se usó 2 g de sulfato de potasio, 40 mg de sulfato cúprico, 1 g de muestra pulverizada y 3 ml de ácido sulfúrico durante un periodo 3 horas con un mezclado cada 15 minutos en el digestor. Al estar totalmente transparente, se esperó 15 minutos más y se dejó enfriar. El sobrenadante fue aforado a 25 ml en un matraz volumétrico con agua destilada. En la destilación se usó 10 ml de ácido bórico al 3% (con indicador Shiro Toshiro), 5 ml de muestra 10 ml de hidróxido de sodio al 40% y 10 ml de agua destilada. Lo obtenido de la destilación se tituló manualmente con ácido clorhídrico al 0.02 N. El valor de proteína cruda se obtuvo con la siguiente formula:

$$Proteina (\%) = \frac{(ml\ de\ HCl - ml\ de\ blanco) * normalidad\ de\ HCl * 1.4}{g\ de\ muestra}$$

**Lípidos:** Se pesaron 2 g de muestra molida. En el recipiente Soxlet se le adicionó éter de petróleo y se dejó destilando durante 4 horas. Al cumplirse el tiempo se quitó el exceso del solvente y se colocó en el horno a 60 °C durante 24 horas. Se dejó enfriar en el desecador. Una vez frio se pesó y el valor de lípidos se obtuvo con la siguiente formula:

$$Lipidos (\%) = \frac{(Peso\ final - peso\ inicial) * 100}{Peso\ muestra}$$

**Cenizas:** Se pesó 1 g de muestra y se colocó en la mufla a 550 °C durante 5 horas. Una vez calcinado se pesó y el valor de cenizas se obtuvo con la siguiente formula:

$$Cenizas (\%) = 100 - \frac{Peso\ final * 100}{Peso\ muestra}$$

### **Análisis de crecimiento**

El experimento duró 57 días. El día de la finalización se contaron los organismos y se pesaron en una balanza digital. Se evaluó el rendimiento productivo de la manera siguiente:

Tasa de crecimiento específico (TCE)

$$TCE = \left( \frac{\ln \ln\ Peso\ final - \ln \ln\ Peso\ inicial}{Días} \right) * 100$$

Coeficiente de crecimiento térmico (CCT)

$$CCT = 1000 * \frac{(Peso\ final)^{1/3} - (Peso\ inicial)^{1/3}}{(Días * T^{\circ}C)}$$

Ganancia en peso en gramos (GP)

$$GP\ (g) = Peso\ individual\ final - Peso\ individual\ inicial$$

Ganancia de peso relativo en porcentaje (%GP)

$$\%GP = \left( \frac{Promedio\ peso\ final - Promedio\ peso\ inicial}{Promedio\ peso\ inicial} \right) * 100$$

Factor de conversión alimenticio (FCA)

$$FCA = \left( \frac{Promedio\ consumo\ de\ alimento}{Promedio\ de\ peso\ ganado} \right)$$

Índice hepatosomático (IHS)

$$IHS = 100 * \left( \frac{Peso\ del\ hepatopáncreas}{Peso\ total\ del\ organismo} \right)$$

Supervivencia

$$Supervivencia\ (\%) = \left( \frac{Número\ final\ de\ organismos}{Número\ inicial\ de\ organismos} \right) * 100$$

### ***Digestibilidad aparente***

Después de dos semanas del inicio del experimento, se comenzó a coleccionar heces de manera diaria, una hora después de cada alimentación. Se coleccionó de manera individual cada estanque con un sifón filtrando el agua por un tamiz para poder coleccionar las heces. Después cada muestra por estanque se enjuagó con agua destilada y se colocaron en tubos Falcon de 50 ml (un tubo por estanque y colecta) y almacenaron en un congelador a -18 °C. Al acabar el experimento, con las heces coleccionadas, se juntaron por estanque y se determinó la digestibilidad aparente. Se usó la metodología descrita por Tejada (1992) y modificada por Montaña et al. (2005) utilizando las cenizas insolubles en ácido como marcador interno. En resumen, después de pesar las heces se colocaron en crisoles de porcelana, se calcinaron en la mufla a 550 °C durante 5 horas. En vasos de precipitado se agregaron 25 mL de ácido clorhídrico 2N y las heces previamente calcinadas. Se taparon con vidrios de reloj y se dejaron calentando en una plancha a 100 °C hasta que todas las muestras alcanzaron el punto de ebullición. Se dejaron 5 min para después enfriar y lo obtenido se filtró a través de filtros Whatmann de fibra de vidrio GF-F de 47 mm y un matraz Kitasato conectado a una bomba al vacío. Se enjuagó con agua destilada caliente, posteriormente el filtro que se usó se calcinó en la mufla a 500 °C durante 5 horas. Una vez calcinadas las muestras, se pesaron y se calculó la digestibilidad con las siguientes formulas:

$$\text{Cenizas insolubles (\%)} = \left( \frac{\text{Peso cenizas} - \text{peso crisol}}{\text{peso muestra seca}} \right) * 100$$

$$\text{Digestibilidad aparente (\%)} = 100 - \left( \frac{100 * \% \text{ cenizas en el alimento}}{\% \text{ cenizas en las heces}} \right)$$

## **Análisis estadístico**

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS Statistics de IBM. A los datos se les hicieron pruebas de normalidad y homocedasticidad. A los datos que pasaron la prueba de normalidad y homocedasticidad se les realizó una ANDEVA de una vía con una confianza del 95%. Aquellos casos donde si pasaron los supuestos estadísticos se aplicó una prueba post hoc de Tukey. A los datos no paramétricos se les realizó una ANDEVA de Kruskal-Wallis. Se realizó regresión lineal y cuadrática. Las interpretaciones fueron basadas según las sugerencias de Cohen (1988) con ayuda del Cuadro III.

Cuadro III. Interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación de Pearson según las sugerencias de Cohen

<b>Rango de valores de <math>r_{xy}</math></b>	<b>Interpretación</b>
$0.00 \leq  r_{xy}  < 0.10$	Correlación nula
$0.10 \leq  r_{xy}  < 0.30$	Correlación débil
$0.30 \leq  r_{xy}  < 0.50$	Correlación moderada
$0.50 \leq  r_{xy}  < 1.00$	Correlación fuerte

## Resultados

### *Análisis proximal de la dieta*

Las dietas experimentales con harina de grillo presentaron diferencias significativas en lípidos y cenizas, mientras que proteína y humedad no presentó diferencias estadísticas en ninguna de las dietas (Cuadro IV). Los lípidos del tratamiento HG fueron significativamente mayores que los demás tratamientos ( $8.56 \pm 0.06$ ). En cuanto al contenido de cenizas, la harina de grillo presentó la mayor cantidad con respecto a los otros ( $8.25 \pm 0.16$ ).

Cuadro IV. Composición proximal (%) en materia seca, de las dietas experimentales con sustitución progresiva de ensilaje de grillo (promedio) para camarón blanco *Litopenaeus vannamei*

Parámetros	Tratamiento				Valor de P
	HG	66v33	33v60	EG	
Humedad	0.88	0.69	1.26	1.16	0.053
Lípidos	8.56 <sup>a</sup>	7.00 <sup>b</sup>	4.98 <sup>c</sup>	6.48 <sup>b</sup>	0.001
Proteína	47.72	46.51	46.35	45.48	0.12
Cenizas	8.25 <sup>a</sup>	7.58 <sup>c</sup>	7.2 <sup>c</sup>	7.87 <sup>b</sup>	0.024
ELN	34.59	38.22	40.2	39.01	

Los valores de la misma fila con superíndices diferentes (<sup>a,b,c</sup>), indican diferencias estadísticas significativas entre las dietas experimentales ( $P \leq 0.05$ )

### *Índices biológicos*

Después de 57 días de alimentación, la dieta experimental que usó harina de grillo resultó en un índice hepatosomático significativa mayor ( $5.07 \pm 0.10$ ). No obstante, el peso final ( $3.58 \pm 0.14$ ), la ganancia de peso en gramos ( $2.54 \pm 0.14$ ), ganancia de peso en porcentaje ( $245.44 \pm 15.94$ ), la tasa específica de crecimiento ( $2.17 \pm 0.08$ ) y el factor de

conversión alimenticia ( $2.81 \pm 0.11$ ) observados en el tratamiento ensilaje de grillo fueron mayores que en los demás tratamientos. Sin embargo, la mejor supervivencia la tuvo el tratamiento 33v60 ( $98.67 \pm 1.33$ ) aunque no de manera significativa (Tabla IV).

Cuadro V. Índices biológicos en *Litopenaeus vannamei* después de ser alimentados durante 57 días con cuatro dietas que gradualmente sustituían la harina de grillo por ensilaje de grillo (media  $\pm$  DE)

Variable	Tratamiento				Valor de P
	HG	66v33	33v60	EG	
Peso inicial	$1.02 \pm 0.003$	$1.02 \pm 0.003$	$1.02 \pm 0.003$	$1.03 \pm 0.010$	0.279
Peso final	$3.37 \pm 0.10$	$3.40 \pm 0.09$	$3.28 \pm 0.20$	$3.58 \pm 0.14$	0.534
GP (g)	$2.35 \pm 0.10$	$2.38 \pm 0.09$	$2.25 \pm 0.20$	$2.54 \pm 0.14$	0.579
GP (%)	$229.78 \pm 10.4$	$233.19 \pm 9.4$	$221.04 \pm 20.5$	$245.44 \pm 15.9$	0.711
TCE	$2.09 \pm 0.06$	$2.11 \pm 0.05$	$2.04 \pm 0.11$	$2.17 \pm 0.08$	0.733
Consumo (g)	$173.38 \pm 2.31$	$175.48 \pm 3.04$	$170.07 \pm 6.25$	$178.37 \pm 5.87$	0.66
Consumo individual (g)	$2.96 \pm 0.20$	$2.96 \pm 0.29$	$3.04 \pm 0.30$	$2.82 \pm 0.19$	0.66
FCA	$2.96 \pm 0.11$	$2.95 \pm 0.16$	$3.04 \pm 0.17$	$2.81 \pm 0.11$	0.745
IHS (%)	$5.07 \pm 0.10^a$	$4.53 \pm 0.14^b$	$4.39 \pm 0^b$	$4.38 \pm 0.13^b$	0.006
CTC	$0.31 \pm 0.01$	$0.31 \pm 0.01$	$0.30 \pm 0.02$	$0.33 \pm 0.01$	0.656
Supervivencia (%)	$96 \pm 4$	$94.67 \pm 1.33$	$98.67 \pm 1.33$	$94.67 \pm 5.33$	0.58

Los valores de la misma fila con superíndices diferentes (<sup>a,b,c</sup>), indican diferencias estadísticas significativas entre las dietas experimentales ( $P \leq 0.05$ ).

TCE: Tasa de crecimiento específico FCA: Factor de Conversión Alimenticio IHS: Índice Hepatosomático CTC: Coeficiente Térmico de crecimiento

## *Digestibilidad*

La dieta con una totalidad de harina de grillo fue la que presentó la digestibilidad más baja ( $64.68 \pm 5.04$ ), mientras que la de totalidad de ensilaje de grillo fue la significativamente más alta ( $83.95 \pm 2.2$ ).

Cuadro VI. Digestibilidad aparente en materia seca (%) de las dietas experimentales con 4 niveles de inclusión de EG (media  $\pm$ DE) para camarón blanco *Litopenaeus vannamei*.

Variable	Tratamiento				Valor de P
	HG	66v33	33v60	EG	
Digestibilidad aparente (ms)	$64.68 \pm 5.04^b$	$73.44 \pm 1.2^{ab}$	$72.76 \pm 0.92^{ab}$	$83.95 \pm 2.2^a$	0.01

Los valores de la misma fila con superíndices diferentes (<sup>a,b,c</sup>), indican diferencias estadísticas significativas entre las dietas experimentales ( $P \leq 0.05$ )

Se realizaron regresiones cuadráticas para poder observar la correlación entre los índices biológicos y los tratamientos. Como se puede observar en la figura 1 existe una correlación positiva fuerte entre el EG en el peso final en g ( $R^2 = 0.638$ ) y ganancia en g ( $R^2 = 0.616$ ), mientras que existe una fuerte correlación negativa entre EG y el FCA ( $R^2 = 0.712$ ).

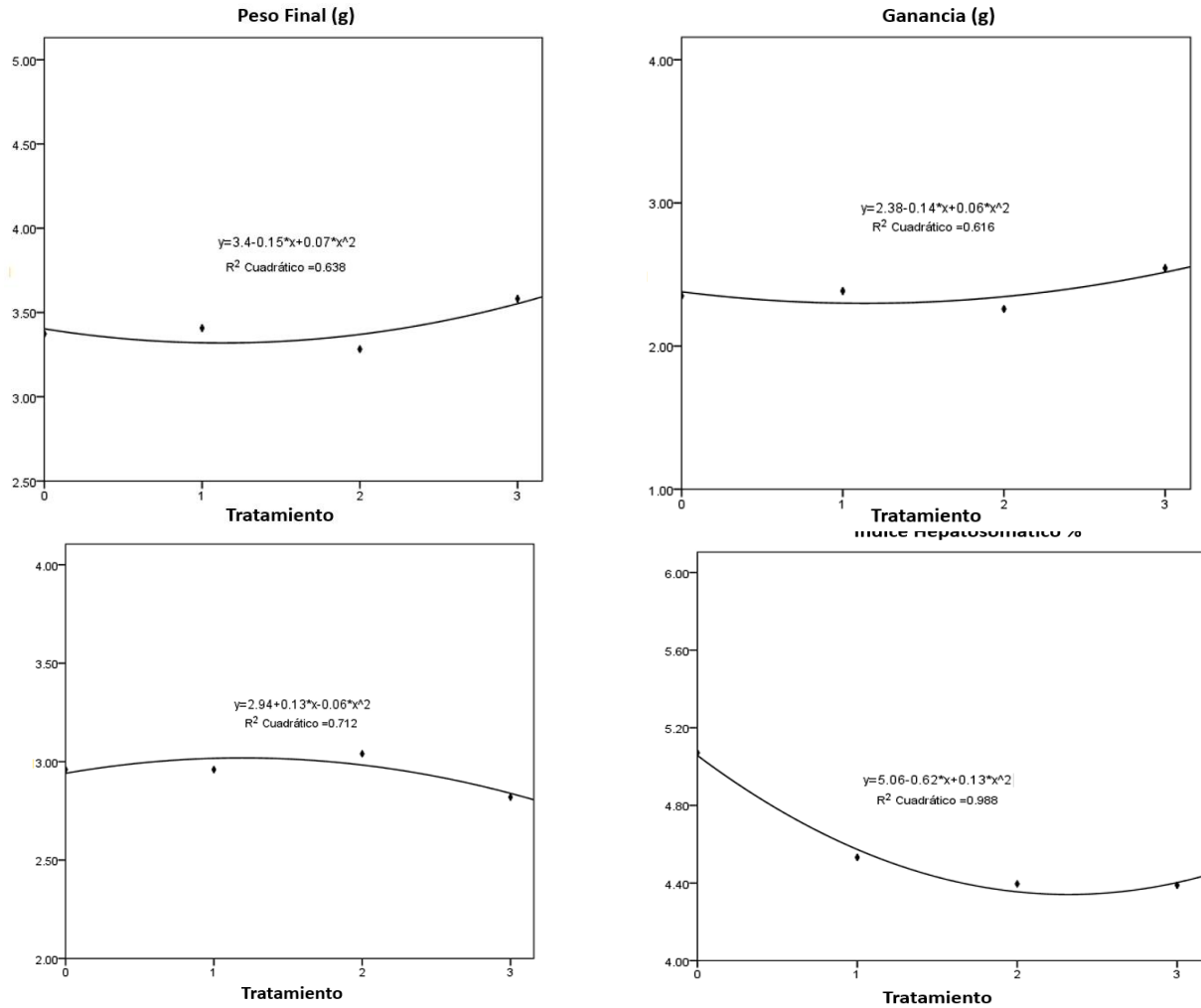


Figura 1. Análisis de una regresión cuadrática entre los niveles de ensilaje de grillo en la dieta y el peso final, ganancia (g), factor de conversión alimenticio y el índice hepatosomático. El diamante indica los valores marcados en la Tabla V. Las líneas indican las ecuaciones de regresión cuadrática de mejor ajuste y los valores de  $R^2$  la potencia del modelo basado en la Tabla III.

## Discusión

En el presente trabajo se evaluó el efecto de la sustitución parcial a total de la HG por EG. Existe una búsqueda por fuentes de proteína más accesibles y que no tenga un alto impacto en el planeta, como es la harina de pescado (Cabrera, 1999). Por ello se despertó el interés por utilizar harinas alternativas o ensilajes en dietas para camarón (González et al, 2007; Rustet al, 2011; Rumpold y Schluter, 2013; Makkar et al., 2014; Stamer, 2015 Turchini et al., 2019; Shin y Lee, 2021; Li et al., 2022).

Los resultados aquí obtenidos demuestran que no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, para el desempeño en crecimiento (Cuadro V). Sin embargo, es importante hacer notar que existe una tendencia a aumentar el crecimiento mientras más ensilaje se utilizó. En este trabajo, todos los tratamientos se ajustaron a contener un 25% ya sea de harina o ensilaje de grillo, mientras que el resto de los ingredientes permaneció constante (Cuadro I). Si bien las dietas fueron formuladas para contener entre 37 y 40% de proteína, la composición proximal resultante terminó arriba de 50%. Esta discrepancia seguramente se debió a la dificultad de su análisis considerando que la quitina, que es un carbohidrato estructural que contiene N no proteico (glucosamina)

Uno de los índices en donde sí se observaron diferencias significativas fue el índice hepatosomático (IHS; Cuadro V). En donde el Control con harina de grillo (HG) resultó significativamente menor. El hepatopáncreas es un órgano vital involucrado en la excreción, la muda, el metabolismo de lípidos y carbohidratos, y diversas actividades metabólicas, incluyendo la síntesis y secreción de enzimas digestivas, la absorción de nutrientes y el almacenamiento de las reservas de energía (Sánchez-Paz et al., 2007; Magalhães et al., 2012; Medina et al., 2019). El índice hepatosomático es la relación del hepatopáncreas con respecto al peso total y sirve para evaluar el estado del organismo con respecto a su glándula digestiva, además de ser un indicador de movilización de reservas energéticas del hepatopáncreas y se relaciona con la muda de los organismos (Barraza, 2012; Medina et al., 2019). La reducción de hasta el 35% del hepatopáncreas se puede deber al mayor uso de las reservas hepáticas a consecuencia el uso y movilización de las reservas de energía (Sánchez-Paz et al., 2007; Magalhães et al., 2012).

Esto se corrobora con los resultados en crecimiento, que, si bien no son significativos, el mayor crecimiento fue para aquellos que contenían mayor cantidad de ensilaje de grillo. En el caso del ensilaje, pudo existir una desventaja, ya que éstos pueden llegar a tener un sabor amargo o ácido que no sea apetecible (Noguer y Valles, 1997; Ananey-Obiri et al, 2019). No obstante, las diferencias se pueden observar cuando se compara el ensilaje de grillo junto a otras dietas experimentales de harina de insectos, con grillo de otra especie e incluso con ensilajes de pescado.

La supervivencia durante el periodo experimental fue alta. La más baja fue la de la dieta 66v33 con 94.67% mientras que la más alta fue la dieta 33v60 con 98.67% (Cuadro V). La dieta 33v60 presentó una supervivencia similar a la del saltamontes africano de arroz (*Hieroglyphus daganensis*) con 98.3% (Shin y Lee, 2021). Mientras que la larva de la mosca soldado (*Hermetia illucens*) presentó un valor ligeramente menor: 95.6% (Cummings et al., 2017). Los bioensayos donde se trabajó con el género *Gryllus*, reportaron supervivencias menores a 90% (Peh et al., 2021; Shin et al., 2021). No existen comparaciones con ensilaje de grillo, sin embargo, con los ensilajes de pescado se han reportado supervivencias diferentes según el autor, mientras que Gallardo et al. (2012) reportó una supervivencia del 98%, Shao et al. (2019) y Rodríguez-González et al. (2018) obtuvieron 87% de supervivencia. Sin embargo, estos últimos autores reportan que al sustituir totalmente la harina (40% de la dieta) por ensilaje de pescado, la supervivencia baja hasta un 70%.

Con respecto a la digestibilidad, el valor más bajo obtenido en este trabajo fue del 64% correspondiente a la harina de grillo, mientras que el valor más alto fue de 83.95% para el ensilaje de grillo (Cuadro VI). Aunque los valores de la harina y el ensilaje son significativamente diferentes, el desempeño no lo fue. La razón puede deberse a distintas causas, desde la palatabilidad, contenido total de quitina vs proteína, entre otros. Este último punto vale la pena discutirlo, ya que los insectos, y en este caso el grillo, cuenta con una concentración de quitina, la cual por su naturaleza está conformada por moléculas de acetil glucosamina, que como su nombre lo indica, contienen N que no conforma a la proteína. Para este trabajo, se consideró de acuerdo con Janssen et al. (2017) un factor de  $4.77 \times N$  para el cálculo de proteína cruda. Sin embargo, éste supone un valor constante entre la proteína y la quitina, por lo que se recomienda que para estudios posteriores se

corrobore el contenido de N proteico vs. N no-proteico en las muestras de grillo y así poder evaluar de manera más exacta el contenido de proteína cruda.

Desde el punto de vista de palatabilidad, pudiera ser que el contenido de ácido en el ensilaje no les sea apetecible. Pues si bien el contacto del ácido con el agua de mar puede neutralizarse, este proceso daría lugar a una alta cantidad de sales. Diversos autores han señalado la importancia de la palatabilidad en dietas para camarón (Noguer y Valles, 1997; Ananey-Obiri et al, 2019) por lo que deberá ser considerado. La digestibilidad de las dietas con ensilaje de grillo obtenida en este trabajo es más alta que la de otras harinas de insectos reportadas por Shin y Lee (2021) como el escarabajo hércules *Dynastes hercules* ( $81 \pm 2.35$ ), saltamontes africano de arroz *Hieroglyphus daganensis* ( $80.7 \pm 1.77$ ), el gusano de harina *Tenebrio molitor* ( $80.8 \pm 1.55$ ) y el grillo de dos puntos *Gryllus bimaculatus* ( $79.1 \pm 1.04$ ). Diferencias que pueden deberse a varias razones, como la formulación total de la dieta, entre otras cosas, como la estabilidad de las heces, por ejemplo.

La eficiencia y aprovechamiento de las dietas se mide con el factor de conversión alimenticio, que indica cuanto alimento se requiere en una unidad de medida para obtener un incremento en peso bajo la misma unidad de medida. En este trabajo, el valor más bajo obtenido en este experimento fue el de ensilaje (2.81), mientras que el más alto fue el de 33v60 (3.04), siendo estadísticamente iguales. Los valores aquí obtenidos, aún en el mejor caso que es el de 2.8, no son buenos, pues significa que 2.8 kg de alimento son necesarios para obtener 1 kg de camarón. Diversos autores han logrado obtener factores de conversión menores a 2, por lo que se requiere mejorar estos datos. Sin embargo, comparado con ejemplos utilizando otros insectos es mejor (Cummins et al., 2017). Si bien el factor de conversión es un parámetro muy útil para los productores, es un factor poco confiable, ya que solo toma en cuenta la cantidad de alimento que se arroja al estanque, más no si se lo come. Por lo anterior es muy importante ir estimando si quedan residuos de alimento para ir ajustando la ración alimenticia.

Dejando atrás los índices productivos, donde destaca ante ciertas especies, la ventaja que tiene el ensilaje de grillo ante las dietas basadas en harina de grillo es que el ensilaje es económico producirlo y almacenarlo. La conservación ácida ha sido uno de los procesos más antiguos y eficientes utilizados por el hombre desde la antigüedad. Los ácidos

son económicos, además de que la duración del almacenaje puede ser hasta de 5 años sin requerir refrigeración. Por otro lado, la hidrólisis proteica puede llegar a favorecer el aprovechamiento total de la proteína hasta una cantidad máxima sin saturar los transportadores de aminoácidos a nivel intestinal (Espe, 1992). Aprovechamiento que puede llegar a casi la totalidad de la fuente proteica e incluso mantener hasta más del 90% de los nutrientes comparado con el 70% en materia seca (Valencia et al.,2011; Kumar, 2016).

Finalmente, el ensilaje puede ser utilizado directamente en el extrusor utilizando una bomba de carne cruda, sin necesidad de pasar por la tolva en donde se agregan las harinas secas (Riaz, 2023). Esto podría ser una ventaja muy rentable para la elaboración de alimentos. Sin embargo, resulta importante encontrar la cantidad ideal en el suministro de los alimentos que mejore el desempeño. Cantidad que probablemente se encuentre por debajo de lo utilizado en el presente trabajo.

## **Conclusiones**

Los resultados aquí obtenidos demuestran que es posible sustituir la harina de grillo por el ensilaje de grillo obteniendo resultados similares estadísticamente, aunque se observó una tendencia a un mayor aprovechamiento a mayor sustitución. De la misma forma, el ensilaje de grillo tiene ventaja sobre la harina de insecto por su costo y fácil almacenamiento.

## **Recomendaciones**

- Realizar un análisis para cuantificar la quitina del grillo para poder realizar una dieta con la consideración del nitrógeno no proteico vs. proteico
- Hacer una dieta de ensilaje neutralizado para no verse afectado por la acidez y que presente consecuencias adversas a la palatabilidad
- Encontrar otra forma de medir con mayor certeza la ingesta de alimento

## Bibliografía

- Aas, T., Grisdale-Helland, B., Terjesen, B. y Helland, S. 2006. Improved growth and nutrient utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets containing a bacterial protein meal. *Aquaculture*. 259. 365-376 p.
- Ananey-Obiri, D., Matthews, L. y Tahergorabi, R. 2019. Chapter 6: Proteins From Fish Processing By-Products. *Proteins: Sustainable Source, Processing and Applications*, 163–191 p.
- AOAC, 1990. Association of *Official* Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Volume 1. AOAC International, Arlington, VA. 771 pp.
- Barange, M. 2019. Impactos del cambio climático en la pesca y la acuicultura. Obtenido de < <https://mondiplo.com/cuando-hablamos-del-cambio-climatico-pocas>>
- Barraza, J. 2012. Análisis de variables predictivas para el índice de eficiencia de producción utilizando alimentos comerciales para camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Instituto Politécnico Nacional. México. 82 pp.
- Batalha, O., Alfaia, S, Cruz, F., Jesus, R., Rufino, J. y Costa, V. 2017. Digestibility and physico-chemical characteristics of acid silage meal made of pirarucu waste in diets for commercial laying hens. *Acta scientiarum. Animal Sciences*. 39. 251-257 p.
- Bureau, D. 1996. Nutritional value of rendered animal protein ingredients for salmonids in the 90`s. The Canadian feed industry association and 1996 eastern nutrition conference. 239-246 p.
- Buschmann, A. 2001. Impacto Ambiental de la acuicultura.: el estado de la investigación en Chile y el mundo. *Terram*. 67 pp.
- Chen, Y., Chi, S., Zhang, S., Dong, X., Yang, Q., Liu, H., Tan, B. y Xie, S. 2021. Evaluation of the dietary black soldier fly larvae meal (*Hermetia illucens*) on growth performance, intestinal health, and disease resistance to *Vibrio parahaemolyticus* of the Pacific White shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Frontiers in Marine Science*. 8.
- Chen, Y., Chi, S., Zhang, S., Dong, X., Yang, Q., Liu, H., Tan, B. y Xie, S. 2022. Effect of black sldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal on lipid and glucose metabolism of Pacific White shrimp *Litopenaeus vannamei*. *The Brithis journal of nutrition*. 128(9). 1674-1688 p.
- Choi, I., Kim, J., Kim, N., Park, C., Park, J. y Chung, T. 2018. Replacing fish meal by mealworm (*Tenebrio molitor*) on the growth performance and immunologic responses of white shrimp (*Litopenaeus vannaemei*). *Acta Scientiarum Animal Sci*. 40.

- Chopin, T. 2020. Reducción de la huella de carbono de la producción de alimentos provenientes del océano y el cambio de dietas. Aquafeed. Obtenido < <https://aquafeed.co/entrada/reduccion-de-la-huella-de-carbono-de-la-produccion-de-alimentos-provenientes-del-océano-y-el-cambio-de-dietas-21874>>
- Clayton, K., Bush, D. y Keener, K. 2012. Métodos para la conservación de alimentos. Purdue University. 6 pp.
- Cohen, J. 1988. Statistical power analysis for the behavioral sciences. Hillsdale. 567 pp.
- Cuellar, J. 2021. Procesos en la fabricación de la harina de pescado. Obtenido de <
- Cummins, V., Rawles, S., Thompson, K., Velasquez, A., Kobayashi, Y., Hager, J. y Webster, C. 2017. Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Aquaculture. 473. 337-344 p.
- De Dios, C. 1996. Secado de granos y secadoras. FAO. Recuperado de < <https://www.fao.org/3/x5028s/X5028S00.htm#Contents>>
- De la Higuera, M., García-Gallego, M., Sanz, A., Cardenete, G., Suárez, M. y Moyano, F. 1988. Evaluation of lupin seed meal as an alternative protein source in feeding of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Aquaculture. 71. 37-50 p.
- Díaz, J. 2005. Propuesta metodológica para determinar el potencial de humedad de un material granular a partir de la humedad relativa. Ingeniería y competitividad. 7(1). 73-79 p.
- Díaz, G. 2012. El cambio climático. República Dominicana. Ciencia y sociedad. 37(2). 227-240 p.
- Espe, M., Haaland, H., Njaa, L. y Raa, J. 1992. Growth of Young rats on diets based on fish silage with different degrees of hydrolysis. Food Chemistry. 44(3). 195-200 p.
- Ezquerro-Brauer, J. 2013. Subproductos de la pesca para dietas de organismos cultivados: beneficios, problemas y estrategias. Contribuciones recientes en alimentación y nutrición acuícola. 66-83 p.
- FAO, Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2010. Biodiversidad y dietas sostenibles: unidos contra el hambre. Roma. 2 pp.
- Faundez, K. 2020. Fabricación del alimento produce la mayor huella de carbono del salmón. Obtenido de < <https://www.salmonexpert.cl/c02-f4f-harina-de-insectos/fabricacin-del-alimento-produce-la-mayor-huella-de-carbono-del-salmon/1132165>>

- Gallardo, P., Gaxiola, G., Soberano, S., Taboada, J., Pérez, M., Rosas, C., Cuzon, G., Espinosa, L. y Sotelo, A. 2012. Nutritive value of diets containing fish silage for juvenile *Litopenaeus vannamei* (Bonne, 1931). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 92(11). 2320-2325 p.
- Gallardo-Carril, J. y Reyes-Avalos, W. 2020. Dietas con ensilado biológico de harina de maíz mejoran el desempeño productivo del camarón del río *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae). *Scientia Agropecuaria*. 11(3). 409-417 p.
- Gatlin, D. 2009. El uso de harina de soja en la dieta de peces omnívoros de agua dulce. Texas. 12 pp.
- Gerber, P., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. y Tempio, G. 2013. Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. FAO. 139 pp.
- González, D., Córdoba, J., Indorf, F. y Buitrago, E. 2007. Estudios preliminares en la formulación de dietas para camarón blanco (*Litopenaeus schmitti*) utilizando ensilado de pescado. *Revista Científica*. 17(2). 166-172 p.
- Goytortúa-Bores, R., Civera-Cerecedo, S., Rocha-Meza, A. y Green, Y. 2006. Partial replacement of red crab (*Pleuroncodes planipes*) meal for fish meal in practical diets for the shrimp *Litopenaeus vannamei*: effects on growth and in vivo digestibility. *Aquaculture*. 256.
- Gracia-López, V., García-Galano, T., Gaxiola-Cortés, G. y Pacheco-Campos, J. 2003. Efecto de nivel de proteína en la dieta y alimentos comerciales sobre el crecimiento y la alimentación en juveniles del robalo blanco, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792). *Ciencias Marinas*. 29(4B). 585-594 p.
- Guzmán, R., Espinoza, J., Garcia, K., Diaz, W. y Carrasco, W. 2021. Diseño de una planta de producción de harina y barras energéticas a base de grillo en la ciudad de Piura. Peru. 109 pp.
- Hansen, J., Hofossaeter, M., Sahlmann, C., Anestad, R., Revecó-Urzuá, F., Press, C., Mydland, L., Overland, M. 2019. Effect of *Candida utilis* on growth and intestinal health of Atlantic salmon (*Salmon salar*) parr. *Aquaculture*. 511. 10 pp.
- He, Y., Liu, X., Zhang, N., Wang, A., Wang, A., Zuo, R. y Jiang, Y. 2022. Replacement of commercial feed with fresh black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae in Pacific White shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture nutrition*. 2022. 8 pp.
- Herliatika, A., Permatahati, D., Pujiawati, Y., Tresia, G. y Wina, D. 2021. Utilization of cricket (*Gryllus bimaculatus*), black soldier fly (*Hermetia illucens*), mealworm (*Tenebrio molitor*), and silkworm (*Samia ricini* and *Bombyx mori*) as alternative feed protein sources. *WARTAZOA*. 31(4). 185-198 p.

- Hernández, C. 2012. Uso de subproductos para alimentación de tilapia y camarón. Editorial académica española. 68 pp.
- Hogan, H. 2019. Con los subproductos, obtenido más de, y para, los peces. Global Seafood Alliance. Recuperado de < <https://www.globalseafood.org/advocate/con-los-subproductos-obteniendo-mas-de-y-para-los-peces/>>
- Hu, J., Wang, G., Huang, W., Zhao, H., Mo, W. y Huang, Y. 2019. Effects of fish meal replacement by black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal on growth performance, body composition, serum biochemical indexes and antioxidant ability of juvenile *Litopenaeus vannamei*. Animal nutrition. 31. 5292-5300 p.
- Hulefeld. R., Habte-Tsion, H., Lalgudi, R., McGraw, B., Cain, R., Allen, K., Thompson, K., Tidwell, J. y Kumar, V. 2018. Nutritional evaluation of an improved soybean meal as a fishmeal replacer in the diet of Pacific White shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture Research. 19. 1414-1422 p.
- IFFO, International fishmeal and fish oil organization. 2020. ¿Qué hace tan especial a la harina de pescado? Recuperado de <<https://www.iffco.com/es/que-hace-tan-especial-la-harina-de-pescado>>
- Infante, M. 2020. Consumo de combustible en la pesca artesanal ¿Es una actividad sostenible la pesquería de la merluza común? Universidad Católica de la Santísima Concepción. Chile. 59 pp.
- INTA, Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. 2016. Ensilaje: la mejor manera de conservar forrajes en época de abundancia para suplementar al Ganado en época de escasez. Costa Rica. 2 pp.
- Janseen, R., Vincken, J., van der Broek, L., Fogliano, V. y Lakemond, C. 2017. Nitrogen-to-protein conversion factors for the three edible insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus* and *Hermetia illucens*. Journal of agricultural and food chemistry. 65(11). 2275-2278 p.
- Jones, S., Karpol, A., Friedman, S., Maru, B. y Tracy, B. 2020. Recent advances in single cell protein use as a feed ingredient in Aquaculture. Current opinion in biotechnology. 61. 189-197 p.
- Ju, Z., Deng, D. y Dominy, W. 2012. A defatted microalgae (*Haematococcus pluvialis*) meal as protein ingredient to partially replace fishmeal in diets of Pacific White shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone, 1931). Aquaculture. 354-355 p.
- Juliarena, P. y Gratton, R. 2012. Conservación de alimentos. Tecnología, ambiente y sociedad. UNICEN. 12 pp.
- Katya, K., Lee, S., Yun, H., Dagoberto, S., Browdy, C., Vazquez-Anon, M. y Bai, S. 2016. Efficacy of inorganic and chelated trace minerals (Cu, Zn and Mn) premix sources

- in Pacific White shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed plant protein based diets. *Aquaculture*.
- Kaushik, S. y Luquet, P. 1980. Influence on bacterial protein incorporation and of sulphur amino acid supplementation to such diets on growth of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Aquaculture*. 19. 163-174 p.
- Kumar, R. 2016. Advantage and limitation of silage making. *Biotech articles*. Recuperado de <<https://www.biotecharticles.com/Agriculture-Article/Advantage-and-Limitation-of-Silage-Making-3562.html>>
- Laffoley, D., Baxter, J., Turley, C. y Lagos, N. 2017. Introducción a la acidificación oceánica: lo que es, lo que sabemos y lo que puede suceder. *UICN*. 28 pp.
- Llanes, J., Toledo, J., Portales, A. y Sarduy, L. 2017. Reemplazo parcial de harina de pescado por ensilado cárnico en dietas extrusadas para *Clarias gariepinus*. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 51. 71-77 p.
- León, R. 2015. Panorama sobre los alimentos balanceados para acuicultura en México, en comparación con otros países. Obtenido de <<https://www.engormix.com/balanceados/articulos/panorama-sobre-alimentos-balanceados-t31919.htm>>
- León-Sánchez, R., Villanueva-Cuevas, G., González-Ledesma, I., García-López, P., Ruiz-López, M. y García-Chavez, A. 2010. Evaluación de subproductos agropecuarios en nutrición de tilapias *Oreochromis* spp (PISCES CICHLIDAE). *AquaTIC*. 32. 1-6 p.
- Li, X., Chen, Y., Zheng, C., Chi, S., Zhang, S., Tan, B. y Xie, S. 2022. Evaluation of six novel protein sources on apparent digestibility in pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*. 2022. 11 p.
- Lluch, D. y Hernández, S. 2006. Desarrollo sustentable de la pesca en México: orientaciones estratégicas. *CIBNOR*. 466 pp.
- Madage, S., Medis, W. y Sultanbawa, Y. 2015. Fish silage as replacement of fishmeal in red tilapia feeds. *Journal of applied Aquaculture*. 27(2). 95-106 p.
- Magalhães, T., Mossolin, E. y Mantelatto, F. 2012. Gonadosomatic and hepatosomatic indexes of the freshwater shrimp *Macrobrachium olfersii* (Decapoda, Palaemonidae) from São Sebastião Island, Southeastern Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. 7(1). 1-9 p.
- Mahnken, C., Spinelli, J. y Waknitz, F. 1980. Evaluation of an alkane yeast (*Candida* sp) as a substitute for fish meal in Oregon moist pellet: feeding trials with Coho salmon (*Oncorhynchus kitsch*) and rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*. 20. 41-56 p.

- Makkar, H., Tran, G., Hueze, V. y Ankers, P. 2014. State of the art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*. 197. 1-33 p.
- Maquart, P., Leschen, W., Newton, R. y Little, D. 2018. Black Soldier Fly, a future for Tilapia Feed?. Recuperado de < <https://aquafeed.co.uk/black-soldier-fly-a-future-for-tilapia-feed-18819>>
- Mármol, Z., Páez, G., Rincón, M., Araujo, K., Aiello, C., Chandler, C. y Gutiérrez, E. 2011. Quitina y Quitosano polímeros amigables: una revisión de sus aplicaciones. *Revista Tecnocientífica URU*. 1. 53-58 p.
- Martínez-Fernández, A., Argamentería, A. y Roza, B. 2014. Manejo de forrajes para ensilar. SEDIRA. España. 282 pp.
- Martínez, C., Chávez, M., Olvera, M. y Abdo, M. 1996. Fuentes alternativas de proteínas vegetales como substitutos de la harina de pescado para la alimentación en acuicultura. *Avances en Nutrición Acuicola III*. 279-361 p.
- McCasland, W. 1965. Nutritive value of hydrolyzed feather meal. US. 46 pp.
- McLean, E., Barrows, F., Craig, S., Alfrey, K. y Tran, L. 2020. Complete replacement of fishmeal by soybean and poultry meals in Pacific whiteleg shrimp feeds: Growth and tolerance to EMS/AHPND and WSSV challenge. *Aquaculture*. 527.
- Medina, A. 2018. La acuicultura no consigue ser sostenible: contaminación, biodiversidad, acuaponía. Obtenido de < <https://blogsostenible.wordpress.com/2018/01/07/acuicultura-piscifactoria-insostenible-contaminacion-biodiversidad-acuaponia/>>
- Medina, M., Espinoza, Y. y Reyes, W. 2019. Índices gonadosomático y hepatosomático en relación con la maduración y muda del camarón *Cryphiops caementarius* del río Pativilca (Perú). *Rev Inv Vet Perú*. 30(3). 1018-1029 p.
- Mejía, G. 2000. Estudio de costos de producción de tres sistemas de cultivo de tilapia en fincas de pequeños y medianos agricultores, en cinco departamentos de Honduras. Zamorano. 60 pp.
- Mendoza, R., Aguilera, C. y Montemayor, J. 2000. Utilización de subproductos avícolas en las dietas para organismos acuáticos. *Avances en nutrición acuícola IV*. 398-439 p.
- Montaño-Vargas, J., Shimada, A., Vásquez, C. y Viana, M. 2002. Methods of measuring feed digestibility in the green abalone (*Haliotis fulgens*). *Aquaculture*. 213(1-4). 339-346 p.
- Moreno, J. 2013. Cambios en el perfil de ácidos grasos de filete de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* en respuesta a diferentes fuentes lipídicas. Universidad Nacional de Colombia. 134 pp.

- Motte, C., Rios, A., Lefebvre, T., Do, H., Henry, M. y Jintasataporn, O. 2019. Replacing fish meal with defatted insect meal (Yellow mealworm *Tenebrio molitor*) improves the growth and immunity of Pacific White shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Animals*. 9(5).
- Muangyao, P., Fukami, K., Predalumpaburt, Y. y Songsangjinda, P. 2019. Importance of naturally occurring insect larvae and gutweed as complementary food for White shrimp (*Litopenaeus vannamei*) *Aquaculture*. *Kuroshio Science*. 13(1). 1-8 p.
- MSC, Marine Stewardship Council. 2023. El cambio climático y la pesca. Obtenido de < <https://www.msc.org/es/acerca-de-msc/el-cambio-climatico-y-la-pesca>>
- Neto, J., Azevedo, F., Augusto, A. y Coelho, M. 2019. Tilapia processing waste silage (TPWS): an alternative ingredient for *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) diets in biofloc and clear-water systems. *Aquaculture and Fisheries*. 4(5). 214-218 p.
- Nevárez, M., Cotero, C., García, W., Jacob, M., Green, Y., Gluyas, G., Martínez, M. y Santos, J. 2006. Propuesta de plan de manejo para la pesquería de pelágicos menores (sardinas, anchovetas, macarela y afines). INAPESCA. 48 pp.
- Noguer, J. y Valles, A. 1977. El ensilado y sus ventajas. Hojas divulgadoras. España.
- NRC, National Research Council. 1994. Nutrient requirements of poultry. National academy press 2101. Estados Unidos. 173 pp.
- Overland, M., Karlsson, A., Mydland, L., Romarheim, O. y Skrede, A. 2013. Evaluation of *Candida utilis*, *Kluyveromyces marxianus* and *Saccharomyces cerevisiae* yeasts as protein sources in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. 402-403. 1-7 pp.
- Pandey, D. Agrawal, M. Y Pandey, J. 2010. Carbon footprint: current Methods of estimation. *Environmental monitoring and assessment*. 178(1-49). 135-160 p.
- Panini, R., Pinto, S., Nóbrega, R., Vieira, F., Fracalossi, D., Samuels, R., Prudêncio, S., Silva, C. y Amboni, R. 2017. Effects of dietary replacement of fishmeal by mealworm meal on muscle quality of farmed shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Food Res. Int*. 102. 445-450 p.
- Parker, R., Blanchard, J., Gardner, C., Green, B., Hartmann, K., Tyedmers, P. y Watson, R. 2018. Fuel use and greenhouse gas emissions of world Fisheries. *Nature Climate Change*. 8. 333-337 p.
- Patiño, P. y Herrera, Y. 2018. Propuesta de un sistema de producción de ensilaje como alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos generados en restaurantes. UNAD. Colombia. 76 pp.

- Peh, K. y Lim, L. 2021. Black cricket (*Gryllus bimaculatus*) meal as protein source in the practical diets for juvenile whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Iranian Journal of fisheries Science. 20(3). 731-740 p.
- Perelló, P. 2014. Cálculo de la huella de carbono en el engorde de lubina. Universidad Politécnica de Valencia. 42 pp.
- Piqueras, M. 2016. Actualización en higiene alimentaria, manipulación, toxiinfecciones alimentarias y etiquetado de alimentos. 3Ciencias. 50 pp.
- Platas, D. y Vilaboa, J. 2014. La acuicultura mexicana: potencialidad, retos y áreas de oportunidad. Revista Mexicana de Agronegocios. 35. 1065-1071 p.
- Portillo, E. 2017. Estimación piloto de los costos en la producción y proceso de harina de grillo (*Acheta domestica*), como fuente de proteína para dieta humana, en la finca Santa Marta, Morazan, El Salvador. 22 pp.
- Proinsecta. 2020. Harina de grillos: propiedades, valores nutricionales y más. Obtenido de < <https://proinsecta.es/harina-de-grillos-propiedades-valores-nutricionales-y-mas/>>
- Quesada, D. y Gómez, G. 2019. ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. Revista de Nutrición clínica y Metabolismo. 2(1). 8 pp.
- Rahimnejad, A., Hu, S., Song, K., Wang, L., Lu, K., Wu, R. y Zhang, C. 2019. Replacement off ish meal with deffated silkworm (*Bombyx mori* L.) pupae meal in diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Aquaculture. 510p. 150-159 p.
- Ramírez, A., Sánchez, J. y García, A. 2004. El desarrollo sustentable: interpretación y análisis. México. Revista del Centro de Investigación. 6(21). 55-59 p.
- RCA-CONICET, Red de Seguridad Alimentaria del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. 2021. Producción de insectos para consumo humano: descripción de procesos y perfil de riesgo. Argentina. 93 pp.
- Riaz, M. 2023. Extrusora de un solo o doble tornillo: ¿cuáles son las opciones? AQUAFEED. Obtenido de < <https://aquafeed.co/entrada/extrusora-de-un-solo-o-doble-tornillo---cuales-son-las-opciones--20314/>>
- Richardson, A., Dantas-Lima, J., Lefranc, M. y Walraven, M. 2021. Effect of a black soldier fly ingredient on the growth performance and disease resistance of juvenile Pacific White shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Animals. 11(5).

- Ritchie, H. 2020. You want to reduce the carbon footprint of your food? Focus on what you eat, not whether your food is local. Our world in data. Recuperado de <<https://ourworldindata.org/food-choice-vs-eating-local>>
- Rivera-Hernández, J., Blanco-Orozco, N., Alcántara-Salinas, G., Houbron, E., Pérez-Sato, J. 2017. ¿Desarrollo sostenible o sustentable? La controversia de un concepto. *Revista posgrado y sociedad*. 15(1). 57-67 p.
- Robaina, L. 1998. Utilización nutritiva de fuentes de proteína alternativas a la harina de pescado en dietas de engorde para dorada (*Sparus aurata*). Informes técnicos del instituto canario de ciencias marinas. 4. 195 pp.
- Rodríguez-González, H., López-Aguilar, M., Fonseca-Madriral, J., Martínez-Palacios, C. y García-Ulloa, M. 2018. Use of a mixture of vegetal (*Jatropha curcas*) and animal (fish silage) byproducts as protein source in shrimp (*Litopenaeus vannamei*) diets. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 8 pp.
- Rumpold, B. y Schluter, O. 2013. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 17. 1-11 p.
- Rust, M., Barrow, F., Hardy, R., Lazur, A., Naughten, K. y Silverstein, J. 2011. The future of aquafeeds. NOAA
- Sala, E., Mayorga, J., Bradley, D., Cabral, R., Atwood, T., Auber, A., Cheung, W., Costello, C., Ferreti, F., Friedlander, A., Gaines, S., Garilao, C., Goodell, W., Halpern, B., Hinson, A., Kaschner, K., Kesner-Reyes, K., Leprieur, F., McGowan, J., Morgan, L., Mouillot, D., Palacios-Abrantes, J., Possingham, H., Rechberger, K., Worm, B. y Lubchenco, J. 2021. Protecting the global ocean for biodiversity, food and climate. *Nature*. 592. 397-402 p.
- Salvatierra, I. 2019. Manual conservación de alimentos. INACAP. 93 pp.
- Sánchez-Paz, A., García-Carreño, F., Hernández-López, J., Muhlia-Almazán, A. y Yepiz-Plasencia, G. 2007. Effect of short-term starvation on hepatopancreas and plasma energy reserves of the Pacific White shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of experimental marine biology and ecology*. 340. 184-193 p.
- Sandström, V. 2022. Reciclaje de subproductos del sistema alimentario en alimentos para ganado y acuicultura. Global Seafood Alliance. Recuperado de <<https://www.globalseafood.org/advocate/reciclaje-de-subproductos-del-sistema-alimentario-en-alimentos-para-ganado-y-acuicultura/>>
- Shao, J., Jiang, K. y Wang, L. 2019. *Litopenaeus vannamei* fed diets with different replacement levels of fish meal by fish silage: A molecular approach on intestinal microbiota. *Aquaculture Nutrition*. 25(3). 721-728 p.

- Shin, J. y Lee, K. 2021. Digestibility of insect meals for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and immune responses. PloS ONE. 16(11). 16 pp.
- Sitjá-Bobadilla, A., Peña-Llopis, S., Gómez-Requeni, P., Médale, F., Kaushik, S. y Pérez-Sanchez, J. 2005. Effect of fish meal replacement by plant protein sources on nonspecific defense mechanisms and oxidative stress in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Aquaculture 249. 387-400 p.
- Spanopoulos, M. 2011. Estudio del potencial de utilización de ensilados biológicos de subproductos de la pesca y la acuicultura del sur de Sinaloa, en la alimentación de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) y tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). Universidad Autónoma de Nayarit. 263 pp.
- Stamer, A. 2015. Insect proteins: a new source for animal feed. EMBO Reports. 16. 676-680 p.
- SUBPESCA, Subsecretaria de Pesca y Acuicultura. 2015. Plan de adaptación al cambio climático para la pesca y acuicultura. Chile. 39 pp.
- Sun, H., Tang, J., Yao, X., Wu, Y., Wang, X. y Liu, Y. 2016. Effects of replacement off fish meal with fermented cottonseed meal on growth performance, body composition and hemolymph indexes of Pacific White shrimp *Litopenaeus vannamei* Boone 1931. Aquaculture Research. 47.
- Tacon, A. 1978,1979. Activated sewage sludge, a potential animal foodstuff II: Nutritional characteristics. Agriculture and Environment. 4(4) 271-279 p.
- Tacon, A. 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivado: manual de capacitación. Obtenido de <<https://fao.org/3/ab492s/AB492S00.htm#TOC>>
- Tacon, A. y Metian, M. 2008 Fish matters: importance of aquatic foods in human nutrition and global food supply. Reviews in Fisheries Science. 21(1). 22-38 p.
- Talan, M., Lapin, A. y Dokuchaeva, I. 2019. Biotechnological potential of the straight-wing species *Acheta domesticus* as raw material for the production of feed for aquaculture. IOP. 5 pp.
- Taufek, N., Aspani, F., Muin, H., Raji, A., Razak, S. y Alias, Z. 2016. The Effect of dietary cricket meal (*Gryllus bimaculatus*) on growth performance, antioxidant enzyme activities and haematological response of African catfish (*Clarias gariepinus*). Fish Physiology and Biochemistry. 42(4). 1143-1155 p.
- Tejada de Hernández, I. 1992. Control de calidad y análisis de alimentos para animales. Sistema de Educación Continua en Producción Animal. 397 pp.

- Terrones, S. y Reyes, W. 2018. Efecto de dietas con ensilado biológico de residuos de molusco en el crecimiento del camarón *Cryphiops caementarius* y tilapia *Oreochromis niloticus* en cultivo intensivo. *Scientia Agropecuaria*. 9(2). 167-176 p.
- Tibbetts, S. 2018. The potential for “next-generation”, microalgae-based feed ingredients for salmonid Aquaculture in context of the blue revolution. *Microalgal Biotechnology*. 151-175 p.
- Toppe, J, Olsen, R, Peñarubia, O. y James, D. 2018. Producción y utilización del ensilado de pescado. FAO. 28 pp.
- Toyes, E. 2016. Aprovechamiento de subproductos marinos para la alimentación de camarón de cultivo y gallinas ponedoras. CIB. 201 PP.
- Troncoso, D. 2018. Estimación de la huella de carbono de la compañía camanchaca pesca sur S.A. Universidad de Concepción. Chile. 53 pp.
- Turchini, G., Trushenski, J. y Glencross, B. 2019. Thoughts for the Future of Aquaculture Nutrition: Realigning perspectives to reflect contemporary issues related to judicious use of marine resources in Aquafeed. *North American Journal of Aquaculture*. 81(1). 13-39 p.
- Uribe, E. 2015. El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. CEPAL. 86 pp.
- Usman., M., Kamaruddin, A., Jaya, I. y Rini, M. 2021. The utilization of black soldier fly larvae meal as a substitution off ish meal in diet for white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, grow-out. *Earth and environmental Science*. 860. 11 pp.
- Valencia, A., Hernández, A. y López, L. 2011. El ensilaje: ¿Qué es y para qué sirve? *Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana*. 24(2). 14 pp.
- Viera, F., Constanza, N., Chamorro, E., Dias, D., Quadros, W. y Hayashi, L. 2017. Aditivos alimentarios para camarones marinos: salud y nutrición. *Investigación y Desarrollo Acuicola*. 75-105 p.
- Villalta, M. 2007. Requerimientos nutricionales en ácidos grasos esenciales y organogenesis de la larva del lenguado senegalés, *Solea senegalensis* (Kaup, 1858). *Universitat Autònoma de Barcelona*. 337 pp.
- Wiedmann, T. 2009. Carbon footprint and input-output analysis: an introduction. *Economic systems Research*. 21. 175-186 p.
- Wuthiwaropas, C., Thumborisuth, C., Boonyaratpalin, M. y Allan, G. 2006. Profitable fish farming through utilization of low-cost feeds: progress with a world visión/Aciar project to assit rural por in N.E. Thailand. *Aqua*. 23 pp.

- Yildirim, M., Eljack, R., Beck, B. y Peatman, E. 2022. Nutritional evaluation of frass from black soldier fly larvae as potential feed ingredient for Pacific White shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture reports. 27.
- Yudy, M., López, O., Walter, T. y Alvaro, F. 2004. Evaluación de diferentes proporciones de energía/proteína en dietas para juveniles de yamú, *Brycon siebenthalae* (eigenmann, 1912). Orinoquia. 8(1). 64-76 p.