



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Trabajo de Graduación

Evaluación del aprovechamiento de cabeza y cutícula de camarón *Litopenaeus Vannamei* generados en la empresa CAMANICA Zona Franca S.A., Chinandega, Nicaragua

AUTORES

Br. Maximiliano González Zamora

Br. Eliezer Josué Moreno López

ASESORES

Dra. Martha Orozco Izaguirre

Ing. Ernesto Tünnermann Gutiérrez

MANAGUA, NICARAGUA

NOVIEMBRE, 2018

Este trabajo de graduación tuvo la examinación y aprobación del honorable tribunal calificador, designado por la decanatura de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente (FARENA) de la Universidad Nacional Agraria, esto como requisito elemental para optar al título de:

INGENIERO FORESTAL

Miembros del tribunal evaluador

Ing. Luis Hernández

Presidente

Ing. Lucilizabeth Pérez

Secretario

Ing. Hellen Ruth Ramírez

Vocal

Lugar y Fecha (día/mes/año) _____

ÍNDICE

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo General.....	3
2.2. Objetivos Específicos	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1. Ubicación del área de estudio	4
3.2. Diseño metodológico.....	5
3.2.1. Búsqueda de información secundaria	5
3.2.2. Establecimiento de ensayos.....	6
a) Producción de biogás	6
b) Producción de biofertilizante o abono orgánico	12
c) Producción de harina de camarón	14
Procedimientos para la producción de harina	14

3.2.3. Procesamiento y análisis de resultados	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
4.1. Producción de biogás.....	16
4.1.1. Análisis bromatológicos.....	18
4.1.2. Análisis de digestibilidad.....	19
4.1.3. Ensayo biodigestor.....	20
4.2. Producción de biofertilizante	20
4.3.2. Análisis bromatológico cocción de cabeza y cutícula de camarón.....	23
4.3.3. Análisis bromatológico de harina de cabeza y cutícula de camarón	24
V. CONCLUSIONES	27
VI. RECOMENDACIONES	28
VII. LITERATURA CITADA.....	29
VIII. ANEXOS.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características generales del biogás.....	7
Tabla 2. Tratamientos a evaluar para la producción de biogás y biofertilizante	9
Tabla 3. Análisis bromatológico	18
Tabla 4. Análisis de Digestibilidad	20
Tabla 5. Resultados del análisis de salmonella	22
Tabla 6. Resultados del análisis de cocción de agua de camarón a diferentes tiempos de cocción (cocción 1 y 2).....	24
Tabla 7. Resultados del análisis bromatológico de la harina	25
Tabla 8. Resultados del análisis microbiológico	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Micro localización de las unidades de estudio en la universidad Nacional Agraria	4
Figura 2. Ensayos a escala de laboratorio de cutícula y cabeza de camarón.....	9

DEDICATORIA

A Dios, nuestro Señor, el creador que me ha dado todas las cosas, el que me ha dado sabiduría y fortaleza para salir adelante, para continuar cada día, el que nunca me ha dejado en cada circunstancia difícil de la vida, cuando he estado a punto de caer; por ello con toda humildad de mi corazón, dedico primeramente esta tesis a Dios.

A mis padres: **Erasmus González** y **Juana Zamora Bravo**, por su cariño, guía y apoyo incondicional, mi gratitud por toda la responsabilidad e invaluable ayuda que siempre me han proporcionado y que jamás encontraré la forma de agradecer la comprensión brindada en los momentos buenos y malos de mi vida. Comparto este triunfo con ellos, sólo esperando que comprendan que mis ideales y esfuerzos son inspirados en ellos que han sido el mejor ejemplo para mí.

A mis hermanos y hermanas **González Zamora**, de quienes recibí mucha ayuda y no hubiese sido posible cumplir mis sueños sin su apoyo.

De igual manera a todas esas personas que comparten conmigo este gran triunfo.

Con mucho amor, admiración y respeto.

Maximiliano González Zamora

DEDICATORIA

A mi Señor Dios por darme la sabiduría y el éxito de lograr mis metas con ayuda y bendición que me ha dado, para fortalecerme y superar cualquier problema que se me ha presentado, para lograr mi objetivo que es la culminación de mi carrera, para ser un profesional digno.

A mis padres que amo: **Elsie María López Blandón y José Miguel Moreno Talavera**, los cuales están ahí siempre apoyándome tanto económica y verbalmente; agradezco también por su amor incondicional sus consejos y valores inculcados, ellos han sido un buen ejemplo para mí.

A mi abuelita **Norma Herminia Blandón Zeledón**, quien fue mi consejera y la que me enseñó que la vida hay que valorarla. La que nunca se cansó de contarme historias, de formar mi carácter con su valioso ejemplo. De ella recordaré la manera de interpretar las cosas y sus oraciones por mí. A mi abuelo **Máximo Lionidas López Mejía** que en paz descansa y que me cuida desde el cielo y que me verá triunfar.

A **Cinthia Carolina Corea Espinoza** que siempre está para alentarme y darme consejo, le agradezco por formar parte de mi familia y traer a este mundo a mi hija **Estheysi Xareni Moreno Corea**, por las que voy a luchar y seguir adelante para guiarlas por el camino correcto.

A mis tíos y primos que para mí son mis hermanos y forman parte de mi vida, con los cuales pasé la mayor parte de mi infancia, mis demás familiares y amigos.

Gracias

Eliezer Josué Moreno López

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, por darnos la fuerza, la sabiduría y ayudarnos a lo que necesitamos cada día y así poder culminar los estudios universitarios, por no dejarnos renunciar ante dificultades, porque nos dio el tesoro más valioso que pueden darle los padres a sus hijos; por eso y mucho más ofrecemos nuestro agradecimiento a Dios.

A nuestros padres quienes han sido fuente de apoyo constante e incondicional de toda la vida y más aún en nuestros duros años de carrera profesional, que con gran esfuerzo sacrificaron gran parte de su vida para educarnos, guiarnos y apoyarnos; sin eso no sería posible culminar nuestros estudios. Por el amor que siempre nos han brindado, por cultivar e inculcar que nunca hay que perder la esperanza, ni renunciar a nuestros sueños. ¡Gracias por darnos la vida!

A nuestros hermanos (as), porque siempre hemos contado con ustedes para todo, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido, por el apoyo y amistad.

A la Universidad Nacional Agraria (UNA), alma mater de la educación superior agraria, por estar formándonos para un futuro mejor como profesionales de calidad. A la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente y al Departamento de Gestión Ambiental, a cada uno de sus docentes por colaborarnos a desarrollar diversos aprendizajes, por su apoyo brindado en el transcurso de nuestra formación profesional.

Agradecemos sinceramente a nuestros asesores de tesis: **Dra. Martha Orozco Izaguirre** e **Ing. Ernesto Tünnermann Gutiérrez**, por su esfuerzo, dedicación, conocimientos, orientaciones, paciencia y motivación, que han sido fundamentales para nuestra formación como investigadores; han inculcado en nosotros un sentido de seriedad, responsabilidad y rigor académico sin las cuales no podríamos tener una formación completa como investigadores y futuros profesionales.

Muchas gracias.

RESUMEN

En esta investigación se presentan algunas formas de aprovechamiento de la cabeza y cutícula de camarón *Litopenaeus Vannamei*, generados como residuos por la industria camaronera en Nicaragua. El estudio se realizó en los Laboratorios de Recursos Naturales de la Universidad Nacional Agraria, Managua. Se han buscado alternativas de manejo de estos residuos, por lo que en este estudio se ha pretendido brindar opciones para su aprovechamiento, tales como: obtención de biogás o gas metano, a través de la digestión anaeróbica y la producción de biofertilizantes, como producto empleado para enriquecer el contenido de materia orgánica de los suelos. En este marco, el estudio pretendía evaluar la viabilidad del uso de la cabeza y cutícula del camarón *Litopenaeus Vannamei*, para la obtención de biogás y biofertilizante, así como proponer otras formas de aprovechamiento. Por observación, se estimó que la formación de metano es poca y, probablemente, predomina la formación de otros gases, tales como el ácido sulfhídrico, dado el olor desagradable que se percibía cercano al sitio donde se ubicó el ensayo de la biodigestión (barril que se empleó como biorreactor). Por tanto, la eficiencia de la materia prima (cabeza y cutícula de camarón) es baja para recomendarse como material de biomasa para obtener biogás. Con respecto al efluente, produjo un olor altamente intolerable y de negativo impacto ambiental. Es probable que este comportamiento se haya dado debido a la oxidación de los ácidos grasos volátiles, que forman parte de la composición química del camarón. Se valoró, a través de análisis bromatológicos, que otra posible forma de aprovechamiento, es la producción de harina con la finalidad de utilizarla como complemento alimenticio en la dieta de animales de crianza, tales como, gallinas ponedoras y cerdos, dado su alto valor proteico y el contenido de calcio, sin embargo, esto requiere, para su validación, de mayores recursos económicos para el establecimiento de diversos ensayos.

ABSTRACT

This research presents some ways of using the head and shrimp cuticle *Litopenaeus Vannamei*, generated as waste by the shrimp industry in Nicaragua. The study was carried out in the Natural Resources Laboratories of the National Agrarian University, Managua. Alternatives for the management of these residues have been sought, which is why this study has sought to provide options for their use such as: obtaining biogas or methane gas, through anaerobic digestion and the production of biofertilizers, as a product used for enrich the organic matter content of the soils. In this framework, the study aimed to evaluate the viability of the use of the head and cuticle of the shrimp *Litopenaeus Vannamei*, for obtaining biogas and biofertilizer, as well as proposing other forms of exploitation. By observation it was estimated that methane formation is low and, probably, the formation of other gases, such as hydrogen sulfide, predominates, given the unpleasant smell that was perceived close to the site where the biodigestion test was located (barrel that was used as bioreactor). Therefore, the efficiency of the raw material (head and shrimp cuticle) is low to be recommended as a biomass material to obtain biogas. With respect to the effluent, it produced a highly intolerable odor and negative environmental impact. It is likely that this behavior has occurred due to the oxidation of volatile fatty acids that are part of the chemical composition of shrimp. It was assessed, through bromatological analysis, that another possible form of exploitation is the production of flour with the purpose of using it as a dietary supplement in breeding animals, such as laying hens and pigs, given its high protein value and calcium content, however this requires for validation of greater economic resources for the establishment of various trials.

I. INTRODUCCIÓN

Según la FAO 2005, Nicaragua inicia la acuicultura rural integrada en la década de los años 80. En la década de los años 90, en un nuevo marco de economía de mercado y frente al auge de la actividad registrado a nivel mundial, inversionistas nacionales y extranjeros iniciaron el cultivo de camarón en la zona noroccidental de Nicaragua; lugar donde previamente se habían identificado 38,000 hectáreas con potencial para dicho cultivo. El gobierno de Nicaragua consideró la acuicultura como una de las prioridades de desarrollo para mitigar la pobreza y generar crecimiento económico.

El cultivo de camarón ha ido creciendo constantemente hasta tener en el 2004 aproximadamente 10,330 ha en producción, de las cuales el 60 por ciento son producidas por empresarios de forma semi-intensiva y un 40 por ciento por cooperativas, las que producen mayormente de forma extensiva. Esta área ha generado 5,657 millones de kilos de camarón para la exportación, con un valor de 28,633 000 dólares (EE.UU.). El destino de la exportación es dirigido en un 53 por ciento hacia Estados Unidos, y 45 por ciento hacia la Unión Europea.

Nicaragua es el segundo país de la región centroamericana con las mayores producciones de camarón de cultivo, solo superado por Honduras, según el estudio “Fortalecimientos de la Cadena de Valor como Instrumento de la Política Industrial”, publicado en junio del 2014, por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL (tomado de El Nuevo Diario, junio 2014).

Las industrias camaroneras se han convertido en un rubro fundamental de exportaciones de Nicaragua, ya que han generado mayor empleo para muchas familias (2,000 empleos estables). El Grupo Pescanova cuenta con una planta de procesado y congelación de camarones en la ciudad de Chinandega, Nicaragua, dotada de una moderna tecnología. Estas instalaciones albergan una zona de procesado de producto con una capacidad de producción de más de 150 toneladas/día y una cámara frigorífica con capacidad de almacenaje para 2,000 toneladas.

La planta de procesado de CAMANICA ZF-Pescanova lidera un novedoso proyecto de tratamiento de aguas industriales pionero en el mundo. La firma ha sido merecedora de importantes certificados y premios, tales como el Best Aquaculture Practices, el Registro del F.D.A., Premio a la Producción Más Limpia y el Premio Nacional a la Exportación, entre otros.

A pesar de los reconocimientos que la empresa ha tenido, el subproducto de la industrialización del camarón (cutícula y cabeza), representan un problema ambiental y envían sus residuos a un relleno sanitario, obviando la posibilidad de que a través de estos se puedan elaborar diversos productos de valor agregado y con mercados potenciales a escala comercial.

Estos residuos al no ser aprovechados en forma adecuada y desfavorablemente depositados ya sea en tierra (vertederos) o en el agua, generan problemas de contaminación por su gradual descomposición, provocando malos olores, atracción de vectores, enfermedades, eutrofización de los cuerpos de agua por el alto aporte de carga orgánica con todas las consecuencias negativas que esto trae, entre otros problemas ambientales.

Ante esta problemática ambiental y desde el ámbito de la Responsabilidad Social Corporativa, la compañía financia diversos programas de educación ambiental y estudios aplicados al análisis de parámetros ambientales en la zona de influencia de la actividad. La empresa, tomando en cuenta la importancia de brindar un manejo y uso adecuado a estos residuos, colaboró en el desarrollo de esta investigación dirigida a la protección del ambiente, para lo cual se analizó la viabilidad del aprovechamiento mediante la producción de biogás y biofertilizante, como alternativas de mitigación al impacto ambiental generado por la industria camaronera nicaragüense a partir del cefalotórax del camarón *Litopenaeus Vannamei*.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar tres alternativas de aprovechamiento de cabeza y cutícula de camarón *Litopenaeus Vannamei*, generados en la industria CAMANICA Zona Franca S.A., Chinandega, Nicaragua, para proponer opciones ambientalmente responsables a la industria camaronera.

2.2. Objetivos Específicos

1. Estimar la producción de biogás y biol a partir de cabeza y cutícula de camarón, mediante el establecimiento de tratamientos de digestión anaeróbica, de manera cualitativa.
2. Determinar la composición nutricional de la harina de cabeza y cutícula de camarón, mediante el análisis bromatológico, para proponer posibles usos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en la sede central de la Universidad Nacional Agraria (UNA), ubicada en el campus norte, en los Laboratorios de Recursos Naturales (LARENA). También se estableció un área de secado solar en la zona de compostaje ubicada en El Regén. Ambos puntos se encuentran en el km 12 ½ de la carretera norte, municipio de Managua, limitando al norte con el lago de Managua, al sur con Sabana Grande, al este con el Parque Industrial y Zona Franca (Las Mercedes), al oeste con el Aeropuerto Internacional Augusto Cesar Sandino y Barrio El Rodeo (Peña, 2013).



Figura 1. Micro localización de las unidades de estudio en la Universidad Nacional Agraria

3.2.Diseño metodológico

La presente investigación es de tipo experimental, puesto que se desarrolló en el área de laboratorio y en campo con el establecimiento de un microtunel, como medio de secado solar, garantizando condiciones fundamentales de trabajo, tales como: temperatura, inocuidad, tiempo y cantidad de masa.

La investigación se realizó en los Laboratorios de Recursos Naturales y del Ambiente (LARENA) de la FARENA, comenzado en mayo del 2015 y finalizando en marzo del 2017. El área de trabajo contaba con las condiciones físicas necesarias para la recepción, preparación y tratamiento de la materia prima. Los análisis de las muestras colectadas se realizaron en dos laboratorios especializados: Laboratorio de Bromatología de la UNA (Facultad de Ciencia Animal) y Laboratorio de Tecnología de Alimentos (LaBaL). La investigación se realizó a través de un proceso conformado por tres etapas, que se describen a continuación:

3.2.1. Búsqueda de información secundaria

Se recopiló la información disponible de estudios previos basados en el aprovechamiento de cutícula y cabeza de camarón en la producción de biogás y biofertilizante, así como otros usos y manejo de los mismos, para obtener información secundaria que fuese útil en la comparación de algunos datos obtenidos de esos estudios con los obtenidos en esta investigación. En forma puntual, se revisaron tesis de investigación realizadas en este tema y artículos de revistas científicas sobre experiencias similares realizadas especialmente en Latinoamérica, dada la especie de camarón con la que se trabajó.

3.2.2. Establecimiento de ensayos

a) Producción de biogás

El correcto manejo de los residuos sólidos de la industria de los alimentos se logra a través de diferentes tratamientos que implican un reciclaje de los mismos, transformándolos en productos con valor agregado. El reciclaje de estos residuos ha tenido un fuerte fomento debido a la necesidad de alternativas de descontaminación y eliminación de residuos no deseados, de tal forma que el aprovechamiento genere productos con aplicaciones alimenticias, energéticas, fertilización de suelos, entre otras.

En este marco, una alternativa para disminuir la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) podría encontrarse en la biometanización. Este proceso es la digestión anaeróbica de sustancias orgánicas con la consecuencia natural de emisión del biogás.

De acuerdo a lo anterior, con la digestión anaeróbica de la materia prima estudiada (cabeza y cutícula de camarón), se obtienen dos tipos de productos: uno es el biogás, utilizado principalmente como combustible y el otro, el lodo residual orgánico estabilizado, utilizado como acondicionador y/o biofertilizante de suelos.

El biogás es una mezcla gaseosa formada principalmente de metano y dióxido de carbono, pero también contiene trazas de otros gases como ácido sulfhídrico. La composición del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso. Cuando el biogás tiene un contenido de metano superior al 45% es inflamable, lo que lo hace apto para emplearse como combustible. El biogás tiene propiedades específicas que se indican en la tabla 1 (FAO, 2011).

Tabla 1. Características generales del biogás

Propiedades	Descripción
Composición del biogás	55 - 70% metano (CH ₄) 30 – 35 % Dióxido de carbono (CO ₂) Trazas de otros gases
Contenido energético	6 – 6.5 kW h m ⁻³
Equivalente de combustible	0.6 – 6.5 L petróleo/m ³ biogás
Límite de explosión	6 – 12% de biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 – 750 ° C (con el contenido de CH ₄ mencionado)
Presión crítica	74 – 88 atm
Temperatura crítica	-82.5 ° C
Densidad normal	1.2 kg m ⁻³
Olor	Huevo podrido (el olor del biogás desulfurado es imperceptible)
Masa molar	16.043 kg kmol ⁻¹

Fuente: Deublein y Steinhäuser, 2008

Para la obtención de biogás se establecieron dos ensayos y se realizaron dos análisis bromatológicos.

Primer ensayo

Las bacterias metanogénicas son las que determinen los rangos adecuados para el proceso de digestión, debido a su lento crecimiento y su alta sensibilidad a la variación de los parámetros de control, tales como el pH, los nutrientes, la temperatura, los sólidos totales, el tiempo de retención, la DBO, la DQO, entre otros. En este sentido, la literatura revisada no presenta información sobre el aprovechamiento de la cabeza y cutícula de camarón para la obtención de metano, es por ello que se definió que el primer ensayo se diseñara en función de identificar únicamente la formación de este gas bajo la influencia de dos condiciones físicas: relación volumen – masa (diferentes cantidades de agua mezclada con una masa constante de materia prima) y textura de la materia prima (entera, macerada, licuada total y parcialmente), de tal forma de observar en qué condiciones se presentaba una mejor y mayor metanogénesis. Una de las condiciones para la eficiencia de las reacciones químicas, en términos de catálisis, es la disposición de la superficie de contacto de los reactivos.

En este primer ensayo se emplearon bidones con capacidad de 20 litros. Según Botero, 1987, es conveniente dejar disponible $\frac{1}{4}$ de la capacidad del recipiente que se utilizará como biorreactor. De acuerdo a lo anterior, se estableció un volumen de trabajo de 15 litros para la mezcla de cabeza y cutícula de camarón con agua.

Según Treminio, 2014, los ensayos con camarones requieren dos momentos: el primero con una escala pequeña que permita identificar la formación de metano y el segundo con una mayor escala para la determinación del rendimiento de biogás de acuerdo al volumen de trabajo. Para el primer ensayo, el autor recomienda realizar pruebas en donde el material se disponga en diferentes presentaciones, como se mencionará posteriormente. Esto con el objetivo de identificar en donde se encuentra el menor tiempo de retención de la biomasa. Por tanto, se tomó la decisión de establecer siete tratamientos.

El material fue trasladado de CAMANICA hacia la universidad en estado fresco, haciendo la mezcla el mismo día del traslado. Cada envase fue herméticamente sellado como se observa en la figura 2, a su vez cada uno de ellos tenía una cantidad constante de material fresco (cabeza y cutícula de camarón), variando el volumen de agua, como se describe a continuación:

En todos los tratamientos la cantidad de materia prima fue de 8000 gramos, con variaciones en la cantidad de agua, la cual actúa como un vehículo para provocar la proteólisis y, consecuentemente, la metanogénesis. Para llevar a cabo las experimentaciones, se procedió a establecer el primer tratamiento, mezclando la materia prima entera con 7000 ml de agua. En el segundo tratamiento, la materia prima fue licuada durante cinco minutos y se mezcló con 7200 ml de agua. En el tercer tratamiento se trabajó con la materia prima entera, a la cual se le agregaron 6000 ml de agua.

En el cuarto tratamiento la materia prima fue sometida un licuado durante 2 minutos. Se agregaron 5000 ml de agua. En el quinto tratamiento la materia prima se maceró con un mortero de forma manual y se agregaron 6000 ml de agua. En el sexto tratamiento la materia prima se maceró con un mortero de forma manual y se agregaron 7500 ml de agua. En el séptimo y último de los tratamientos la materia prima se trabajó entera y se le agregaron 6000 ml de agua. En la tabla 2 se presenta el resumen del primer ensayo establecido.

Tabla 2. Tratamientos a evaluar para la producción de biogás y biofertilizante

No.	Ensayos	Agua (ml)	Cantidad de cabeza y cutícula de camarón(g)
1	Entera	7000	8000
2	Licuada a 7 minutos	7200	8000
3	Entera	6000	8000
4	Licuada a 2 minutos	5000	8000
5	Macerada	6000	8000
6	Macerada	7500	8000
7	Entera	5000	8000



Figura 2. Ensayos a escala de laboratorio de cutícula y cabeza de camarón

Análisis Bromatológico

Una vez recepcionada la cabeza y cutícula de camarón, fueron enviadas dos muestras crudas (una entera y otra macerada, para identificar comportamientos según estado físico) al Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencia Animal (FACA) de la Universidad Nacional Agraria, con el objetivo de determinar el % de proteína cruda, como principal indicador nutricional.

Segundo ensayo

Para realizar un mejor estudio sobre el aprovechamiento de la cabeza y cutícula de camarón fue necesario realizar un segundo ensayo procediendo a la construcción de un biodigestor a pequeña escala para determinar si era viable la obtención de biogás. Para este caso en particular se empleó un barril plástico con capacidad de 55 galones (ver anexos), totalmente sellado y de flujo discontinuo.

Para el montaje de este sistema de biodigestión anaerobia, se partió de las siguientes consideraciones:

- Cantidad de materia orgánica: 45 kg
- Agua necesaria: para formar la biomasa que se pretende digerir es necesario añadir 1 kg de agua por cada kg de materia orgánica, para garantizar un desarrollo adecuado de la metanogénesis.
- Biomasa disponible: con esta cantidad de agua se forma la totalidad de la biomasa que se debe degradar.
- Tiempo de retención de la biomasa (TR): dado que el material biodegradable requiere de un tiempo para su descomposición total en sus elementos principales, se procedió a su determinación, para en última instancia calcular el volumen de trabajo del biodigestor.

Bajo la acción de bacterias mesofílicas se estima que en un reactor normal a 30 °C el tiempo requerido para biodegradar la materia prima alimentada es de 20 días, tiempo que se puede afectar por las variaciones de la temperatura ambiental.

$$\text{TR} = 20 \text{ días} \times 1.3 = 26 \text{ días}$$

El factor 1.3 es un coeficiente que depende de la temperatura, y para garantizar un funcionamiento óptimo del biodigestor en cualquier época del año se ha asumido el valor de 25 °C.

Los procesos anaeróbicos, al igual que muchos otros sistemas biológicos, son fuertemente dependientes de la temperatura. La velocidad de reacción de los procesos biológicos depende de la velocidad de crecimiento de los microorganismos involucrados que, a su vez, dependen de la temperatura.

A medida que aumenta la temperatura, aumenta la velocidad de crecimiento de los microorganismos y se acelera el proceso de digestión, dando lugar a mayores producciones de biogás.

La temperatura de operación del digestor, es considerada uno de los principales parámetros de diseño, debido a la gran influencia de este factor en la velocidad de digestión anaeróbica.

Construcción del Biodigestor

Se utilizó un barril o bidón de 55 galones de capacidad. Estos barriles generalmente son azules con tapa de cierre hermético. Los materiales utilizados se detallan a continuación:

- Tapón de limpieza sanitario (4"): Es una especie de adaptador con tapón enroscable.

- Segmento corto de tubo (4"): Pasa a través de la abertura y conecta el "adaptado- tapón" en el exterior con la reducción en la parte interna del tanque. Debe ser suficientemente corto para permitir que tanto la reducción como el adaptador-tapón aprisionen la pared de la tapa del tanque y así permitir una mejor sujeción y sellamiento.

- PVC de 4" a 3" Tubo PVC sanitario (3"): Desde la reducción hasta 5 cm antes del fondo del tanque.

- Parte superior e inferior para la salida del efluente: Adaptador de tanque (2”), tubo PVC (2”) para la tubería de salida del efluente, 3 codos PVC (2”), Adaptador de tanque (1”) para conectar la válvula de esfera PVC (1”) para la salida inferior del efluente más pesado.

- Para la salida del biogás (en orden): Conector de tanque (1/2”), válvula de esfera con roscas (1/2”), adaptador para manquera.

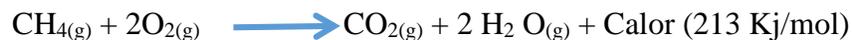
- Manguera para unir las partes y sellar con soldadura (pegamento) para PVC.

- Silicona selladora transparente: Para sellar alrededor de las uniones al tanque e impedir filtración.

Al tanque se le realizaron dos agujeros laterales y dos en la tapa. Uno en la parte lateral-inferior para la válvula de 1 pulgada; otro en la parte media para la salida de efluente. La tapa uno fue para la entrada del material y el otro para la salida del biogás, siempre del diámetro de la pieza que lo atraviesa. Se colocó una válvula para la salida del gas con una manguera y una trampa de agua.

Se estableció el ensayo con 45 kg de materia prima licuada, para favorecer el tiempo de reacción en la biodigestión, y 45 litros de agua.

La identificación de la presencia de biogás o metano (CH₄), se hizo a través de una sencilla prueba de combustión, ya que es el único componente capaz de combustionar, es decir, de efectuar una reacción química en la cual ocurre una rápida oxidación del metano. La combustión completa puede ser representada por la siguiente ecuación química:



b) Producción de biofertilizante o abono orgánico

El biofertilizante es el producto obtenido de la digestión anaeróbica en donde se conservan los nutrientes originales (N, P, K) del cual resulta el efluente el cual constituye un fertilizante orgánico de muy buena calidad (Zúñiga 2007).

El principal de este efluente es su uso para la restitución al suelo de la materia orgánica estable o humus estable, debido a los compuestos orgánicos presentes en el bioabono como la lignina, celulosa y hemicelulosa, que contribuyen a la formación de humus estable, previenen la erosión y aumentan la permeabilidad del suelo. A su vez constituyen también la base para el desarrollo de los microorganismos responsables de la conversión de los nutrientes en una forma que puede ser incorporada fácilmente por las plantas.

Proceso para Producir biofertilizante a partir del proceso de biodigestión anaerobia

El procedimiento para la producción del biofertilizante o bioabono a partir del proceso de biodigestión anaerobia es el mismo descrito para la obtención de biogás, ya que este subproducto es el efluente contenido en el biorreactor de flujo discontinuo.

La composición del bioabono en promedio tiene 8.5% de materia orgánica, 2.6% de nitrógeno, 1.5% de fósforo, 1.0% de potasio y un pH de 7.5 (Botero y Thomas, 1987).

El bioabono sólido o líquido no posee mal olor, a diferencia del estiércol fresco, no atrae moscas y puede aplicarse directamente al campo en forma líquida, en las cantidades recomendadas (McCaskey, 1990); o bien, el bioabono sólido puede deshidratarse y almacenarse para usarlo posteriormente en el entendido de que al deshidratarse puede haber pérdidas por volatilización hasta 60%, sobre todo de nitrógeno (Day, 1987).

De acuerdo con (Soria, M & Ferrera, R 1981), un metro cúbico de bioabono producido y aplicado diariamente, puede fertilizar más de 2 ha de tierra por año y proporcionar hasta 200 kg N_{ha}^{-1} de los que estarán disponibles en el primer año entre 60 y 70 kg. El bioabono no deja residuos tóxicos en el suelo, eleva la calidad del mismo y puede considerarse como un buen fertilizante que puede competir o complementarse con los fertilizantes químicos.

c) Producción de harina de camarón

Procedimientos para la producción de harina

Para llevar a cabo el proceso de la producción de harina con los residuos de camarón se inició con la recepción de la materia prima (cabeza o cutícula de camarón) procedente de la empresa CAMANICA S.A. zona franca, se procedió a la eliminación de materiales como piedras u otros desechos que no fueran cabeza o cutícula de camarón, seguidamente se lavó la materia prima para eliminar partículas de hielo que pudiera contener.

La masa obtenida se pesó en una balanza de reloj marca American. Posteriormente la masa se llevó a cocción agregando 1 litro de agua por cada kilogramo de materia prima, trabajando con una de cocción: 90°C. Esta temperatura se seleccionó a partir de investigaciones realizadas en otras instituciones, en donde han validado diferentes temperaturas de acuerdo al efecto de la misma en la disponibilidad de las proteínas. A esta temperatura, la materia prima se expuso a dos tiempos de cocción: 5 y 10 minutos.

Para el secado se aprovechó la energía solar. Para ello se construyó un invernadero tipo micro túnel, de 4.5 X 20 metros, en el interior con dos zarandas paralelas de 15 metros de largo, 1 metro de ancho y 1.5 metros de alto, y malla de acero inoxidable. En una zaranda se colocó la materia prima cocida de 90°C.

Cada día se efectuaba el movimiento de la materia prima para favorecer su secado. Esto se realizaba tres veces al día en las mismas horas: 9:00 a.m., 12:00 m. y 2:00 p.m. En cada momento se hacía una lectura de la temperatura interior y exterior, empleando un termómetro digital. A la vez, en un área de control se cuantificaba la masa de materia prima en ambas zarandas una vez al día, con el fin de definir una masa constante (% de humedad) y el tiempo requerido para el secado. Finalizado el tiempo de secado, se calculó el % de humedad:

Cuando la materia prima ya se encontraba deshidratada se procedió a moler en un molino eléctrico hasta conseguir la mayor pulverización posible. El producto obtenido es la harina de camarón. Este producto se almacenó totalmente sellado, para evitar su contaminación u oxidación (dada la presencia de ácidos grasos volátiles, es posible que se genere rancidez).

Después de llevar a cabo este proceso se realizaron diversos análisis bromatológicos, con el objetivo de identificar y determinar el valor nutricional de la cabeza y cutícula del camarón y posteriormente de la harina. La necesidad de efectuar análisis de laboratorio antes y después de la cocción, obedecía a la necesidad de verificar la influencia de la temperatura en la disponibilidad de las proteínas.

Para completar el estudio de la viabilidad de la harina de camarón se establecerían tratamientos con pollos de engorde para confirmar la hipótesis que la harina de camarón aporta un considerable contenido proteico para el rápido desarrollo de los mismos, a la vez que el contenido de calcio y la pigmentación colaboran en la formación de huevos con mayor calidad.

Análisis de muestras en laboratorios

Se tomaron muestras para realizar análisis microbiológico y bromatológico, al igual que del agua proveniente de la cocción en diferentes tiempos (5 y 10 minutos).

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos (LABAL), del Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (MIFIC). Este laboratorio utilizó para el análisis microbiológico el de Presencia – Ausencia/25 g.

En los análisis bromatológicos, también se aprovechó para evaluar el agua residual obtenida del proceso de cocción del camarón a diferentes tiempos de cocción. Estos fueron realizados con el Official Methods of Analysis (AOAC), determinando proteínas, fibra, calcio y acidez total. En la harina se analizaron los siguientes parámetros: humedad, proteína (N x 6.25), grasa, fibra, calcio y acidez total.

3.2.3. Procesamiento y análisis de resultados

Una vez obtenida toda la información recopilada durante el establecimiento de los ensayos y los resultados reportados por los laboratorios que analizaron las muestras, se procedió a ordenar estos datos en tablas e interpretarlos de acuerdo a la información obtenida en la etapa de revisión bibliográfica. Posteriormente se escribió el documento de la tesis de investigación, según lo establecido en las Guías y Normas Metodológicas de las Formas de Culminación de Estudios, de la UNA.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Producción de biogás

Se estableció un sistema sencillo a nivel de laboratorio para favorecer la biodigestión anaerobia de los residuos sólidos en estudio (cutícula y cabeza de camarón).

Se observó en los 7 tratamientos un tiempo de retención promedio de 48 horas después de haber montado el ensayo; siendo de mayor velocidad la formación de gases en los ensayos en donde la materia prima se encontraba macerada y/o licuada, debido al aumento de la superficie de contacto de la materia orgánica con las bacterias anaerobias.

De acuerdo a la evidencia observada se obtienen diferentes tipos de gases puesto que, organolépticamente, es perceptible diversos olores, siendo uno de ellos (probablemente el de mayor intensidad) similar al ácido sulfhídrico (H_2S). El sulfuro de hidrógeno es producido por la degradación anaeróbica de los compuestos sulfurados orgánicos. Al igual que el amoníaco, la forma acuosa libre es conocida por su capacidad inhibitoria. Algunos estudios indican que una inhibición del 50 % se presenta en concentraciones de 60 –240 mg H_2S/L . En el caso de los residuos de camarón, es importante determinar la concentración de ácido sulfhídrico, para evaluar su efecto inhibitor sobre el proceso de metanogénesis.

A su vez, conviene tener presente que diversos estudios demuestran actividad de micotoxinas en el camarón, siendo estas también productoras de compuestos orgánicos volátiles, tal como la oxidación de Ácidos Grasos Volátiles (AGV). Esta oxidación también influye sobre el comportamiento de las propiedades organolépticas, particularmente en el olor.

En el caso de esta investigación experimental, es comprobable la formación de gas combustible (metano CH₄), dado que en los sistemas montados se acercó un cerillo encendido, provocando el aumento de la llama y el azulamiento de la misma, característico de la combustión de hidrocarburos de cadena corta.

Por tanto, a partir de los resultados obtenidos en los ensayos se logra evidenciar que la cutícula y cabeza de camarón son viables para la producción de biogás. Sin embargo, es importante mencionar que no es el único gas que se forma durante la fermentación anaerobia y además el efluente mismo posee un olor característico muy poco tolerable y probablemente con cierto grado de contaminación gaseosa.

Según la FAO (2011), la digestión anaeróbica consiste en procesos realizados por diversos grupos de microorganismos, principalmente bacterias y protozoos que, en ausencia de oxígeno actúan sobre la materia orgánica disuelta, transformándola en productos finales inocuos y materia celular.

Corona (2007) señala que en la digestión anaeróbica no siempre hay formación de metano, sin embargo, los términos se usan indistintamente ya que los microorganismos descomponen material biodegradable en ausencia de oxígeno. Este proceso, en general, genera diversos gases, tales como el dióxido de carbono y el metano, los cuales son los más abundantes, y en menor cantidad ácido sulfhídrico. En este sentido, el proceso de la producción de biogás a base de cutícula y cabeza de camarón es viable, sin embargo, no es recomendable porque produce una alta concentración de ácido sulfhídrico, perceptible organolépticamente, lo cual genera un negativo impacto en el ambiente, como ya se mencionado.

4.1.1. Análisis bromatológicos

Según la literatura, la composición química del camarón posee las siguientes proporciones: proteína 40%, CaCO₃ 30%, Quitina 27% Carotenos 3%. Es importante señalar que EE.UU. y Japón consideran que los residuos de camarón son materia prima renovables principalmente por la obtención de quitina cuyo potencial no es aprovechado al máximo (Salablanca, C & Ortiz P).

Es importante señalar que los tratamientos en donde la materia prima fue macerada hubo una fermentación anaerobia más rápida (cinética de la reacción). Para tal efecto, se enviaron al laboratorio de bromatología de la Universidad Nacional Agraria dos muestras: una entera y la otra macerada. Esto con el fin de identificar variantes significativas en la composición nutricional de la cutícula y cabeza de camarón.

De acuerdo a lo anterior, los resultados obtenidos en laboratorio se expresan en la siguiente tabla:

Tabla 3. Análisis bromatológico

Muestra	Estado de la muestra	MS%	%H	PC%	FC%	Grasa	Ceniza%	%ELN
1	Entero	22.73	77.27	29.52	20.03	4.53	30.97	14.95
2	Macerado	13.25	86.75	31.97	25.37	5.56	25.93	11.17

Leyenda: MS: material seco, %H: porcentaje de humedad, PC: proteína cruda, FC: fibra cruda, ELN: extracto libre de nitrógeno

Se puede denotar, a partir de los resultados bromatológicos, que el % de nitrógeno es relativamente significativo, por lo que se puede valorar su uso potencial para la elaboración de biofertilizante aportadores de nitrógeno. Además, algunos estudios, demuestran la presencia de K (potasio) y Fósforo (P) en ciertas especies de camarones. Por tanto, es necesario realizar análisis de laboratorio con AAS (Espectroscopia de Absorción Atómica), para determinar cuantitativamente el NPK constituyente del camarón.

Según (Treminio, X. & Bartolomé, J. 2014), los estudios con residuos de camarón determinaron que el Nitrógeno Total (Nt) contenido en el abono es de 3.5 %, esto indica que el abono contiene suficiente nitrógeno para el desarrollo óptimo de las plantas, también contiene 1.6 % de pentóxido de fósforo y 8.9% de óxido de potasio (K₂O), por lo que se considera un abono rico en humus, el cual mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

Después de la biodigestión anaerobia, el biol generó un olor intolerable, provocado por las altas concentraciones de ácido sulfhídrico (H₂S), de acuerdo a la información obtenida en la revisión de literatura. Aunque no se realizó ningún muestreo de gases para la determinación cuantitativa de la mezcla gaseosa utilizando algún método extractivo, la valoración cualitativa que se ha ido describiendo permite realizar algunas recomendaciones válidas.

4.1.2. Análisis de digestibilidad

Se puede considerar que los residuos derivados del procesamiento industrial de los camarones, son un potencial para ser utilizado como fuente de nutrientes en la elaboración de productos para consumo humano y animal, además de reducir en forma directa el efecto contaminante al medio ambiente. La evaluación de la digestibilidad supone la determinación de la cantidad de un determinado nutriente que desaparece en el tracto digestivo. (Morillo, N & Montiel, N, 2006)

Como se puede observar en la tabla 4, la digestibilidad de las muestras es un poco baja, lo que indica que esta materia podría aprovecharse como alimento para animales (aves, peces, entre otros) siempre y cuando se mezcle con otros componentes nutricionales (vegetales) que aumenten el valor de la digestibilidad para una mejor asimilación de los nutrientes que pueda aportar este alimento. Estos subproductos (cutícula y cabeza de camarón) constituyen una excelente fuente de nutrientes debido a su alto valor biológico y puede contribuir en varios procesos industriales que son de gran importancia en la cadena agroalimentaria.

Tabla 4. Análisis de Digestibilidad

Muestra	Estado de la muestra	DIVMS (%)
Camarón #1	Entero	65.86
Camarón #2	Macerado	65.00

DIVMS: Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca

4.1.3. Ensayo biodigestor

Durante la observación de 48 horas después de haber establecido el ensayo, se observó abundante burbujeo, indicando en forma cualitativa la formación de gases. En la manguera por donde evacuó el gas se percibió un olor característico al ácido sulfhídrico (H₂S), lo que no es común ni recomendable en los sistemas de biodigestión anaerobia. Este aspecto ambientalmente relevante se ha ido mencionando y comentando en párrafos anteriores.

En los primeros quince días siguió manifestándose el burbujeo y aumentando el volumen de gas en el neumático que se instaló para almacenarlo. Los resultados de la prueba de ignición (acción y efecto de estar un cuerpo ardiendo o incandescente) revelaron que se generó una llama con poca intensidad luminosa y poco azulamiento, que duró un tiempo estimado no mayor de 5 minutos.

Ante estos resultados, por valoración cualitativa (observación), se estimó que la formación de metano es poca y, probablemente, predomina la formación de otros gases, tales como el ácido sulfhídrico, dado el olor desagradable que se percibía cercano al biorreactor (barril). Por tanto, la eficiencia de la materia prima (cabeza y cutícula de camarón) es baja para recomendarse como material de biomasa en un biodigestor.

4.2. Producción de biofertilizante

Según (González & Calderón, J, 2013) el efluente producido por el biodigestor es un líquido que contiene alta concentración de nutrimentos accesibles para que se nutran las plantas.

En teoría, este efluente carece de olor o el olor que pueda generar no resulta desagradable, sin embargo, el fluente producto de la digestión anaeróbica con la cutícula y cabeza del camarón ya degradado, produjo un olor altamente intolerable. Es probable que este comportamiento se haya dado debido a la oxidación de los ácidos grasos volátiles que forman parte de la composición química del camarón *Litopenaeus Vannamei* (Cabrera, Cabrera, Rosas, Velásquez, & Silva, 2005).

Según la literatura, los ácidos grasos de los camarones son de cadena larga (14 - 22 átomos de carbono), con un alto grado de insaturación. Los ácidos insaturados aportan beneficios nutrimentales y también contribuyen al sabor, sin embargo, al tener más insaturaciones también son más susceptibles a la rancidez oxidativa (Badui, 2012). Los ácidos grasos más abundantes en los tejidos de peces y crustáceos, pertenecen a las series linoléicas, lo que los hace más susceptibles a la oxidación, causante de olores poco agradables y que ocasionan a nivel ambiental un grave impacto, incluso a nivel de contaminación.

4.3. Producción de harina

Según (Hermosillo, 2007), la harina de cabeza de camarón aporta un buen balance de aminoácidos esenciales para cerdo, además contiene Ácidos Grasos Esenciales (AGE) y es una fuente rica en colesterol, los cuales son nutrientes importantes para el buen crecimiento de los cerdos.

Es importante indicar que con la implementación del invernadero de micro túnel (secado solar), se logró una pérdida del porcentaje de humedad del 82 %.

Uno de los beneficios que da el uso del micro túnel es que es de fácil elaboración, es viable económicamente, trabaja con energía solar (energía limpia) al no utilizar el secado industrial no se producen gases de efecto invernadero (GEI), también permite controlar la temperatura.

Existen estudios que demuestran que la harina de camarón es un buen suplemento para aves (Carranco & Calvo, 2003) afirman que la inclusión de harina de cabezas de camarón en raciones para gallinas ponedoras (10, 20 y 25 %) incrementa significativamente el color de los huevos lo cual permite mejorar la calidad y sabor.

Chacon, A & Salas, C (2016) demuestran que la harina de camarón ayuda a mejorar el grosor de cáscara para este caso se necesita aplicarla como suplemento al 15% siendo el control en promedio 0,05 mm más grueso. De igual manera, se considera que esta diferencia no tiene implicaciones en la calidad del huevo, pues el grosor de la cáscara fue en todos los casos el apropiado para garantizar la integridad de este en el transporte y las adecuadas tasas de intercambio gaseoso en almacenamiento.

4.3.1. Análisis Microbiológico

La tabla 5 muestra que en la materia prima fresca no se encontró la presencia de Salmonella. Es importante recordar que la Salmonella es un género de bacteria en forma de vara. Algunas de estas bacterias son responsables de muchas enfermedades en los seres humanos y otros animales, más comúnmente intoxicación por alimentos y la fiebre tifoidea. El tipo de Salmonella, que es un peligro para la salud de los seres humanos, generalmente se contrae por contacto con la carne cruda, huevos crudos, mariscos crudos o productos de origen animal no pasteurizados como la leche y el queso.

Tabla 5. Resultados del análisis de salmonella

Fecha muestreo	Descripción de muestras	Análisis	Resultados	Unidades
			Muestra	
22/10/16	Cabeza y cutícula de camarón	Salmonella	Ausencia	P-A/25 g

P-A: Presencia -Ausencia

Según Gomes, L. & Bermúdez, J. (2012), la prevalencia de Salmonella en muestras de camarones posiblemente esté íntimamente relacionada con las condiciones de producción del camarón dentro de las cuales juegan un papel importante la calidad del agua, del alimento y fertilizantes, los excrementos de aves silvestres y humanos y las escorrentías de agua durante las temporadas de lluvia.

4.3.2. Análisis bromatológico cocción de cabeza y cutícula de camarón

Se puede observar que el tiempo de exposición de la materia prima (5 y 10 minutos) no influyó en el porcentaje de proteína extraído, y las variaciones en fibra y calcio son poco significativas. El 6.25 es un factor de corrección que varía según la naturaleza de la muestra analizada, en este caso el criterio seleccionado es para “todos los alimentos”.

En general, se puede indicar que la temperatura de cocción (90⁰ C) y el tiempo del mismo no provocaron la extracción de cantidades significativas de nitrógeno y calcio, sin embargo, en el menor tiempo de cocción hubo un incremento de la acidez total, probablemente provocado por la mayor liberación de ácidos grasos volátiles (AGV). Es importante indicar que la cocción reduce el % de humedad, por efecto de la evaporación; cuanto mayor es la actividad del agua en un alimento, mayor será el desarrollo de microbios.

El efluente que se obtiene posterior a las cocciones efectuadas en diferentes tiempos es el que se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Resultados del análisis de cocción de agua de camarón a diferentes tiempos de cocción (cocción 1 y 2).

Fecha muestreo	Descripción muestra agua de camarón	Análisis	Resultados (%)
22/10/16	Cocción 1 Tiempo = 10 minutos	Proteína (N x 6.25)	2.22
		Fibra	0.62
		Calcio	0.28
		Acidez total	2.52
22/10/16	Cocción 2 Tiempo = 5 minutos	Proteína (N x 6.25)	2.14
		Fibra	0.58
		Calcio	0.22
		Acidez total	1.15

De acuerdo a los resultados obtenidos en la cocción y el tiempo de secado similar para ambos subgrupos (t = 4 días, en el invernadero micro túnel, a una temperatura promedio en periodo solar de 35⁰ C), se decidió mezclarlos para obtener un solo grupo, el cual se llevó a molienda para obtener el menor diámetro de partícula posible.

4.3.3. Análisis bromatológico de harina de cabeza y cutícula de camarón

Como se puede observar en la tabla 7, el contenido de proteínas es de un 40 %, lo que hace apta a la harina para la formación de tejidos (carne) en aves de engorde, tomando también en consideración el resultado de la acidez total (27 %), el cual indica la suma de todos los ácidos grasos (proveedores de energía) presentes en la muestra. Tanto el contenido de proteínas como de ácidos grasos contribuyen a que los animales ganen masa corporal en menor tiempo.

Los altos valores de proteínas en las harinas de camarón, se atribuyen, probablemente al tipo de hábitat y alimentación del camarón, que, a diferencia de los animales terrestres, utiliza la proteína como fuente primaria de energía, en lugar de los carbohidratos (Carranco *et al.*, 2003). Otro factor importante que favorece el elevado porcentaje de proteína en cabezas de camarón se debe posiblemente a los restos de carne que quedan adheridos a la cabeza, los cuales son mayores que los restos que puedan quedar adosados a la concha, donde la extracción de la carne se realiza con mayor facilidad. Cabe destacar, que en la cabeza de camarón se encuentran los principales órganos del camarón, como cerebro, corazón, branquias, hepatopáncreas, entre otros (Mujica, 2005).

Con respecto al calcio (Ca), el cual es un elemento traza u oligoelemento, en muchos estudios se ha demostrado que la demanda de este micronutriente en gallinas es de un 3.25 % (Valdés, 2011), esto significa que la especie de camarón *Litopenaeus Vannamei* contiene un porcentaje de calcio mayor que el demandado para la nutrición en aves.

Tabla 7. Resultados del análisis bromatológico de la harina

Descripción de muestras	Análisis	Resultados	Unidades
		Muestra	
Harina de cabeza y cutícula de camarón 22/10/16	Humedad	2.02	%
	Proteína (N x 6.25)	39.41	
	Grasa	2.13	
	Fibra	10.32	
	Calcio	4.62	
	Acidez total	27.42	

Finalmente, se realizó el análisis microbiológico de Salmonella, siempre con la finalidad de garantizar la inocuidad del alimento. El resultado se presenta a continuación:

Tabla 8. Resultados del análisis microbiológico

Descripción de muestras	Análisis	Resultados	Unidades
		Muestra	
Harina de cabeza y cutícula de camarón 22/10/16	Salmonella	Ausencia	P-A/25 g

Como se puede observar, en la harina no se encontró la presencia de Salmonella, indicando que durante todo el proceso de producción (dentro y fuera del laboratorio) se garantizó el fomento de prácticas higiénicas, con el único objetivo de obtener un producto con alta inocuidad.

Tomando en cuenta los diferentes factores es importante mencionar que el impacto ambiental ocasionado por la utilización de compuestos químicos en la camaronicultura resulta difícil de predecir; sin embargo, puede ocurrir que los compuestos entren en la cadena trófica con una posible bioacumulación en eslabones superiores o quizá causen daño a largo plazo, por tratarse de un impacto acumulativo. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo el estudio para reducir el impacto que estos residuos puedan causar.

PROARCA (1994) afirma que la harina es una fuente excelente de minerales, quitina, colesterol, fosfolípidos y ácidos grasos. Estas harinas contienen un 32% de proteína, 4% de lípidos y un máximo de 14% de fibras.

Según Andrade (2007), la harina del camarón es el desperdicio de camarón seco molido de buenas características de conservación; el cefalotórax puede utilizarse en proporciones limitadas, por su alto contenido de quitina. En harinas cuyo contenido de proteína es de 30%, se utilizan según las características químicas del producto.

V. CONCLUSIONES

1. Los ensayos de biodigestión anaerobia, a pequeña escala, con la cabeza y cutícula de camarón, permitieron estimar cualitativamente la formación de biogás, a través de la prueba de ignición, sin embargo, se observó que la combustión del metano no genera una llama intensa, lo que disminuye las posibilidades de emplear este residuo sólido como una fuente de energía calorífica, mediante la tecnología de los biodigestores.
2. El efluente que se obtiene del proceso de la biodigestión anaerobia de la cabeza y cutícula de camarón provoca olores intolerables, lo que probablemente ocasionaría un impacto negativo en el ambiente.
3. Los análisis bromatológicos realizados en la harina obtenida de la cabeza y cutícula de camarón *Litopenaeus Vannamei*, permitieron determinar que el contenido de proteína y calcio es relevante y potencialmente útil para la nutrición animal.
4. El uso de la técnica de deshidratación por medio del secado solar, permitió reducir los costos asociados a la obtención de la harina de cabeza y cutícula de camarón, así como también el aprovechamiento de una forma de energía renovable.

VI. RECOMENDACIONES

1. Para la producción de biogás a pequeña escala con cabeza y cutícula de camarón, se deben de realizar análisis más especializados, para determinar cualitativa y cuantitativamente la mezcla de gases que se forma tras la biodigestión anaerobia, en especial el porcentaje de metano, así como el de ácido sulfhídrico.
2. Para el uso de la harina en la nutrición animal, se recomienda establecer ensayos con aves de corral, para evaluar con formulaciones el efecto que esta tendría en el desarrollo de estas aves y en la calidad de su carne y huevos, definiendo para ello parámetros zootécnicos.

VII. LITERATURA CITADA

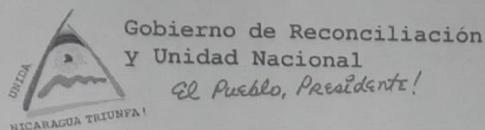
- Andrade, R., Torrez, R., Montes, E., Chávez, M., Naar, V. 2007. Elaboración de un sazón a base de harina de cabezas de camarón de cultivo (*penaeus sp*). (En línea). Consultado 22 de Marzo 2018. Disponible en: <File:///C:/Users/Propio/Desktop/aqui%20estan/nueva%202%20analisis%20bromatologico.pdf>
- Botero, B.M. y R.P. Thomas. 1987. Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas. Manual para su instalación, operación y utilización. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- Cabrera, T., Cabrera, G., Rosas, J., Velásquez, A., & Silva, M. (Junio de 2005). Variación de lípidos y ácidos grasos en camarones marinos consumidos en Venezuela. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222005000200013
- Carranco, M., C. Calvo, L. Arellano, F. Pérez, E. Ávila E. y B. Fuente. 2003. Inclusión de la harina de cabezas de camarón (*Penaeus sp.*) en raciones para gallinas ponedoras. Efecto sobre la concentración de pigmento rojo de yema y calidad del huevo. Interciencia, Vol. 28, No. 6, 328-333.
- Chacón, A., Salas, C., Zamora, L. 2016. Harina de Cefalotórax de camarón en raciones para gallinas ponedoras: Efectos en el huevo. (En línea). Consultado 23 Marzo 2017. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_meso/v27n01_081.pdf
- Corona, I. 2007. Biodigestores. (En línea). Consultado 25 marzo 2017. Disponible en: <http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10722/Biodigestores.pdf?sequence=1>

- Carranco., Calvo., Arellano., Pérez-Gil, F., Ávila, E., & Fuente, B. 2003. Inclusión de la harina de cabezas de camarón penaeus sp. En raciones para gallinas ponedoras. Efecto sobre la concentración de pigmento rojo de yema y calidad de huevo. (En línea).consultado 27 de Mar 2018. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000600004&lng=es&tlng=es
- Day, D. 1987. Management swinewastes. Asociación de Médicos Veterinarios Especialistas en Cerdos. Acapulco, Gro., México.
- Deublein D., Steinhauser A. 2008. Biogas from waste and renewable resources: An Introduction. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA, Weinheim. 443 p.
- FAO 2005-2018. National Aquaculture Sector Overview. Visión general del sector acuícola nacional - Nicaragua. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets. Texto de Saborio Coze, A. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. Roma. Actualizado 1 February 2005.
- FAO, 2011. Manual de Biogás. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>, consultado febrero 2017.
- Gómez, L., Bermúdez., Medina., López, M., Navarro, J., & Morales, E. 2012. Diversidad de serotipos de Salmonella en camarones de cultivo crudos congelados (*Litopenaeus vannamei*) de Venezuela. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*. (En línea) consultado el 23 de abril de 2018. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562012000100006&lng=es&tlng=es.
- Hermosillo, G.2007. Investigacion de mercado para determinar la demanda potencial de un complemento alimenticio para cerdos a partir de subproductos del procesamiento de camarón. (En línea).Consultado 25 de Mar 2018. Disponible en: <File:///C:/Users/Propio/Desktop/aqui%20estan/harina%202.pdf>
- McCaskey, A.T. 1990. Microbiological and chemical pollution potential of swine waste. In Memorias del Primer Ciclo Internacional de Conferencias sobre Manejo y Aprovechamiento de Estiércol de cerdos. CINVESTAV. Guadalajara, Jalisco, México, p. 12-32.

- Mujica, F. 2005. Análisis proximal de los desechos generados por el procesamiento industrial de crustáceos (cangrejo y camarón) en el estado Zulia. Tesis. Trabajo Especial de Grado. Maracaibo, Venezuela, Universidad del Zulia (LUZ). Facultad Experimental de Ciencias. 75 p.
- Peña Ortiz J.A. 2013. Estado actual del bosque de galería de la parte alta del río Santa Elena, sector norte de la Universidad Nacional Agraria, Managua. (En Línea). Nicaragua. NI. Consultado en agosto 2017. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/1178/1/tnk10p419.pdf>
- PROARCA (Programa Ambiental Regional por Centroamérica). 1994. Manual de buenas prácticas operativas de producción más limpia para procesadoras de camarón. (En línea). Consultado 23 Marzo 2017. Disponible en: <http://infohouse.p2ric.org/ref/40/39948.pdf>
- Pescanova. Grupo Pescanova inaugura una nueva planta de procesado de langostino en Nicaragua, referente mundial del sector. (En línea). Consultado el 20 de marzo de 2018. Disponible en: http://www.pescanova.com/i/contenido/hemeroteca/301008_nicaragua.pdf
- Soria, M., Ferrera, R., Barra, J., Gonzalez, G., Trinidad, J., Gomez, L. & Peryda, G. 1981. producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. (En línea). Consultado 25 de Marzo 2018. Disponible en: <https://www.chapingo.mx/terra/contenido/19/4/art353-362.pdf>
- Salablanca, C., Ortiz, P., Membreño, F. 2003. Estudio preliminar del uso de los desechos de camarón como fertilizante de hortaliza y controlador de hongos (Fusarium), en el cultivo de tomate. (En línea). Consultado el 27 Marzo 2018. Disponible en: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/retrieve/2203>
- Treminio, X., Bartolomé, J. 2014. Residuos de camarón siete barbas como abono orgánico en el cultivo de tomate. (En línea). Consultado el 24 de Marzo 2018. Disponible en: <https://www.lamjol.info/index.php/RCI/article/download/1923/1725>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Resultados de los análisis en LaBal del MIFIC



RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha: 22 de diciembre de 2016

Señores
UNA – CAMANICA ZONA FRANCA
Sus manos

Estimados Señores:

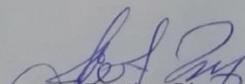
Por medio de la presente, les estamos remitiendo resultados de análisis Físico-Químicos practicados a su muestra rotulada **AGUA DE CAMARÓN COCCIÓN 1, 10 MINUTOS 22/10/16**, recibida el 13 de diciembre del corriente, según Solicitud de Servicios S#253-13-12-2016.

Descripción de muestras	Análisis	RESULTADOS Muestra	Unidades
Agua de Camarón Cocción 1, 10 minutos 22/10/16	Proteína (N x 6,25)	2,22	%
	Fibra	0,62	%
	Calcio	0,28	%
	Acidez total	2,52	%

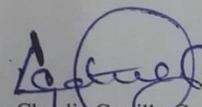
MÉTODO DE ANÁLISIS UTILIZADO:

OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS AOAC
CAPÍTULOS: 7 – NÚMEROS: 7.015 – 7.070 – 7.101

Sin más a que hacer referencia y esperando continúen formando parte de nuestra familia de clientes, reciban un respetuoso saludo.


Lic. Francisco Pérez
Analista de Laboratorio




Ing. Claudia Castillo C.
Directora Ejecutiva

NOTA: ESTE RESULTADO NO ESTUVO SUJETO A UN PLAN DE MUESTREO, DAMOS FE SOLAMENTE POR LA MUESTRA PRESENTADA.



Ministerio de Fomento, Industria y Comercio
Laboratorio de Tecnología de Alimentos
Semáforos de El Nuevo Diario, 300m. abajo
Tel. 2249-3835 / 2249-5697
e mail: labal.mific@gmail.com



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!



RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha: 22 de diciembre de 2016

Señores
UNA – CAMANICA ZONA FRANCA
Sus manos.-

Estimados Señores:

Por medio de la presente, les estamos remitiendo resultados de análisis Microbiológicos practicados a su muestra rotulada **CABEZA Y CUTÍCULA DE CAMARÓN 22/10/16**, recibida el 13 de diciembre del 2016, según Solicitud de Servicios #253-13-12-2016.

Descripción de muestras	Análisis	RESULTADOS	Unidades
		Muestra	
Cabeza y Cutícula de Camarón 22/10/16	Salmonella	Ausencia	P-A/25g

MÉTODO DE ANÁLISIS UTILIZADO:

Para determinar Salmonella: Presencia-Ausencia/25g

Sin más a que hacer referencia y esperando continúen formando parte de nuestra familia de clientes, reciban un respetuoso saludo.

Lic. Ana/Isabel Gutiérrez
Analista de Laboratorio



Ing. Claudia Castillo C.
Directora Ejecutiva

NOTA: Este resultado no estuvo sujeto a un plan de muestreo, damos fe solamente por la muestra presentada.



Ministerio de Fomento, Industria y Comercio
Laboratorio de Tecnología de Alimentos
Semáforos de El Nuevo Diario, 300m. abajo
Teléfono: 2249-3835/2249-5697
e-mail: labal.mific@gmail.com



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!



RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha: 22 de diciembre de 2016

Señores
UNA – CAMANICA ZONA FRANCA
Sus manos

Estimados Señores:

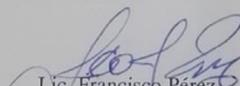
Por medio de la presente, les estamos remitiendo resultados de análisis Físico-Químicos practicados a su muestra rotulada **AGUA DE CAMARÓN COCCIÓN 2, 5 MINUTOS 22/10/16**, recibida el 13 de diciembre del corriente, según Solicitud de Servicios S#253-13-12-2016.

Descripción de muestras	Análisis	RESULTADOS Muestra	Unidades
Agua de Camarón Cocción 2, 5 minutos 22/10/16	Proteína (N x 6,25)	2,14	%
	Fibra	0,58	%
	Calcio	0,22	%
	Acidez total	1,15	%

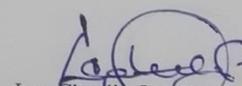
MÉTODO DE ANÁLISIS UTILIZADO:

OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS AOAC
CAPÍTULOS: 7 – NÚMEROS: 7.015 – 7.070 – 7.101

Sin más a que hacer referencia y esperando continúen formando parte de nuestra familia de clientes, reciban un respetuoso saludo.


Lic. Francisco Pérez
Analista de Laboratorio




Ing. Claudia Castillo C.
Directora Ejecutiva

NOTA: ESTE RESULTADO NO ESTUVO SUJETO A UN PLAN DE MUESTREO, DAMOS FE SOLAMENTE POR LA MUESTRA PRESENTADA.



Ministerio de Fomento, Industria y Comercio
Laboratorio de Tecnología de Alimentos
Semáforos de El Nuevo Diario, 300m. abajo
Tel. 2249-3835 / 2249-5697
e mail: labal.mific@gmail.com



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!



RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha: 22 de diciembre de 2016

Señores
UNA – CAMANICA ZONA FRANCA
Sus manos.-

Estimados Señores:

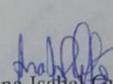
Por medio de la presente, les estamos remitiendo resultados de análisis Microbiológicos practicados a su muestra rotulada **HARINA DE CABEZA Y CUTÍCULA DE CAMARÓN 22/10/16, 10 MINUTOS**, recibida el 13 de diciembre del 2016, según Solicitud de Servicios #253-13-12-2016.

Descripción de muestras	Análisis	RESULTADOS	Unidades
		Muestra	
Harina de Cabeza y Cutícula de Camarón 22/10/16, 10 minutos	Salmonella	Ausencia	P-A/25g

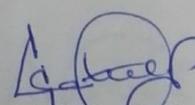
MÉTODO DE ANÁLISIS UTILIZADO:

Para determinar Salmonella: Presencia-Ausencia/25g

Sin más a que hacer referencia y esperando continúen formando parte de nuestra familia de clientes, reciban un respetuoso saludo.


Lic. Ana Isabel Gutiérrez
Analista de Laboratorio




Ing. Claudia Castillo C.
Directora Ejecutiva

NOTA: Este resultado no estuvo sujeto a un plan de muestreo, damos fe solamente por la muestra presentada.



Ministerio de Fomento, Industria y Comercio
Laboratorio de Tecnología de Alimentos
Semáforos de El Nuevo Diario, 300m. abajo
Teléfono: 2249-3835/2249-5697
e-mail: labal.mific@gmail.com



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!



RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha: 22 de diciembre de 2016

Señores
UNA – CAMANICA ZONA FRANCA
Sus manos

Estimados Señores:

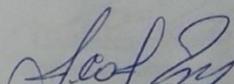
Por medio de la presente, les estamos remitiendo resultados de análisis Físico-Químicos practicados a su muestra rotulada **HARINA DE CABEZA Y CUTÍCULA DE CAMARÓN 22/10/16, 10 MINUTOS**, recibida el 13 de diciembre del corriente, según Solicitud de Servicios S#253-13-12-2016.

Descripción de muestras	Análisis	RESULTADOS Muestra	Unidades
Harina de Cabeza y Cutícula de Camarón 22/10/16, 10 Minutos	Humedad	2,02	%
	Proteína (N x 6,25)	39,41	%
	Grasa	2,13	%
	Fibra	10,32	%
	Calcio	4,62	%
	Acidez total	27,42	%

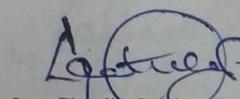
MÉTODO DE ANÁLISIS UTILIZADO:

OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS AOAC
CAPÍTULOS: 7 – NÚMEROS: 7.007 – 7.015 – 7.056 – 7.070 – 7.101

Sin más a que hacer referencia y esperando continúen formando parte de nuestra familia de clientes, reciban un respetuoso saludo.


Lc. Francisco Pérez
Analista de Laboratorio




Ing. Claudia Castillo C.
Directora Ejecutiva

NOTA: ESTE RESULTADO NO ESTUVO SUJETO A UN PLAN DE MUESTREO, DAMOS FE SOLAMENTE POR LA MUESTRA PRESENTADA.



Ministerio de Fomento, Industria y Comercio
Laboratorio de Tecnología de Alimentos

Semáforos de El Nuevo Diario, 300m. abajo

Tel. 2249-3835 / 2249-5697

e mail: labal.mific@gmail.com

Anexo 2. Imágenes del trabajo de campo.



Pesaje de la materia prima en LARENA



Biodigestor a pequeña escala



Invernadero micro túnel para el secado de la cabeza de camarón