

# PRODUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA DE HIDROLIZADO ENZIMÁTICO ELABORADO A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE LA PESCA

## PRODUCTION AND BIOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF ENZYMATIC HYDROLYZATE MADE FROM FISHING RESIDUES

VICTOR HUGO OSORIO CEVALLOS<sup>1</sup>, ANGEL BERNARDO LLERENA HIDALGO<sup>2</sup>

1 Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador. [victor.osorio@cu.ucsg.edu.ec](mailto:victor.osorio@cu.ucsg.edu.ec)

2 Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador. [angel.llerena@cu.ucsg.edu.ec](mailto:angel.llerena@cu.ucsg.edu.ec)

### RESUMEN

El objetivo del presente artículo es describir la metodología desarrollada para la producción por vía enzimática de hidrolizados proteicos producidos a partir de los residuos, especialmente vísceras, de pescado. El hidrolizado producido es una buena fuente de proteína y aminoácidos, aportando específicamente aminoácidos esenciales como la lisina y leucina por lo que este tipo de productos, representan una alternativa más sustentable que la producción de harina de pescado. Su relativa facilidad de producción y bajos requerimientos de infraestructura y equipamiento lo hacen ideal para ser aplicados en pequeñas comunidades pesqueras asentadas en el manglar o en la zona costera.

**PALABRAS CLAVE:** Hidrolizado enzimático, fertilizante orgánico, suplemento alimenticio, Pesca artesanal.

### ABSTRACT

The objective of this study was to develop a simple and easy to apply methodology for the enzymatic production of fish hydrolysate using fish waste, especially viscera, from artisanal fishery and from tilapia processing plants. Results shown, that is possible to produce good quality hydrolysate containing essential amino acids such as lysine and leucine; same amino acids were present on all production batches through the year varying only on concentration. The resulting product is a more sustainable alternative to the artisanal production of fish meal. Its relative simple and low investment process of production makes this technology suitable for been applied on small fishing communities along the mangrove and rural areas.

**KEYWORDS:** Enzymatic protein hydrolysate, organic fertilizer, food supplement, artisanal fisheries.

DOI: <http://dx.doi.org/10.23878/alternativas.v19i2.240>

RECIBIDO: 4/12/2017

ACEPTADO: 3/7/2018

## INTRODUCCIÓN

La producción mundial de pesca de captura en el año 2014 fue de 93,4 millones de toneladas, de las cuales 81,5 millones de toneladas procedían de aguas marinas y 11,9 millones de toneladas de aguas continentales. Para el mismo año, la producción de animales acuáticos procedentes de la acuicultura ascendió a 73,8 millones de toneladas (FAO, 2016).

La actividad pesquera en el Ecuador es una actividad ancestral que tiene un valor altamente significativo tanto en el plano social como en el económico especialmente y está centrada principalmente en la zona costera donde genera miles de puestos de trabajo que en muchos casos involucran a comunidades enteras e incluyen la participación de la mujer. De acuerdo con la FAO (2013) las divisas generadas como resultado de las exportaciones pesqueras suman más de USD 540 millones de dólares por año.

La pesca tiene dos componentes: artesanal e industrial y está orientada a la extracción de: i) recursos transzonales y altamente migratorios (atunes principalmente), ii) poblaciones nativas de peces pelágicos pequeños utilizados principalmente para la elaboración de enlatados y harina de pescado; y iii) especies demersales o pesca blanca. La piscicultura está centrada en la producción de tilapia (*tilapia spp*), en la costa, y trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en la sierra.

Los peces procedentes tanto de la pesca como de la piscicultura son comercializados enteros o procesados, frescos y/o congelados (FAO, 2013). En el procesamiento y transformación del pescado para obtener las diferentes presentaciones que se ofrece al consumidor se generan subproductos conformados por las partes no consumibles como cabeza, colas, huesos, piel, vísceras, etc. que representan entre el 60% y el 70% del peso total del pez (Raa, Gildberg, & Strom, 1983).

Las vísceras, principal materia prima para el hidrolizado, representan aproximadamente del 15 al 17% del peso (Mahendrakar, 1995) y son un residuo del procesamiento que debido a las consideraciones ambientales que rigen actualmente la actividad pesquera, no pueden ser descartadas directamente al mar por parte de las plantas procesadoras de pescado y por los pescadores una vez que la pesca llega a tierra. Las vísceras son una fuente rica de proteínas y grasas no saturadas pero que debido a su composición tienen un corto período de estabilidad si no se congelan o se preservan de alguna manera (Raa, Gildberg, & Strom, 1983).

El presente artículo describe el proceso de producción y las características fisicoquímicas del hidrolizado producido a partir de desechos (especialmente vísceras) de la pesca artesanal y de la piscicultura (tilapia roja). Las características que hacen interesantes a estos compuestos son entre otros: su composición y balance de aminoácidos, su pH ácido que previene su descomposición, la buena digestibilidad y su rápida absorción tienen muchas aplicaciones potenciales como ingredientes y/o suplementos a las dietas o alimentos balanceados para animales (camarones, peces, pollos, cerdos, mascotas, etc.) (Faid, Zouiten, Elmarrakchi, & Achkari-Begdouri, 1997); alimentos (Adler-Nissen, 1986), o como fertilizantes/abonos agrícolas (Benítez, Ibarz, & Pagan, 2008). El proyecto fue desarrollado entre noviembre del 2014 y febrero del 2016 en una facilidad construida para el efecto en la Granja Experimental Limoncito de la Facultad Técnica para el Desarrollo, de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil (UCSG), ubicada en el Km 17 vía Limoncito-Las Juntas, Provincia de Santa Elena (Figura 1). Su ubicación Geográfica es: 79° 53'00" Longitud Oeste y 02 09'12" Latitud Sur.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La producción de un hidrolizado de alta calidad requiere de la existencia de infraestructura adecuada, de la disponibilidad de materia prima de calidad y de la mezcla enzimática idónea; factores que en conjunto incidirán sobre las características fisicoquímicas del producto resultante. A continuación, se detallan cada uno de los aspectos mencionados:

### INFRAESTRUCTURA

Se construyó una planta piloto (Figura 1) en los terrenos de la Granja Experimental de la Universidad Católica ubicada en la Comuna Limoncito, Provincia de Santa Elena. La planta consta de un galpón con suministro de energía eléctrica y agua, adecuadamente aislado para evitar el ingreso de plagas (insectos, roedores, reptiles, etc.).

Tomando como referencia las características de la materia prima y la capacidad de producción de la planta piloto se procedió a construir e instalar los siguientes equipos necesarios para la producción:

- a. Un molino de martillo (Figura 2) con capacidad de procesamiento de 1 ton/hora de materia prima.



**Figura 1.** Planta piloto para producción de hidrolizado.



**Figura 2.** Molino de martillo (vista lateral).



**Figura 3.** Mezcladora vertical (vista superior).

- b. Una mezcladora vertical con estructura metálica soldada a la estructura del galpón (Figura 3) que se utiliza para homogenizar periódicamente la mezcla hidrolizada.
- c. Un sistema de transporte de materia prima (Figura 4) conformado por tanques con cierre hermético y montacargas manual para facilitar la descarga y el transporte.
- d. Un sistema de tanques para el proceso de fermentación (Figura 5).
- e. Un montacargas manual con capacidad de 2,5 toneladas para facilitar el traslado periódico y programado de los tanques con producto hacia la mezcladora.



**Figura 4.** Sistema de transporte de materia prima.



**Figura 5.** Sistemas de tanques de fermentación.

#### **MATERIA PRIMA: IDENTIFICACIÓN Y CALIFICACIÓN DE FUENTES**

La materia prima está compuesta principalmente por vísceras frescas; las mismas que constituyen entre el 5% y 11% del peso corporal de los peces y cuya composición química promedio es 67% agua, 10% proteína, 14% extracto etéreo y 3% minerales (Mahendrakar, 1995).

Su calidad y disponibilidad es importante ya que puede tener un impacto en el proceso de hidrólisis y en la calidad y funcionalidad del producto final. Algunos puntos a tener en cuenta con respecto a la materia prima son: debe ser fresca y no haber sido sometida a ningún proceso de congelamiento o cocción previa; que las vísceras sean parte de esta ya que nos asegura la presencia de enzimas digestivas propias del pez, y que no se encuentren muy distantes de la planta para transportarlas en condiciones de temperatura apropiada y mantener su calidad.

Las dos fuentes de materia prima utilizadas en el proyecto fueron: 1) residuos de la pesca artesanal obtenidos en los puertos pesqueros situados a una distancia menor a 200 km de la planta y 2) residuos frescos de plantas de procesamiento de tilapia localizadas en la peri-

feria de Guayaquil. Se tomó como limitante la distancia de las fuentes de materia a la planta proceso para garantizar la frescura y calidad de la materia prima.

#### **COMPUESTO ENZIMÁTICO**

Las enzimas que hidrolizan los enlaces peptídicos (Li, Youravong, & H-Kittikun, 2010) para la producción de hidrolizados proteicos son las denominadas proteasas, proteinasas, peptidasas o enzimas proteolíticas. Debido a la especificidad de las enzimas, en el proceso de hidrólisis se pueden generar productos de diferente composición molecular y propiedades funcionales. La elección de las enzimas y su composición está basada en la combinación de eficacia y costo, así como la especificidad por el sustrato. Las enzimas proteolíticas pueden tener una actividad endopeptidasa, exopeptidasa, o ambas, lo cual puede tener impacto en la velocidad de la hidrólisis y en las propiedades de los péptidos formados.

El motivo de utilizar las vísceras en este estudio se basa en el hecho de que las presencias de enzimas proteolíticas en las vísceras de los peces tienen una influencia significativa en la producción del hidrolizado (Shahidi, Han, &



Synowieki, 1995) y hacen que el proceso sea más natural y de mayor aplicabilidad cuando este se replique en las comunidades rurales. Como enzima endógena se utilizó la proteasa debido a que esta es bastante eficiente y activa a niveles de pH ácidos, ayudando además a mejorar las propiedades funcionales del producto final como la calidad oxidativa y el color, pues a pH bajos la oxidación lipídica se da rápidamente, y además se controla el crecimiento microbiano. La razón por la que escogimos las vísceras frescas como materia prima es porque poseen enzimas digestivas con alta actividad proteolítica que hacen más natural el proceso y complementan la mezcla de enzimas añadidas.

Además de evitar la descomposición de los desechos a temperatura ambiente, la hidrólisis enzimática permite la formación de nuevos productos con propiedades funcionales superiores a los de la materia prima original sin hidrolizar (Camacho, Moreno, García, Medina, & Sidorovas, 2007).

#### DISEÑO CONCEPTUAL, PROCEDIMIENTO

Con base a los diferentes resultados obtenidos se determinó un diseño conceptual o procedimiento en el cual se muestran los pasos y condiciones o requerimientos en cada uno de estos para la obtención de un hidrolizado de proteína de pescado a partir de desechos de la pesca artesanal y de la tilapia roja.

##### PRIMER PASO: OBTENCIÓN DE MATERIA PRIMA Y TRANSPORTE A LA PLANTA DE PROCESAMIENTO

Para producir el hidrolizado utilizamos desechos de pescado -principalmente vísceras- (Figuras 6 y 7) que son transportados en tanques sellados herméticamente (Figura 8). Para evitar la descomposición las vísceras fueron tratadas con una solución de ácido láctico al 10% al momento de la transportación (Figura 9).

Una vez en la planta los desechos fueron cuidadosamente procesados a temperaturas menores de 32 °C para mantener la integridad de los aminoácidos vitaminas, hormonas y enzimas presentes naturalmente.

Se debe realizar una selección del tipo de materia prima o sustrato que se va a usar en el proceso de obtención del hidrolizado, en este caso desechos de la pesca artesanal y de la tilapia roja (especialmente las vísceras).

##### SEGUNDO PASO: MOLIENDA O PREPARACIÓN DE SUSTRATO

Una vez en la planta los residuos son molidos para que el proceso de hidrolizado fuera más efi-



Figura 6. Materia prima (vísceras de pescado).



Figura 7. Materia prima (vísceras de pescado).



Figura 8. Arribo de materia prima a la planta de proceso.

Figura 9. Detalle de la materia prima a su arribo a la planta.

ciente y se realice en el menor tiempo. Se utiliza el molino de martillo construido para el efecto (Figura 10). El Producto de la molienda se puede ver en la Figura 11. Este paso es importante, pues la obtención de una mezcla homogénea permitirá que la enzima tenga un fácil acceso a las proteínas.

Es importante retirar cualquier objeto extraño (plásticos, madera y otros) que pudiera dañar el molino de martillo.



Figura 10. Molienda de materia prima.



Figura 11. Producto resultante de la molienda.

### TERCER PASO: PROCESAMIENTO ENZIMÁTICO NATURAL

La pasta de residuos producida luego de la molienda es tratada con una mezcla de ácidos orgánicos y enzimas comerciales que ayudadas por la acción de enzimas endógenas (propias del intestino de los peces) que se mantienen activas porque la temperatura es controlada siempre en un rango menor a los 32 °C. La mezcla es colocada en los tanques de fermentación para completar el proceso (Figura 12). La óptima relación de solución enzimática/pasta de vísceras, determinada por el proyecto, es de 10% / 90% pues esta nos permite un mejor control de la hidrólisis y por ende de los productos resultantes.



Figura 12. Vista panorámica de los tanques de fermentación.

### CUARTO PASO: FILTRADO

A las 48 horas de producida la hidrólisis se procede a filtrar el producto para remover partículas gruesas no hidrolizadas.

### QUINTO PASO: HIDROLIZADO DE VÍSCERAS DE PESCADO (PRODUCTO FINAL)

El producto final (Figuras 13 y 14) está listo para ser utilizado a partir de una semana después de realizada la hidrólisis, y tiene un tiempo de vida útil de un año. Las muestras para el análisis bromatológico cuyos resultados se adjuntan al presente informe se tomaron una semana después de iniciada la hidrólisis.



Figura 13. Producto final.



Figura 14. Producto final.

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La obtención de un hidrolizado de proteína con una composición final que permita una amplia aplicación y usos con base en sus propiedades funcionales, dependerá entre otros factores de la fuente de proteína, la enzima proteolítica utilizada, las condiciones de reacción y del grado de hidrólisis alcanzado.

### EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL HIDROLIZADO

La calidad se determinó en función de la presencia o no en el producto final de los aminoácidos esenciales y no esenciales definidos como



necesarios para las plantas y los animales por la literatura especializada y por el patrón reconocido por la FAO.

### PROCEDIMIENTO Y RESULTADOS

Se tomaron muestras de cada uno de los lotes de producción y se enviaron a laboratorios certificados para la realización del análisis bromatológico y determinación cualitativa y cuantitativa de los aminoácidos presentes, así como de la concentración en porcentaje del total de la proteína biodisponible. El resumen de los resultados de estos análisis se muestra a continuación mientras que las copias de los reportes técnicos emitidos por el laboratorio certificado constan en los anexos.

Las diferencias en los resultados pueden estar influenciadas por las variaciones entre especies que ocupan un hábitat similar; aunque los factores sexo y edad así como también la zona de captura y la época del año, influyen en la composición química del pescado (Aquerreta-Apesteeguía Y., 2000); (Rodríguez, Cabello, Figueroa, Ramos, & Ballenilla, 2001); (Sikorski & Sun Pan, 1994)) consideran que en la carne fresca del pescado la composición química es influenciada por el período reproductivo y hábitos alimenticios, indicando que generalmente antes de la época de reproducción los peces acumulan grasa que emplean luego en el lapso reproductivo.

### RESULTADOS

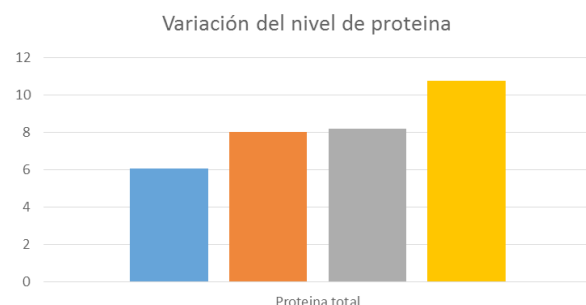
La tabla de resultados muestra que el hidrolizado producido en la Granja Experimental de Limoncito contiene nueve de los diez aminoácidos conocidos como esenciales (90%) y seis de los diez aminoácidos considerados no esenciales (60%) lo que a priori demuestra que tiene potencial para ser utilizado tanto en agricultura como en acuicultura. La Tabla 1 muestra de manera esquemática la concentración de aminoácidos (esenciales y no esenciales) y su variación para cada uno de los lotes analizados.

El hidrolizado fue producido a partir del mes de marzo del 2015 hasta el mes de febrero del 2016; lo que significa que el período de producción abarca prácticamente todo un año calendario en donde ha sido posible observar variaciones significativas en los niveles de aminoácidos esenciales (Figura 15) y no esenciales (Figura 16) entre los diferentes lotes de producción.

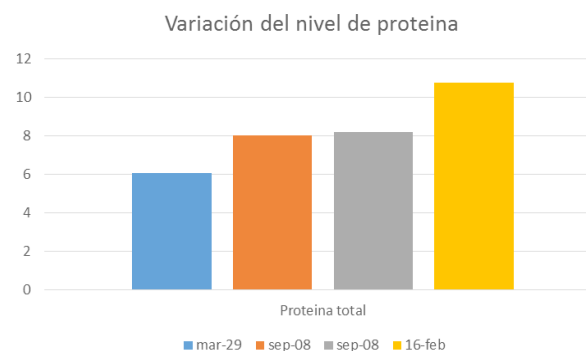
Al igual que los aminoácidos, la cantidad de proteína biodisponible presente en el hidrolizado varió entre los diferentes lotes de producción, como se observa en la Figura 17.

**TABLA 1. AMINOÁCIDOS PRESENTES EN LOS DESECHOS DE PESCADO**

AMINOÁCIDOS ESENCIALES	MAR-29	SEP-08	SEP-08	16-FEB
	TILAPIA	PECES MARINOS		
Isoleucina	0,25	0,48	0,43	0,74
Leucina	0,41	0,61	0,57	0,74
Lisina	0,47	0,66	0,53	0,83
Metionina	0,21	0,34	0,27	0,85
Fenilalanina	0,35	0,45	0,38	0,94
Treonina	0,05	0,49	0,54	0,68
Triptófano				
Valina	0,28	0,52	0,5	0,67
Histidina	0,35	0,54	0,66	0,88
Arginina	0,98	0,63	0,63	0,99
AMINOÁCIDOS NO ESENCIALES	MAR-29	SEP-08	SEP-08	16-FEB
	TILAPIA	PECES MARINOS		
Alanina	0,33	0,65	0,13	0,51
Tirosina	0,37	0,37	1,35	1,03
Ácido aspártico	0,52	0,94	0,86	0,76
Glutamina				
Glicina	0,18	0,31	0,34	0,46
Prolina				
Serina	0,34	0,78	0,76	0,6
Asparagina				
Proteína total	6,08	8,03	8,19	10,74
Humedad	48,8	53,9	53,9	52,6
Temp.	25	22,2	22,2	23,4



**Figura 15.** Aminoácidos esenciales presentes en el hidrolizado de desechos de pescado y su variación para las especies utilizadas (tilapia) y peces marinos durante la duración del proyecto.



**Figura 16.** Aminoácidos no esenciales presentes en el hidrolizado de desechos de pescado y su variación para las especies utilizadas (tilapia) y peces marinos durante la duración del proyecto



Figura 17. Contenido de proteína altamente biodisponible para cada uno de los lotes de producción.

Se encontró variación en los niveles de aminoácidos para la materia prima proveniente de peces marinos, entre la época seca y la época lluviosa. Las Figuras 18 y 19 muestran esta variación para los aminoácidos esenciales entre la época seca y la lluviosa.

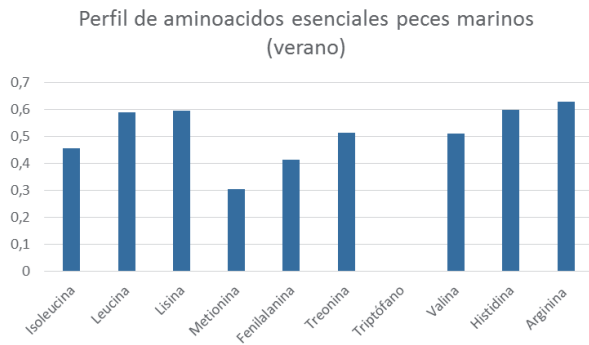


Figura 18. Aminoácidos esenciales presentes en el hidrolizado de desechos de peces marinos para la época seca.

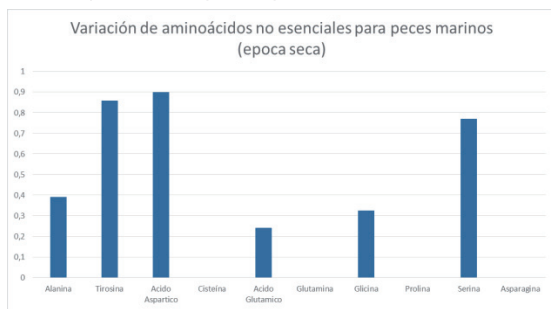


Figura 19. Aminoácidos esenciales presentes en el hidrolizado de desechos de peces marinos para la época lluviosa.

Las Figuras 20 y 21 muestran esta variación para los aminoácidos no esenciales entre la época seca y la lluviosa.

Por ser la tilapia un pez en cautiverio cuya dieta y condiciones no varían durante todo el año, no se consideró necesario hacer determinación individual del perfil de aminoácidos para las épocas seca y lluviosa. Las figuras 22 y 23 muestran el perfil de los aminoácidos esenciales y no esenciales respectivamente.

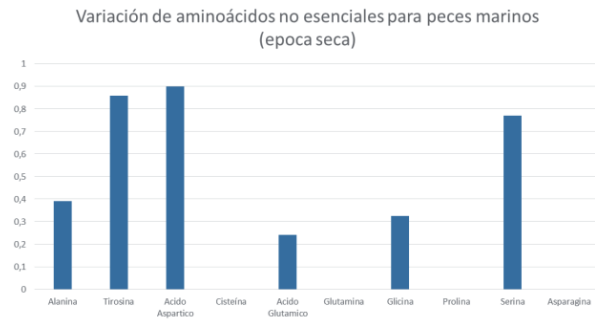


Figura 20. Aminoácidos no esenciales presentes en el hidrolizado de desechos de peces marinos para la época seca.

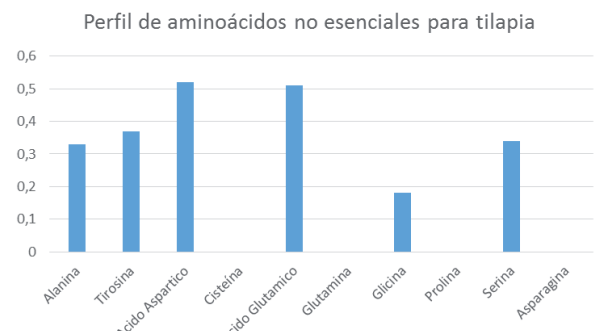


Figura 21. Aminoácidos no esenciales presentes en el hidrolizado de desechos de peces marinos para la época lluviosa.

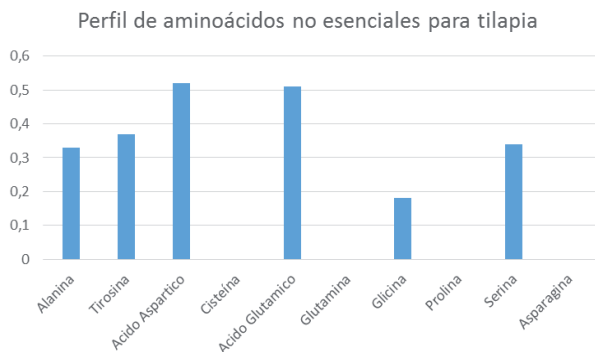


Figura 22. Aminoácidos esenciales presentes en el hidrolizado de tilapia.

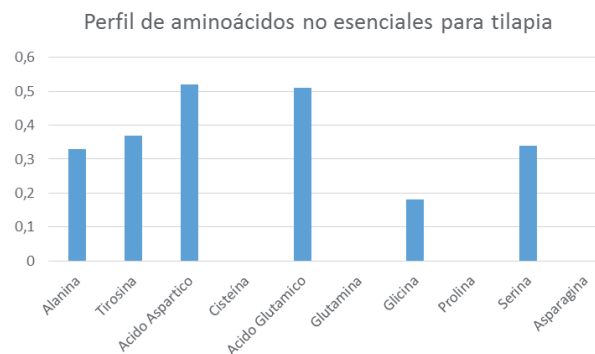
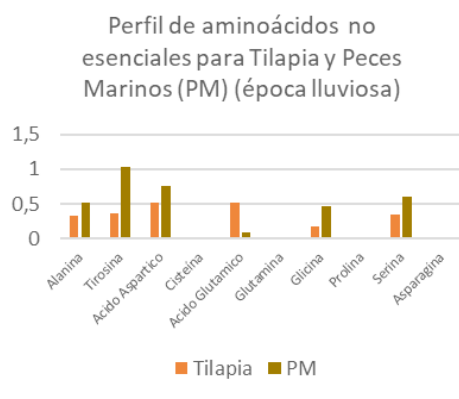


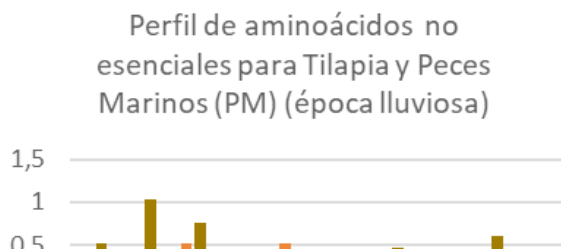
Figura 23. Aminoácidos no esenciales presentes en el hidrolizado de tilapia.



**Figura 24.** Aminoácidos esenciales presentes en los hidrolizados de peces marinos y de tilapia para la época seca.



**Figura 25.** Aminoácidos esenciales presentes en los hidrolizados de peces marinos y de tilapia para la época lluviosa.



**Figura 26.** Aminoácidos no esenciales presentes en los hidrolizados de peces marinos y de tilapia para la época seca.



**Figura 27.** Aminoácidos no esenciales presentes en los hidrolizados de peces marinos y de tilapia para la época lluviosa.

## CONCLUSIONES

Las vísceras presentes en los desechos de la pesca artesanal y de la piscicultura, son una fuente de enzimas con alta actividad proteolítica, y poseen el potencial para ser empleadas en el desarrollo de hidrolizados proteicos.

Se ha demostrado que el hidrolizado producido a partir de desechos de la pesca artesanal y de la piscicultura es una buena fuente de proteína y aminoácidos, aportando específicamente aminoácidos esenciales como la lisina y leucina por lo que este tipo de productos, representan una alternativa más sustentable que la producción de harina de pescado. Su relativa facilidad de producción y bajos requerimientos de infraestructura y equipamiento lo hacen ideal para ser aplicados en pequeñas comunidades pesqueras.

La combinación de ácidos orgánicos y aminoácidos, como la obtenida en el hidrolizado enzimático, es una herramienta que combina el máximo crecimiento con la sostenibilidad de una nutrición amigable con el ambiente y que puede ser utilizada tanto para animales como para plantas.

El hidrolizado de pescado puede ser utilizado como suplemento alimenticio en las dietas de animales. Teniendo en cuenta que la proteína es el componente de la dieta que promueve el crecimiento de los organismos; que el valor de una proteína, desde el punto de vista nutricional, está dado por su contenido de aminoácidos y que el organismo animal no puede sintetizar algunos aminoácidos integrantes de las proteínas animales, es importante que las proteínas o los suplementos (en este caso el hidrolizado) de los alimentos deben contenerlos para suministrárselos al animal.

Las características principales del hidrolizado enzimático son las siguientes:

1. Los ácidos orgánicos utilizados en su elaboración hacen que el producto tenga un pH inferior a 4,4. Cuando este es consumido por los organismos vivos, acidifica el tracto digestivo previniendo el crecimiento de microorganismos patógenos y mejorando la salud de los animales.
2. El contenido enzimático ayuda a hidrolizar las proteínas del alimento y por lo tanto incrementa la absorción de nutrientes optimizando el crecimiento y reduciendo significativamente el ciclo de cultivo.
3. Los aminoácidos son un atrayente poderoso que incrementan la velocidad de consumo de alimento, disminuyen las pérdidas y como resultado reducen



el factor de conversión alimenticia y por consiguiente el costo de alimentación.

4. Mejora el crecimiento y la calidad los especies de cultivo.
5. Es de fácil aplicación en las dietas.
6. Es un coctel de aminoácidos esenciales producido de una manera natural y orgánica.
7. Provee los macro y micro nutrientes requeridos para un crecimiento saludable.
8. Al combinarse con alimento balanceado, descontamina el alimento por efecto del pH ácido.

En cuanto a su aplicación en la agricultura, podemos mencionar que de acuerdo a los resultados obtenidos en estudios realizados en la Universidad de Washington con un fertilizante hidrolizado de subproductos de pescado, este puede ser un producto excelente para el crecimiento de las plantas y mejora de las cosechas y lo más importante es que proviene de una fuente renovable de materia prima en lugar de una fuente no renovable como es el caso de los agroquímicos que han sido usados extensivamente. En resumen, un producto hidrolizado:

1. Provee los macro nutrientes requeridos para un crecimiento saludable
2. Provee los micro nutrientes requeridos para un crecimiento saludable
3. Es de fácil aplicación en el suelo y como abono foliar
4. Mejora las cosechas y la calidad de las plantas cultivadas
5. Reduce el costo de fertilización, basado en la producción
6. Se puede usar como estabilizador de pH en al proceso de aplicación de pesticidas.

El hidrolizado de pescado es una fuente excelente de N: P:K (nitrógeno, fósforo y potasio) y contiene metales traza, mantiene todos los nutrientes y proteínas y permite que estos compuestos estén altamente disponibles para los animales o las plantas que los consumen. El proceso de fabricación hace a los nutrientes altamente hidrosolubles por lo que puede ser añadido directamente al agua de beber para los animales o en aplicaciones foliares o riego por goteo para las plantas. Debido a su alto contenido de minerales, ayuda a mantener el balance del suelo y de hecho mejor su calidad como si fuera una enmienda orgánica. El contenido de N:P:K es 4:2:2 que es bastante bajo, pero usado

con un poco más de frecuencia este producto tiene mejores, o al menos iguales, resultados que un fertilizante de base 20:20:20 para las plantas o una fuente proteica de 20% para animales.

### RECOMENDACIONES

Durante el período de preparación de este artículo, la costa de Ecuador fue golpeada por un terremoto de gran magnitud que devastó poblaciones pesqueras de la Provincia de Manabí y Esmeraldas. La metodología desarrollada en este proyecto es fácil de transferir y el costo de implementación es bajo por lo que puede convertirse en una alternativa para la generación de empleo y reactivación productiva de estas comunidades.

Es necesario establecer las dosis y forma de aplicación del hidrolizado en dietas para animales acuáticos y terrestres de importancia económica así como para cultivos agrícolas relevantes del país. Por lo que es recomendable continuar las investigaciones en este sentido.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adler-Nissen, J. (1986). *Enzymic hydrolysis of food proteins*. London: Elsevier Applied Science Publishers, (pp.427-450).
- Aquerreta-Apesteguía, Y. (2000). Pescado. En I. Astiasarán y A. Martínez (eds.), *Alimentos (Composición y Propiedades)* (pp. 29-52). Madrid-España: McGraw-Hill Interamericana.
- Benítez, R., Ibarz, A., y Pagan, J. (2008). Hidrolizado proteínas: procesos y aplicaciones. *Acta Bioquím Clín Latinoam*, 42(2), 227-236.
- Camacho, B., Moreno, D., García, M., Medina, D., y Sidorovas, C. (2007). Caracterización de un hidrolizado proteico enzimático obtenido del pez caribe colorado (*Pygocentrus cariba* Humboldt, 1821). *Interciencia*, 32(3), 188-194.
- Faid, M., Zouiten, A., Elmarrakchi, A., & Achkari-Begdouri, A. (1997). Biotransformation of fish waste into stable feed ingredient. *Food chem*, 60(1), 13-8.
- FAO. (2013). *Pesca y Acuicultura*. Recuperado de <http://www.fao.org/fishery/facp/ECU/es>
- FAO. (2016). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos*, 224 pp. Li, Z.-Y., Youravong, W., & H-Kittikun, A. (2010). Protein hydrolysis by protease isolated from tuna spleen by membrane filtration: A comparative study with commercial proteases. *LWT-Food Science and Technology*, 43(1), 166-172.
- Mahendrakar, A. J. (1995). Acceleration of fish viscera silage by prefermented starter culture.

- Irish Journal of Agriculture and Food Research*, 35(2), 171-177.
- Raa, J., Gildberg, A., & Strom, T. (1983). *Silage Production-theory and practice*. (T. A. In: Ledward D, Ed.) London: Butterworths: Upgrading waste for feeds and food. Si es un capítulo de libro debe precisarse el nombre del libro y las páginas que abarca el capítulo. Si lo señalado es el nombre del libro entonces faltaría el título del capítulo.
- Rodríguez, J. C., Cabello, A. M., Figueroa, B., Ramos, M., y Ballenilla, O. (2001). Caracterización y aprovechamiento del caribe colorado (*Pygocentrus cariba* Humbolt 1821) para elaborar productos alimenticios. *Interciencia*, 26, 161-165.
- Shahidi, F., Han, X., & Synowieki, J. (1995). Production and characteristics of protein hydrolysates from capelin (*Mallotus villosus*). *Food chemistry*, 53, 285-293.
- Sikorski, Z., & Sun Pan, B. (1994). Preservation of seafood quality. (F. Shahidi, & J. R. Botta, Edits.) *Seafoods: Chemistry, Processing Technology and Quality*. Si es un capítulo de un libro, debe aparecer el nombre del capítulo y del libro, la editorial, las páginas que abarca el capítulo.