



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA  
SALUD ANIMAL  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
NUTRICIÓN ANIMAL

“DETERMINACIÓN DE LA ENERGÍA METABOLIZABLE Y LA DIGESTIBILIDAD ÍLEAL  
APARENTE DE LOS AMINOÁCIDOS DE LA HARINA DE CALAMAR GIGANTE (*Dosidicus gigas*)  
Y SU EMPLEO EN DIETAS PARA POLLO DE ENGORDA”

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y SALUD ANIMAL

PRESENTA  
LUZ LYNETTE TEJEDA JARERO

TUTOR PRINCIPAL  
MARIA ELENA CARRANCO JAUREGUI – INNCMSZ

COMITÉ TUTORAL  
BENJAMIN FUENTE MARTINEZ - FMVZ  
SILVIA CARRILLO DOMINGUEZ - INNCMSZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX.

ENERO DE 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Dedicatorias

*A mis profesores, familia y amigos.*

## Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) que a través del Programa de Maestría en Ciencias de la Producción y Salud Animal me permitió cumplir una meta propuesta más.

Al Departamento de Nutrición Animal y Ciencia y Tecnología de los Alimentos del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ) por el apoyo recibido para la realización de los análisis de laboratorio y evaluación sensorial.

Al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAv) por las facilidades brindadas para la realización de los ensayos biológicos.

A la empresa EVONIK Laboratories por su valiosa ayuda en la realización de análisis de laboratorio.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por su colaboración para la realización de análisis de laboratorio.

## Resumen

En México, 5.54 kg de cada 10 kg de proteína disponibles para la alimentación de la población son provistos por productos avícolas. Dado que en esta industria el alimento de las aves equivale por lo menos a un 60% del costo de la producción total, surge la necesidad de encontrar ingredientes alternativos “no convencionales” que puedan solventar los requerimientos de proteína sin sacrificar la calidad y rendimiento de las parvadas. Por ello el presente trabajo sugiere el uso de la harina de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) como fuente de proteína en sustitución parcial de la pasta de soya. Los objetivos se centraron en determinar la energía metabolizable aparente y la digestibilidad íleal aparente de los aminoácidos de la harina de calamar y en la evaluación de variables productivas al utilizar inclusiones de 16 y 20%. Se diseñaron dos experimentos con 96 y 72 pollitos mixtos Ross 308 de un día de edad, para el primero y segundo objetivos respectivamente. Se determinó que la energía metabolizable aparente de la harina de calamar gigante fue de 3376.15 kcal/kg y el promedio de los coeficientes de la digestibilidad ileal aparente corregida a balance nitrogenado cero de los aminoácidos esenciales y no esenciales fue de 73.7 y 71.7%, respectivamente. Al ser incorporada en inclusiones de 16 y 20% en un ciclo de 6 semanas, no hubo diferencia significativa ( $p>0.05$ ) entre tratamientos para las variables ganancia de peso e índice de conversión. El consumo de alimento fue menor ( $p>0.05$ ) con 20% de inclusión de harina de calamar durante la etapa de crecimiento. El rendimiento de la canal caliente o el sabor de la carne de pollo tampoco se vieron afectados por la inclusión de harina de calamar; el amarilleamiento cutáneo *in vivo* obtenido se encontró dentro de los rangos que satisfacen al mercado mexicano.

Palabras clave: Harina de Calamar, energía metabolizable, digestibilidad ileal aparente.

## Abstract

In Mexico, 5.54 kg of every 10 kg of available protein for the population are provided for poultry products. Considering that poultry feeding is the equivalent of at least 60% of the total production costs, find alternative “non-conventional” ingredients which allow solving protein requirements without giving quality and flock performance up are needed. For which reason, this study suggests the jumbo squid meal as a protein source in partial replacement of the soybean meal. The objectives were focused in apparent metabolizable energy and amino acid apparent ileal digestibility of jumbo squid meal determination, and in the evaluation of broiler performance with 16 and 20% of inclusion levels. Ninety-six and seventy-two day-old mixed Ross 308 birds were assigned into two experiments to achieve the first and second objectives respectively. The squid meal’s apparent metabolizable energy was 3376.15 kcal/kg and the apparent ileal digestibility average for essential and non-essential amino acids was 73.7 and 71.7% respectively. When it was incorporated in a 16 and 20% of inclusion levels in a 6-week cycle, no significant differences ( $p < 0.05$ ) were found between treatments for body weight gain, or feed: gain ratio. Feed consumption was reduced ( $p > 0.05$ ) in the jumbo squid meal 20% inclusion on the grower stage. Neither carcass yield nor meat taste was affected for the jumbo squid meal inclusion levels; *in vivo* skin yellowness rate obtained was enough to satisfy the Mexican market.

Key words: Squid meal, metabolizable energy, apparent ileal digestibility

## Índice de contenido

Introducción .....	1
Antecedentes .....	2
Alimentación del pollo de engorda .....	6
Fuentes de proteína .....	7
Digestibilidad .....	8
Alimentos convencionales utilizados en la alimentación del pollo de engorda como fuente de proteína .....	14
Alimentos no convencionales utilizados como fuente de proteína en la alimentación del pollo de engorda .....	16
Descripción taxonómica y biológica del calamar gigante .....	20
Justificación .....	26
Hipótesis .....	27
Objetivos .....	27
Materiales y Métodos .....	28
Experimento 1 .....	28
Composición química de la harina de calamar gigante ( <i>Dosidicus gigas</i> ) .....	28
Formulación de las dietas experimentales y análisis de nutrientes de las dietas .....	29
Ensayo biológico .....	31
Energía metabolizable de la HCG .....	31
Determinación de la digestibilidad íleal aparente de los aminoácidos de la HCG .....	32

Análisis estadístico.....	34
Experimento 2.....	34
Formulación de las dietas experimentales y análisis de nutrientes de las dietas.....	35
Ensayo biológico .....	35
Análisis estadístico.....	40
Resultados y Discusión.....	43
Experimento 1.....	43
Composición química de la HCG ( <i>Dosidicus gigas</i> ) .....	43
<i>Compuestos nitrogenados: proteína, NNP, aminoácidos totales y         coeficientes de digestibilidad.....</i>	43
<i>Energía metabolizable aparente corregida a balance cero de nitrógeno. ...</i>	50
Ensayo biológico .....	50
Experimento 2.....	52
Ensayo biológico .....	52
<i>Rendimiento de la canal caliente.....</i>	55
<i>Amarilleamiento cutáneo in vivo.....</i>	56
<i>Evaluación sensorial .....</i>	61
Conclusiones .....	65
Sugerencias .....	65
Perspectivas .....	66
Referencias.....	67
Anexos.....	82



## Índice de cuadros

Cuadro 1. Clasificación de los aminoácidos para el pollo de engorda.....	7
Cuadro 2. Precio de la pasta de soya en pesos mexicanos por tonelada métrica de junio 2013 a mayo 2018.....	15
Cuadro 3. Recursos marinos de origen animal no tradicionales utilizados como fuente de proteína en la formulación de dietas para pollo de engorda.....	18
Cuadro 4. Composición química del calamar gigante fresco.....	22
Cuadro 5. Valor nutricional de la harina de calamar gigante.....	23
Cuadro 6. Perfil de aminoácidos de la harina de calamar (g/100 g de proteína).....	24
Cuadro 7. Composición de las dietas experimentales para pollitos de engorda de 0 a 21 días de edad con diferentes inclusiones de harina de calamar ( <i>Dosidicus gigas</i> ) en sustitución parcial de la pasta de soya (kg/ton).....	30
Cuadro 8. Composición de las dietas de iniciación para pollos de engorda de 0 a 10 días de edad con diferentes niveles de inclusión de harina de calamar ( <i>Dosidicus gigas</i> ) en sustitución parcial de la pasta de soya (kg/ton).....	36
Cuadro 9. Composición de las dietas de crecimiento para pollos de engorda de 11 a 24 días de edad con diferentes niveles de inclusión de harina de calamar ( <i>Dosidicus gigas</i> ) en sustitución parcial de la pasta	

de soya (kg/ton).....	37
Cuadro 10. Composición de la dieta de finalización para pollos de engorda de 25 a 42 días de edad con diferentes niveles de inclusión de harina de calamar ( <i>Dosidicus gigas</i> ) en sustitución parcial de la pasta de soya (kg/ton).....	38
Cuadro 11. Composición química de la harina de calamar gigante ( <i>Dosidicus gigas</i> ).....	44
Cuadro 12. Contenido de proteína cruda de diferentes harinas de calamar entero ( <i>Dosidicus gigas</i> ) determinadas por otros autores.....	45
Cuadro 13. Comparativo del contenido de proteína y aminoácidos totales de la harina de calamar gigante con otras fuentes de proteína utilizadas en la avicultura comercial.....	46
Cuadro 14. Comparación de los coeficientes de digestibilidad de los aminoácidos de la harina de calamar gigante ( <i>Dosidicus gigas</i> ) obtenidos en dos ensayos a partir de pollos de engorda de 21 días de edad.....	48
Cuadro 15. Comparativo de los coeficientes de digestibilidad de los aminoácidos de la harina de calamar gigante ( <i>Dosidicus gigas</i> ) y de la pasta de soya.....	49
Cuadro 16. Variables productivas obtenidas de los pollos de engorda a los 21 días de edad alimentados con diferentes inclusiones de harina de calamar ( <i>Dosidicus gigas</i> ) en su dieta.....	51
Cuadro 17. Variables productivas en fase de iniciación, crecimiento y finalización en pollo de engorda.....	52
Cuadro 18. Variables productivas del ciclo completo de 42 días en pollo de engorda.....	53

Cuadro 19. Contenido de aminoácidos digestibles en las dietas testigo e inclusión 16 y 20% de harina de calamar gigante.....	54
Cuadro 20. Variables productivas del ciclo completo de 42 días en pollo de engorda.....	55
Cuadro 21. Peso vivo y porcentaje de rendimiento de la canal a los 42 días de edad en pollo.....	56
Cuadro 22. Amarilleamiento cutáneo <i>in vivo</i> obtenido a los 42 días de edad en pollos de engorda alimentados con diferentes inclusiones de harina de calamar en sustitución parcial de la pasta de soya.....	57
Cuadro 23. Resultados de la evaluación sensorial de las piezas pechuga y pierna + muslo de pollos alimentados con dietas con diferentes porcentajes de inclusión de Harina de Calamar.....	61

## Índice de figuras

Figura 1. Principales países productores de carne de pollo en 2017.....	3
Figura 2. Producción pecuaria nacional 2017 (participación porcentual).....	3
Figura 3. Producción industrial avícola 2017.....	4
Figura 4. Aporte de proteína por el sector avícola 2017.....	5
Figura 5. Producción y consumo aparente de pollo.....	5
Figura 6. Volumen mundial de producción de la pasta de soya en millones de toneladas. (Año de estimación 2018).....	15
Figura 7. Vista dorsal del calamar gigante ( <i>Dosidicus gigas</i> ).....	20
Figura 8. Amarillamiento cutáneo en pollos alimentados con diferentes porcentajes de sustitución de harina de calamar gigante.....	58
Figura 9. Canales de pollos de engorda alimentados con diferentes inclusiones de harina de calamar ( <i>Dosidicus gigas</i> ) a las 24 horas post mortem.....	60
Figura 10. Porcentaje de preferencia de los jueces sobre la carne de pechuga.....	63
Figura 11. Porcentaje de preferencia de los jueces sobre la carne de pierna + muslo .....	64

## Introducción

A nivel mundial la producción de carne de pollo ha aumentado 3.4% entre 2006 y 2015, representando dos tercios del total de consumo de carne. En México la avicultura constituye el 55.4% de las actividades generadoras de proteína (carne y huevo) para consumo humano. En el 2017, con una producción de 63.8%, encabezó la producción pecuaria nacional; en ella la carne de pollo tuvo una participación del 34.7%. El consumo *per capita* en este mismo año se estableció en 32.24 kg y se prevé que para el 2018 aumente a 32.88 kg.

Para que estos indicadores continúen a la alza el principal reto al que se enfrentan los avicultores es mantener la rentabilidad de la industria. Al respecto, se puede mencionar que, del costo total de la producción de carne de pollo, la alimentación de los animales es el principal rubro que genera gastos. Por lo anterior, las industrias que se dedican a la formulación de alimentos balanceados, en la cual México ocupa el cuarto lugar con 20% de la producción del total latinoamericano, se encuentran en una constante búsqueda de recursos no tradicionales, económicamente viables, que no sacrifiquen la calidad de la dieta y por ende las variables productivas.

Uno de estos posibles recursos es el calamar gigante (*Dosidicus gigas*), cefalópodo que se distribuye a lo largo del continente americano desde California, Estados Unidos hasta el sur de Chile. Algunos estudios señalan que tiene un alto contenido de proteína, pero la información que se ha publicado sobre este aspecto y otros más es escasa. De hecho, no se sabe cuán disponible es esta proteína para las aves. Por ello, el objetivo de este estudio es conocer la digestibilidad de los aminoácidos de la proteína del calamar y su contenido de energía metabolizable, aspectos de gran importancia a considerar en la formulación de las dietas para los pollos de engorda.

## **Antecedentes**

### **Situación de la avicultura a nivel mundial y en México**

El crecimiento demográfico de los países en desarrollo será el principal detonante para el aumento de la producción de alimentos con el fin de satisfacer las necesidades de la población mundial, con tendencia creciente al consumo de carne (DIEES, 2016).

A escala mundial, esta tendencia proyecta para el 2026 que la producción total de carne tenga un incremento (en base al periodo 2014-2016) del 13%, esto es 39 millones de toneladas para alcanzar casi 353 millones de toneladas impulsado por la carne de ave de corral. Ésta producción continuará siendo dominada por China, Unión Europea, Estados Unidos y Brasil, sin embargo, otros países en desarrollo como Argentina, India, Indonesia, México, Pakistán y Vietnam destacaran por su potencial participación en este aumento adicional (OECD/FAO, 2017).

La carne de ave de corral será la que encabezará la demanda como fuente de proteína para la población en comparación con las carnes rojas, estimando que la producción de carne de ave represente casi el 45% del consumo adicional del total de carnes debido a los bajos costos de producción y menores precios de los productos comparados con otras carnes (OECD/FAO, 2017).

Actualmente, los reportes preliminares de la Unión Nacional de Avicultores (UNA, 2018), sitúan a México como el sexto país productor de carne de pollo con una participación de 3.400 millones de toneladas (MT) (figura 1) después de Estados Unidos (18.596 MT), Brasil (13.250 MT), China (11.600 MT), India (4.400 MT) y Rusia (3.870 MT).

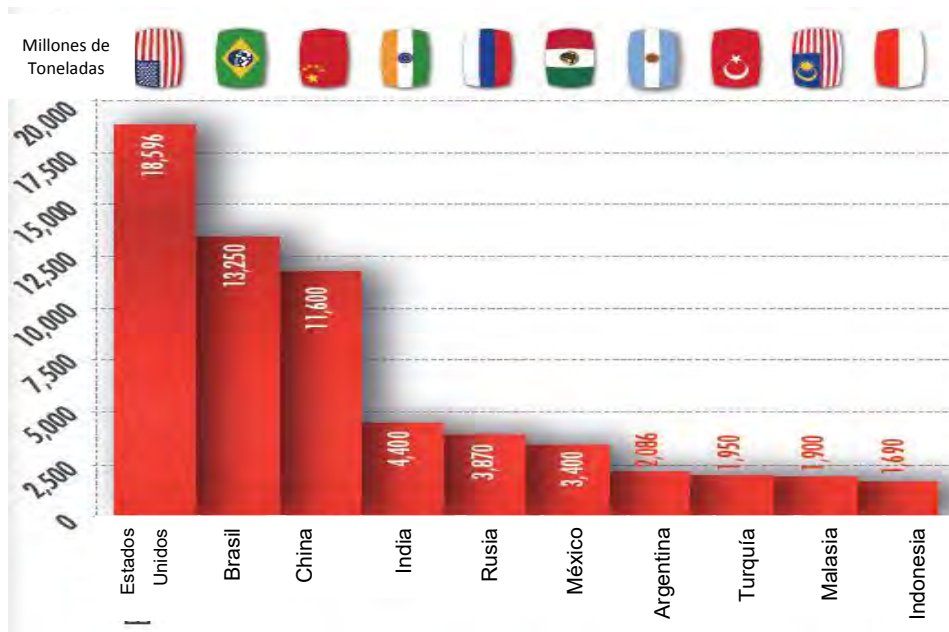


Figura 1. Principales países productores de carne de pollo en 2017.  
(UNA,2018)

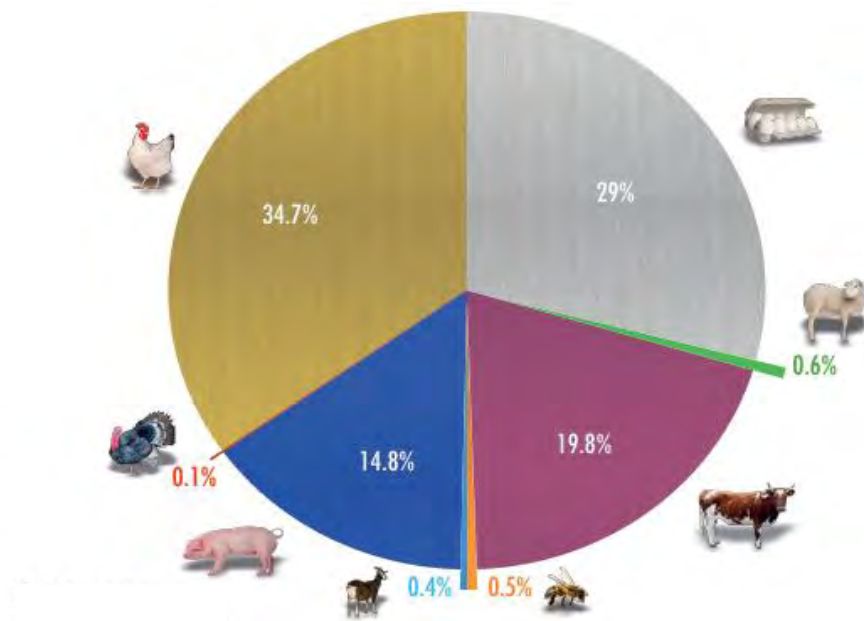


Figura 2. Producción pecuaria nacional 2017 (participación porcentual) .  
(UNA,2018).

En el mismo año, a nivel nacional, esta industria se situó en el primer lugar de la producción pecuaria (figura 2), con una participación total de 63.8%, de la cual, 54.38% corresponde a la producción de pollo, 45.45% a la producción de huevo el 0.15% restante, a la producción de pavo (figura 3).

Producto	Volumen Toneladas	Valor de la Producción (Millones de Pesos)
Huevo 	2,718,476	49,504
Pollo 	3,383,287	92,053
Pavo 	9,687	659
<b>Total</b>	<b>6,111,450</b>	<b>142,216</b>

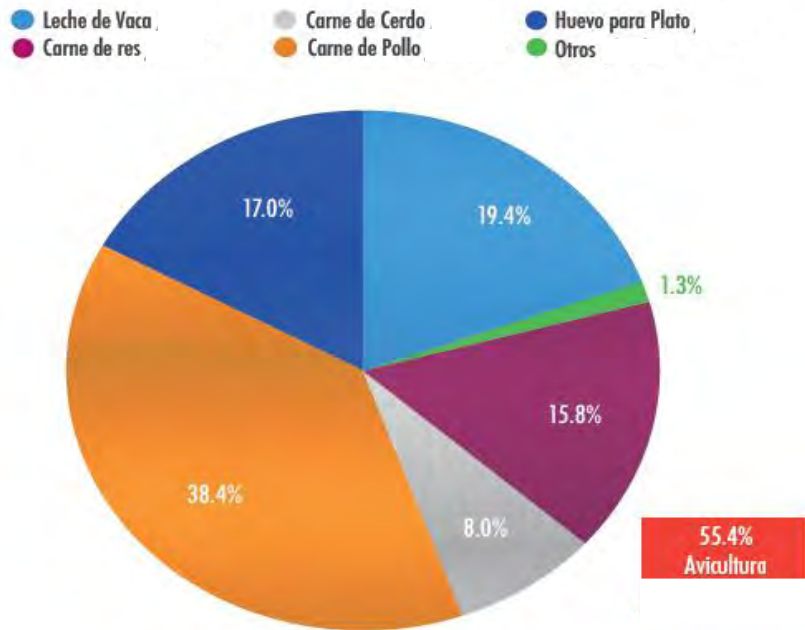
\* / US\$1,00 = +/-18.9098 México pesos

Figura 3. Producción industrial avícola 2017 (UNA, 2018).

En México, el sector agropecuario muestra a la avicultura como una de las principales actividades generadoras de proteína (carne y huevo), equivalente a 5.54 kg de cada 10 kg (figura 4) disponibles para la población, por ser un recurso accesible y versátil. El consumo aparente de carne de pollo estimado en 2017 fue de 32.24 kg *per cápita* al año y se calcula que para el año 2018 se incrementará a 32.88 kg, aproximadamente (figura 5); además, constituyó 0.737% del producto interno bruto y proporcionó una fuente de empleos (directos e indirectos) importante para la población mexicana, teniendo un crecimiento de 82% durante el periodo 1994 – 2017 (UNA, 2018).

Estos indicadores hacen evidente el crecimiento de la industria de la carne de pollo en México, misma que, para responder a los requerimientos de la población en constante crecimiento, necesita de investigaciones que le permitan ser aún más competitiva.





Otros: carne de pavo, caprino, ovino y leche de cabra

Figura 4. Aporte de proteína por el sector avícola 2017 (UNA, 2018).

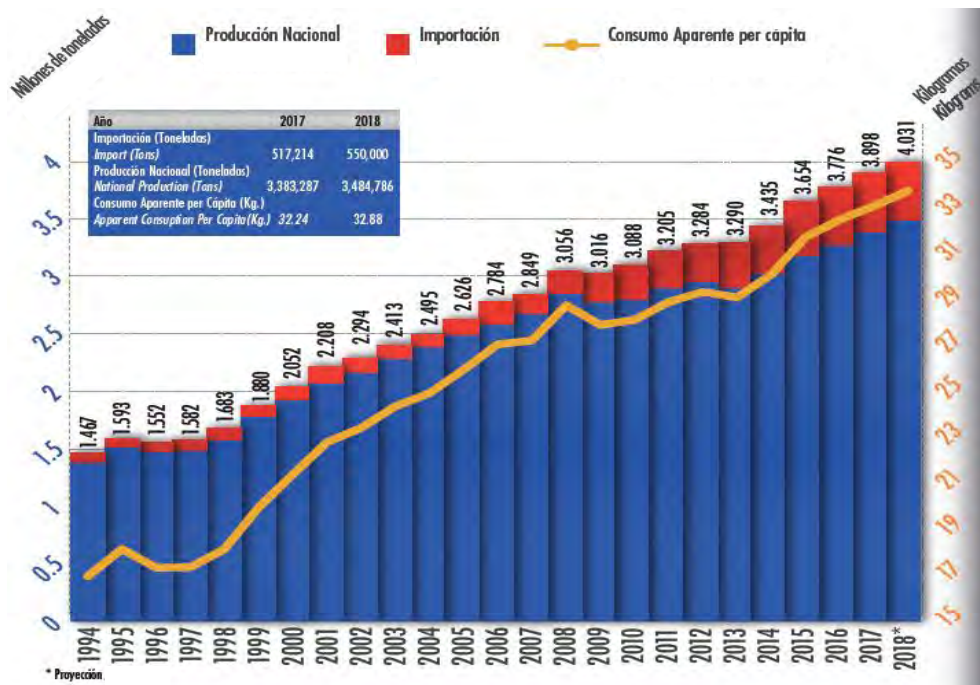


Figura 5. Producción y consumo aparente de pollo (UNA, 2018).

## Alimentación del pollo de engorda

Dentro del costo de producción total, la alimentación es el rubro de mayor impacto, pues representa mínimo 63% de los costos (UNA, 2018). La industria avícola se lleva 44% de la producción de alimentos balanceados a nivel mundial y un tercio de este porcentaje se encuentra dividido entre China y Estados Unidos que son los mayores productores, seguidos de Brasil y México que ha registrado el mayor número de toneladas métricas producidas en 2016. El costo de éstas formulaciones balanceadas ha aumentado un 40% para ponedoras y reproductoras (Alltech, 2017). Desafortunadamente, no se mencionan datos para pollos de engorda, pero al tener rendimientos mayores que ponedoras y reproductoras (ligeras y semi-ligeras) podría suponerse que los costos, de igual manera, tenderían a la alza.

Para que el desempeño de las aves sea óptimo, es necesario proporcionar a los animales un correcto balance de nutrimentos (energía, proteína, aminoácidos, vitaminas, minerales y ácidos grasos), formulando las dietas para que cumplan los requerimientos del mercado y la estirpe a utilizar.

El valor total de la energía bruta de un alimento no se utiliza completamente ya que debe ser digerido, absorbido y metabolizado antes de que su energía pueda liberarse. Al consumir un alimento el animal satisface en primer lugar sus necesidades de mantenimiento, como lo es su metabolismo basal, la actividad voluntaria y la termorregulación, y en segundo lugar la producción de carne y plumas. Si la ración es baja en energía, las aves consumirán una mayor cantidad de alimento para cubrir sus necesidades energéticas de acuerdo con su etapa de producción. Además, ocurre un desvío de proteína para utilizarla como fuente de energía para el desarrollo los tejidos (Ávila, 2010).

## Fuentes de proteína

Las proteínas participan en la mayoría de las reacciones vitales del metabolismo animal. Están compuestas por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, de los cuales, éste último es el más sobresaliente, pues se encuentra conformando un 16% de la proteína.

A su vez las proteínas están compuestas por aminoácidos necesarios para realizar las funciones biológicas del cuerpo. Cada proteína tiene un patrón definido de aminoácidos y, de acuerdo a su capacidad de síntesis del organismo, pueden clasificarse en: esenciales, que son aquellos que no se sintetizan en el cuerpo o lo hacen muy lentamente y que por lo tanto deben suministrarse en la dieta, y en no esenciales, que si son generados por el organismo a partir de sustratos simples (Cuadro 1) (Ávila, 2010).

Cuadro 1. Clasificación de los aminoácidos para el pollo de engorda.

Aminoácidos esenciales	Aminoácidos no esenciales
Metionina	Alanina
Cisteína	Serina
Lisina	Glicina
Treonina	Prolina
Valina	Ácido aspártico
Arginina	Ácido glutámico
Triptófano	Asparagina
Histidina	Glutamina
Leucina	Hidroxiprolina
Isoleucina	Tirosina
Fenilalanina	

Fuente: Ávila, 2010

La manera de medir el aprovechamiento de un alimento o la utilización de su componente proteico es a través de ensayos de digestibilidad, pues no basta con que un alimento tenga altos porcentajes de proteína: ésta debe ser digerible para

poder ser asimilada. Por lo tanto, la digestibilidad constituye un indicador de calidad de la materia prima (Manríquez, 1994).

## Digestibilidad de las proteínas

La determinación de la digestibilidad del componente proteico es necesaria para la adecuada formulación de una dieta para monogástricos, pues, en conjunto con las fuentes energéticas, representan el mayor costo en las dietas, además de las implicaciones ambientales y productivas que una formulación en exceso o deficiente conllevan (Hodgkinson, 2006). El valor nutritivo de la proteína en los ingredientes de los alimentos está determinado por el contenido y disponibilidad de sus aminoácidos (Ravindran y col, 2005).

Los términos digestibilidad y disponibilidad no son sinónimos, tienen diferente significado. Por ejemplo, se ha demostrado que la lisina presente en las harinas de semillas de oleaginosas procesadas en exceso puede formar compuestos que parecen digestibles, pero que no están disponibles para los pollitos (Parsons y col, 1992 citado por Lemme y col, 2004).

La digestibilidad puede definirse como la fracción de un nutrimento ingerido que es absorbido por el ave, es decir, que no es excretado (Salvador y García-Galicia, 1994; Lemme y col, 2004). La disponibilidad de un aminoácido se refiere a que es digerido, absorbido y utilizado por los animales para la formación de proteína corporal, ya que algunos aminoácidos pueden absorberse, pero no utilizarse con fines de mantenimiento o producción (Salvador y García-Galicia, 1994; Ravindran y col, 2005).

Por lo tanto, un alimento con proteína de calidad será aquel que presente mayor cantidad de aminoácidos esenciales; sin embargo, deben ser digestibles para establecer que su proteína posee un valor biológico alto (Bertechini, 2012).

## Factores que intervienen en la digestibilidad de las proteínas

Los principales componentes que alteran la digestibilidad de los nutrimentos se conocen como factores antinutricionales. Estos son sustancias resultado del metabolismo secundario de las plantas, generados como mecanismo de defensa o ante condiciones de estrés que, al ser ingeridas por los animales, reducen su consumo e impiden la digestión, la absorción y la utilización de los nutrimentos (Belmar y Nava, 2005).

Estos factores pueden clasificarse de la siguiente manera (Savón y Scull, 2006):

- Compuestos fenólicos: taninos, fitoestrógenos y cumarinas,
- Toxinas nitrogenadas: alcaloides, glicósidos cianogénicos, glucosinolatos, aminoácidos tóxicos, lectinas e inhibidores de proteasas
- Terpenos: lactosas sesquiterpénicas, glicósidos cardiotónicos y saponinas
- Hidrocarburos
- Poliacetilénicos
- Oxalatos
- Fitatos

Haciendo referencia a la soya, por ser un alimento de uso tradicional en la avicultura, uno de los factores antinutricionales que se encuentra en ella son los inhibidores de proteasas, que actúan, como su nombre lo indica, inhibiendo la actividad proteolítica de la tripsina y la quimotripsina. La inhibición de estas enzimas afecta de manera negativa el crecimiento, ya que reduce la digestibilidad de la proteína, incrementa los requerimientos de los aminoácidos azufrados, agranda el páncreas, estimula la secreción de enzimas pancreáticas, estimula la actividad de la vesícula biliar, reduce la energía metabolizable e inhibe la proteólisis (Badui, 2012).

La aplicación de calor al frijol soya, resulta benéfico para la remoción de estos factores; hoy en día es una práctica común en la industria de la alimentación. Sin embargo, un exceso de calor facilita la reacción de Maillard y la formación de compuestos Amadori dentro de la fracción proteica, lo cual reduce la disponibilidad de la lisina (Mateos y col., 2002; Hodgkinson, 2006). La reacción de Maillard es un proceso químico que se lleva a cabo en presencia de calor, en la cual se forman complejos proteína-carbohidrato (el grupo  $\epsilon$ -amino del aminoácido lisina reacciona con el grupo carbonilo de azúcares) indigestibles, es una reacción de oscurecimiento no enzimático cuyo producto final son las melanoidinas responsables del color pardo de los alimentos cocidos; sus compuestos intermedios contribuyen al olor y sabor de los mismos. Los compuestos Amadori que son producto de las reacciones tempranas de la reacción de Maillard son parcialmente absorbidos por el intestino, pero no tienen un valor nutricional para el ave (Bretensky y col., 2014 y Hodgkinson, 2006).

En productos proteínicos de origen animal, se han encontrado compuestos llamados aminas biogénicas (histamina, cadaverina, putrescina, espermina y espermidina), producto de la reacción de descaboxilación microbiana de los aminoácidos cuyos efectos reducen la eficiencia alimentaria y ocasiona un engrosamiento del proventrículo propiciando la proventriculitis (Barnes y col, 2001).

En las harinas de pescado se ha detectado el componente “mollerosina”, agente causal del “vómito negro”, que se encuentra en estos ingredientes cuando han sido sobrecalentados. Se forma a partir del proceso de calentamiento al reaccionar el aminoácido lisina con histidina, lo que induce una secreción prolongada (incluso mayor que la provocada por la histamina) de ácidos gástricos ocasionando lesiones en la molleja que van desde erosiones hasta perforaciones (Rosselot y col, 1996).

En el calamar no se han reportado factores antinutricionales comparables con algunos de los anteriormente citados. Ramírez (2008), al realizar un ensayo

biológico con gallinas Bovans, reporta una baja de postura al incluir 20% de harina de calamar en sus dietas; sin embargo, no menciona presencia de diarreas o vómito negro. Por otra parte, Toyas (2016) utilizó en gallinas de postura vísceras de calamar sometidas a dos diferentes tratamientos: secadas en una estufa de convección a 60°C por 24 horas y cocidas en agua en ebullición por 10 min y secadas en estufa a 60°C. Evaluó la producción diaria de huevo que fue menor sin importar el tratamiento, y el consumo de alimento, el cual fue significativamente menor para la presentación de harina de vísceras cocidas. Este estudio tampoco menciona efectos negativos en la salud de las gallinas.

## Digestibilidad íleal aparente, verdadera y estandarizada de los aminoácidos

Kong y Adeola (2014) definen a la digestibilidad íleal aparente (DIA) de los aminoácidos como la “desaparición neta del aminoácido dietético ingerido del tracto digestivo proximal al íleo distal”. Con esta definición no hay diferenciación del origen de los aminoácidos, entre los administrados en la dieta y los endógenos.

La digestibilidad íleal verdadera (DIV) sólo puede determinarse si se realiza una corrección de la DIA en el mismo ensayo por pérdidas endógenas específicas de aminoácidos, representadas por enzimas, hormonas, células muertas del intestino y aminoácidos libres (Leeson y Summers, 2001; Stein y col., 2007). La digestibilidad íleal estandarizada (DIE) se obtiene de valores de DIA publicados en la literatura usando una estimación de las recuperaciones de aminoácidos del contenido íleal y de la cantidad de proteína endógena basal (Lemme y col., 2004; Stein y col., 2007).

## Métodos para la medición de la digestibilidad de los aminoácidos en las aves

El conocimiento de los coeficientes de digestibilidad (CD) de los aminoácidos de los ingredientes, así como los requerimientos de aminoácidos digestibles, permite formular dietas más adecuadas a las necesidades del pollo de engorda, trayendo a su vez un beneficio económico por la precisión con la que se formulan (Rostagno y col., 1995).

Para el caso de los pollos de engorde, los datos antiguamente obtenidos de los ingredientes correspondían a la digestibilidad fecal verdadera realizada en gallos bajo condiciones de ayuno previo y posterior a la ingestión única del ingrediente experimental mediante alimentación forzada con la colecta total de heces. En estudios posteriores, los gallos eran cecotomizados para eliminar el efecto de los microorganismos del tracto digestivo posterior sobre la digestión, utilización y contribución a la proteína de la excreta. Los datos obtenidos eran inconsistentes, pues, la digestibilidad en un gallo adulto es diferente a la de un pollo en crecimiento (Huang y col., 2000; Lemme y col., 2004).

De acuerdo a lo mencionado, Ravindran y Bryden (1999) presentaron un método alternativo, que consiste en la recolección del contenido íleal de animales alimentados con dietas que contenían el ingrediente experimental y eran fortificadas con energía, vitaminas y minerales. Esto se acerca más a la realidad pues implica un comportamiento digestivo “normal” (Lemme y col, 2004; Locatelli y Lemme, 2007).

La digestibilidad íleal aparente (DIA) puede estimarse utilizando un marcador interno o incorporando un marcador externo (que no afecte la digestibilidad de los otros nutrimentos) a la dieta en una concentración conocida y recolectando muestras fecales en vez de una colección de heces completa. De acuerdo con el estudio de Lemme y col. (2004), la ventaja de manejar marcadores, como el dióxido



de titanio, es se elimina la necesidad de registrar el consumo de alimento y puede ofrecerse a libre acceso. En este caso se debe formular una dieta balanceada, pues el ofrecimiento solo del ingrediente experimental (alimentación precisa) podría ocasionar rechazo por parte del ave, deficiencias nutricionales y procesos digestivos “anormales”, que podrían tener un efecto directo sobre las secreciones endógenas, que consisten en enzimas, mucoproteínas y células de descamación, aumentando el error en la determinación de aminoácidos de este origen.

En resumen, a lo largo del tiempo, los ensayos de digestibilidad se han realizado de la siguiente manera:

- Alimentación precisa de gallos adultos con periodos de ayuno pre y post alimentación forzada de una concentración conocida del ingrediente experimental depositado directamente en el buche del ave con recolección total de excretas a partir de aves intactas y en años posteriores de la misma manera, pero con la utilización de aves cecotomizadas para evitar la influencia de microorganismos del tracto posterior sobre los valores de aminoácidos.
- El método directo que contempla el uso de marcadores y dietas formuladas con el ingrediente experimental como única fuente de aminoácidos, adicionadas con energía, vitaminas y minerales que promueve un comportamiento digestivo normal. En este método se colecta por arrastre con agua destilada el contenido del íleon posterior a través de la escisión quirúrgica del mismo después del sacrificio humanitario de las aves.
- El método por diferencia utiliza marcadores indigestibles y colecta de contenido íleal a partir de animales alimentados con dos dietas, una basal y una basal más el ingrediente experimental. En este método, con la diferencia entre dietas y la proporción del ingrediente desconocido se obtiene el valor de la digestibilidad (Lemme y col, 2004).

## Alimentos convencionales utilizados en la alimentación del pollo de engorda como fuente de proteína

Los alimentos convencionales son aquellos ingredientes elegidos comúnmente para formular las dietas de las aves. Algunos de ellos se utilizan como fuente de proteína y pueden ser de origen vegetal o animal. Estas últimas tienen un aporte mayor de vitaminas del complejo B, aminoácidos esenciales y minerales; sin embargo, si se procesan adecuadamente las proteínas de origen vegetal tienen un valor nutritivo similar las de origen animal.

La pasta de soya es uno de los ingredientes proteicos (43-50% de proteína cruda) de origen vegetal más utilizado. Posee un alto contenido de lisina y todos los aminoácidos esenciales, pero su contenido de metionina y cisteína es bajo. Si se procesa debidamente con tratamientos térmicos se destruye el factor antinutricional inhibidor de tripsina, que disminuye la digestión de la proteína (Ávila, 2010). Es uno de los recursos más utilizados para la elaboración de alimentos balanceados en la avicultura. Al respecto China, Estados Unidos y Argentina son los tres mayores productores a nivel mundial (figura 6.), mientras que México ocupa el octavo lugar en producción, con 3. 992 millones de toneladas (IndexMundi,2018). Su precio varía (cuadro 2) de acuerdo con la época del año, por lo que este indicador económico es un argumento más del por qué se están investigando nuevas fuentes para uso en la alimentación animal.

México se encuentra muy por debajo de los volúmenes de producción mundial, lo cual lo convierte en el sexto importador de pasta de soya con un estimado en 2017 de 2,350 miles de toneladas para cubrir el consumo nacional total de 6,050 miles de toneladas, de las cuales 50 mil toneladas se destinan para consumo humano (IndexMundi, 2018).

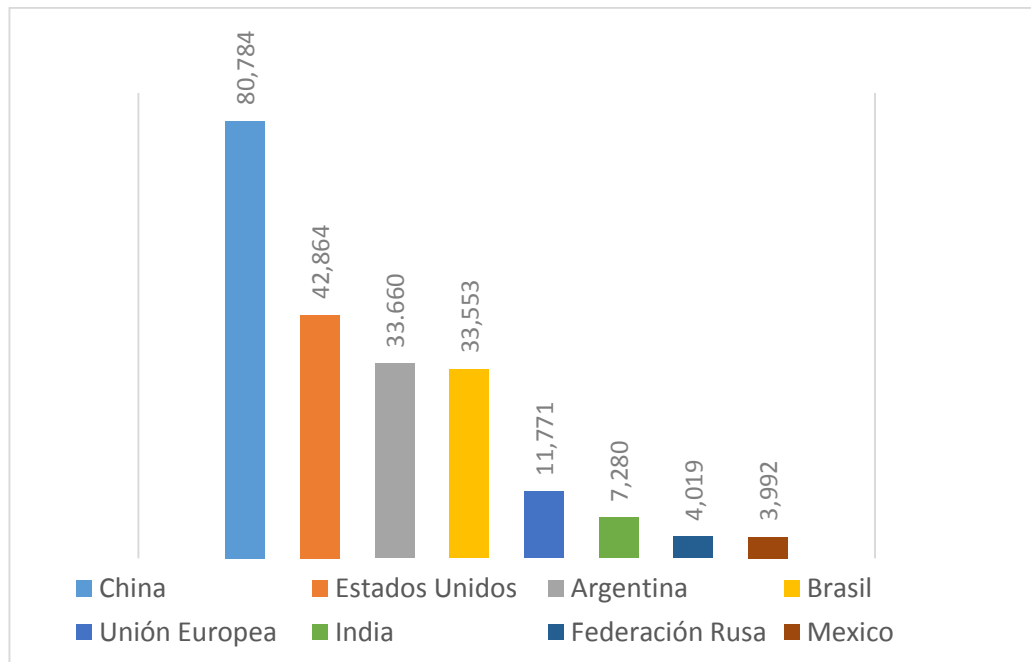


Figura 6. Volumen mundial de producción de la pasta de soya en millones de toneladas.(Año de estimación 2018). (www.indexmundi.com).

Cuadro 2. Precio de la pasta de soya en pesos mexicanos por tonelada métrica de junio 2013 a mayo 2018.

Mes	Precio
Junio, 2013	7,229.44
Junio, 2014	7,183.61
Junio, 2015	6,034.63
Junio, 2016	8,709.30
Junio, 2017	6,093.68
Junio, 2018	8,409.74

Fuente: IndexMundi, 2018.

Otro recurso son las harinas de pescado, generalmente de anchoveta, arenque, lacha, sábalo y otras especies. Su contenido de proteína es de alta calidad, en general superior a 55%; es rica en aminoácidos esenciales como lisina, metionina y triptófano. El calcio y fósforo que aporta están altamente disponibles para las aves. Es necesario acompañarlas siempre con antioxidantes. Su porcentaje

de inclusión no va más allá de 7% por su capacidad para transmitir olores y sabores a los productos avícolas (Ávila, 2010).

Cabe señalar que la mayor parte de la alimentación animal utiliza alimentos convencionales, por ejemplo, dietas a base de sorgo-soya o maíz-soya, lo que hace que los animales monogástricos (cerdos y aves) sean competidores del hombre en el consumo de granos (Audiffred, 1988).

Por lo antes descrito, y siendo la proteína uno de los ingredientes más caros en la formulación de un alimento balanceado, es importante la continua búsqueda de fuentes alternas que proporcionen el balance de aminoácidos necesarios para cubrir los requerimientos nutricionales de las aves. Los alimentos no convencionales, aparte de proporcionar proteína, tienen otros elementos aprovechables en la formulación de alimentos (minerales, pigmentos, ácidos grasos, etc.).

## Alimentos no convencionales utilizados como fuente de proteína en la alimentación del pollo de engorda

Trabajar con recursos alternativos implica, en primera instancia, conocer el ingrediente: su composición química, toxicidad, forma de conservación, disponibilidad y pruebas biológicas, entre otras características, para establecer sus efectos en la salud del animal e incluso en la calidad de los subproductos animales. Se han estudiado ingredientes no convencionales que, por encontrarse en cantidades suficientes por temporada o de manera permanente, con distribución regional o no y no ser aprovechados en la alimentación humana, pudieran ser elegibles para la alimentación animal.

A los ingredientes no convencionales se les define como: “Todo producto natural u obtenido mediante un cultivo, o resultante de la obtención de un producto primario, no utilizado actualmente o de manera escasa para la alimentación de

animales, con un mínimo de disponibilidad en períodos determinados, el cual aporta uno o más de los nutrimentos requeridos por el organismo animal para su normal desarrollo; además, debe ser inocuo en la forma y cantidad suministrada” (Audiffred, 1988).

Los recursos naturales no tradicionales de origen marino (cabezas de camarón, escamas, huesos, desechos de las pesquerías, conchas, algas, etc.), representan una opción no convencional para México ya que cuenta con una gran diversidad biológica, ecológica y cultural con gran potencial alimentario (Audiffred, 1988).

En el cuadro 3 se muestra una revisión de materias primas no convencionales de origen marino animal que han sido utilizadas como fuente de proteína en la formulación de dietas para pollo de engorda.

Además de lo ya mencionado, al utilizar estos recursos es muy importante tomar en cuenta la disponibilidad, la digestibilidad, la interacción con otros ingredientes y su efecto en el organismo animal, así como en la calidad de la carne. Esto debido a que su uso a diferentes inclusiones o sustituciones totales o parciales de los ingredientes convencionales se pueden conferir aromas, sabores o pigmentaciones desagradables (Poste, 1990) a los productos consumibles. Por ello es necesaria la evaluación organoléptica puesto que no basta obtener comportamientos productivos adecuados si finalmente el producto no será agradable al consumidor.

Otra ventaja del uso de materias primas alternativas en la producción de alimentos balanceados es una posible solución para lograr producciones ecológicamente sostenibles.

Cuadro 3. Recursos marinos de origen animal no convencionales utilizados como fuente de proteína en la formulación de dietas para pollo de engorda

Ingrediente	Autor (es)
Harina de calamar ( <i>Illex illecebrosus</i> )	Hulan y col., 1979
Hidrolizado de harina de pescado	Wu y col., 1984
Ensilado de vísceras de pescado	Krogdahl, 1985
Harina de subproductos de la pesca de camarón	Ilian y col., 1985
Ensilado de pescado a partir de la fauna de acompañamiento del camarón	Córdova y Bello 1986
Ensilado de pescado	Ologhobo y col, 1988
Harina de camarón	Botero, 1998
Ensilado de pescado elaborado por vía microbiológica	Guevara y col., 1991
Ensilado de residuos y desechos de sardina	Berenz, 1994
Harina de camarón	Rosenfeld, 1994
Ensilado de pescado	Bello y Fernández, 1995
Harina de desecho de camarón	Fanimo y col., 1996
Harina de camarón	Rosenfeld y col., 1997
Ensilado de desechos de atún	Vizcarra y col., 1999
Ensilado de pescado	Kjos y col., 2000
Harina de desechos de tilapia	Ponce, 2000
Harina de subproductos de tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	Ponce y Gernat, 2002
Harina de subproducto de tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	Maigualema y Gernat, 2003
Harina de desecho de camarón	Oduguwa y col., 2004
Harina de desecho de camarón	Okoye y col., 2005
Harina de desecho de cangrejo	Ojewola y col., 2005
Harina de desecho de camarón tigre negro	Khempaka y col., 2006
Harina de artemia	Zarei y col., 2006
Hidrolizado de desecho de camarón ( <i>Penaeus merguensis</i> )	Mahata y col., 2008
Ensilado de pescado ( <i>Scomberomorus maculatus</i> )	Santana y col., 2008
Harina de artemia	Aghakhanian y col., 2009
Ensilado de sardina	Al-Marzooqui y col., 2010
Harina de camarón	Ingweye y col., 2010
Harina de residuos de tilapia	Eyng y col., 2010
Ensilado de pescado y liofilizado de sardina	Al-Marzooqi y col., 2011
Harina de cabeza de camarón	Khempaka y col., 2011
Ensilado de pescado y polvo de desecho de surimi	Darsana y Sreekumar, 2012
Ensilado de atún ( <i>Thunnus atlanticus</i> )	Widjastuti y col., 2013
Harina de camarón	Castro, 2014
Harina de cangrejo ( <i>Procambarus clarkii</i> )	Gómez, 2014
Ensilaje de vísceras de tilapia roja ( <i>Oreochromis spp</i> )	Gómez y col., 2014
Harina de camarón tratada con ácido fórmico	Rahman y Koh, 2015
Ensilado seco de salmón	Valenzuela y col., 2015
Ensilado de restos de langostino ( <i>Litopenaeus vannamei</i> )	Sánchez y Ochoa, 2016
Harina de camarón tratada con ácido fórmico	Rahman y Koh, 2016
Ensilado seco de salmón	Dale y Valenzuela, 2016

En resumen, las investigaciones se han encaminado a la sustitución parcial o total de los ingredientes tradicionales, tomando en cuenta que en los recursos no convencionales se debe determinar (Savón ,2005):

- 1.- El valor nutritivo y caracterización química del ingrediente
- 2.- Los factores antinutricionales que podrían limitar la cantidad de ellos a utilizar
- 3.- La interacción de éstos con los procesos digestivos y fisiológicos del animal
- 4.- El establecimiento de los tratamientos físicos y/o químicos aplicables (henificación, ensilaje, extrusión, tratamientos ácidos-alcalinos, etc.) que favorezcan la disponibilidad de los nutrimentos

Un recurso marino que ha tenido poca difusión en la alimentación animal es el calamar gigante (*Dosidicus gigas*), única especie comercialmente explotada en México, de la cual sólo 11% del volumen total capturado se destina para el mercado nacional y el 89% restante se exporta a países como Japón, Corea, China, Filipinas y España, en diferentes presentaciones, otorgándole un mayor valor agregado.

Durante las temporadas de pesca, el excedente de este recurso puede llegar a representar una potencial fuente de contaminación al ambiente, ya que, así como sucede con otras especies marinas, del total capturado se aprovecha sólo 30-60% del volumen. Los excedentes se destinan a la producción de harina elaborada a partir del calamar entero, manto o vísceras (Ezquerria y col., 2007).

## Descripción taxonómica y biológica del calamar gigante

El calamar gigante (*Dosidicus gigas*) (figura 7), también llamado comúnmente pota, lula o “jumbo squid” (en inglés), es una especie pelágica, cuya clasificación taxonómica es la siguiente (d’Orbigny, 1985, citado por DOF, 2014, ITIS 2012):

Phylum: *Mollusca*

Clase: *Cephalopoda*

Orden: *Teuthoidea*

Suborden: *Oegopsina*

Familia: *Ommastrephidae*

Subfamilia: *Ommastrephinae*

Género: *Dosidicus*

Especie: *Dosidicus gigas*

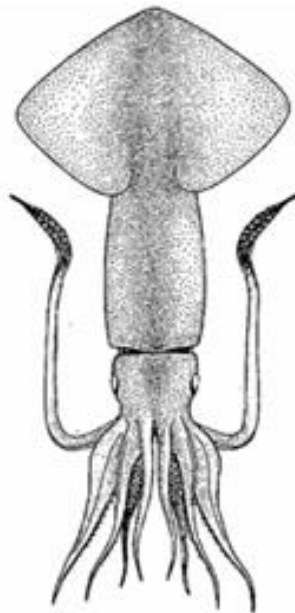


Figura 7. Vista dorsal del calamar gigante (*Dosidicus gigas*). Tomada de DOF (2014).

Su ciclo de vida es corto, de 1 a 2 años, aunque la edad máxima reportada es de 492 días. Puede alcanzar un tamaño máximo de 150 cm de longitud del manto (LM) y peso desde 30 hasta 50 kg. Durante la noche asciende para alimentarse de



crustáceos y peces mesopelágicos, cuando mide menos de 60 cm de LM, que es su periodo de madurez, y a LM mayores llega a presentar canibalismo. Se le considera un oportunista, ya que su presencia dependerá de la abundancia de los componentes de la cadena trófica inferior de los que se alimenta (Yamashiro y col., 2016). Su distribución a lo largo del continente americano comprende desde California, Estados Unidos, hasta el sur de Chile (Nigmatullin y col., 2001; Zepeda, 2016).

Su captura es principalmente en la zona de Santa Rosalía, Baja California Sur, Guaymas, Sonora, y Mazatlán, Sinaloa; sin embargo, se desplaza hacia la costa occidental de la península de Baja California durante el evento climatológico conocido como “El Niño” (DOF, 2014). En un estudio realizado por Yamashiro (2016) en Perú, se menciona que estos eventos climatológicos, que se presentan en diversas ocasiones, “pueden afectar la disponibilidad y abundancia del calamar gigante dependiendo de la intensidad, duración y cobertura de los mismos”.

La abundancia del recurso representa una importante fuente de empleos locales por ser una alternativa rentable y complementaria a la pesca del camarón durante los meses de verano, especialmente de abril a mayo. En los estados de Baja California Sur hay capturas todo el año llegando a su máximo en los meses de junio y julio, mientras que en Sonora la pesca depende del camarón, pues cobra importancia cuando éste se encuentra en periodo de veda (Nevarez-Martínez y col., 2014). Sin embargo, se mantiene constante porque el calamar durante los meses de verano está disponible en la costa peninsular y, por el contrario, durante el invierno, se presenta en la costa oriental del Golfo de California (Zepeda, 2016).

Durante las dos últimas décadas se mantuvo como un atractivo comercial regional abundante por su promedio de captura. En el periodo 2008-2014, se registraron 68 mil toneladas promedio anuales; sin embargo, la captura ha llegado a sobrepasar las 106 mil toneladas (1996, 1997 y 2002). En el primer semestre de 2013, por su volumen, se posicionó en el décimo lugar de la producción pesquera

en México (DOF, 2014) y para los años 2015 y 2016 la captura disminuyó de 3,528.52 a 2,597.79 toneladas al año respectivamente (SIAP, 2017). Esto se debió posiblemente a que su distribución depende de las poblaciones de sus depredadores y presas y a los eventos climatológicos descritos. Otro factor a considerar para la disminución de la captura está dado por la demanda del mercado, ya que, al no ser solicitado por parte del sector extranjero, las empresas que comercializan el calamar no lo adquieren o lo hacen a un precio muy bajo, limitando la rentabilidad de su pesca (DOF, 2014).

### Composición química del calamar gigante en fresco y en harina

Dentro de la composición química del calamar fresco (cuadro 4), la proteína es el principal componente del manto, que, de acuerdo a sus características de solubilidad, se puede clasificar en: miofibrilar, estromal y sarcoplásmica (Hashimoto y col., 1979). En general, su composición dependerá de factores como su tamaño, sexo, alimentación, temporada de captura, etc (Armenta, 2006).

Cuadro 4. Composición química del calamar gigante fresco

Componente químico	Promedio
Humedad (%)	81.1
Grasa (%)	1.1
Proteína (%)	16.0
Sales Minerales (%)	1.7
Sodio (mg/100g)	198.2
Potasio (mg/100g)	321.9
Calcio (mg/100g)	9.1
Magnesio (mg/100 g)	45.6
Hierro (ppm)	0.8
Cobre (ppm)	1.4
Cadmio (ppm)	0.2
Plomo (ppm)	0.2

Fuente: IMARPE (2009), citado por Córdova (2016).

Procesar el calamar como harina es una forma eficiente de conservarlo, pues le confiere una vida de anaquel de por lo menos 8 años si se le mantiene en congelación a -20°C. Para comercializarse debe cumplir con estándares que marcan concentraciones de agua menor a 11%; proteína cruda, mayor a 45% y de lípidos totales, menores a 3%( Martínez-Vega y col., 2000).

Esta forma de presentación es adecuada para su uso alternativo en los animales, ya que su contenido nutricional y balance de aminoácidos se conserva. De acuerdo con Ezquerro y col., (2007) el método más efectivo para la fabricación de harina de calamar es el secado con vapor o mediante el proceso semi-industrial de cocción y secado (Anexo I).

En los cuadros 5 y 6 se muestran, respectivamente, la composición química y el perfil de aminoácidos de la harina de calamar gigante elaborada a partir de ejemplares capturados en las costas de Santa Rosalía, Baja California Sur, reportada por Calvo y col. (2016).

Cuadro 5. Valor nutricional de la harina de calamar

Componente	g/100g	Componente	mg/100g
Humedad	3.46	Calcio	0.15
Extracto etéreo	6.33	Zinc	0.15
Proteína cruda (N x 6.25)	77.76	Cobre	0.01
Fibra cruda	2.71	Hierro	0.19
Cenizas	8.54	Sodio	0.16
Hidratos de carbono (por diferencia)	1.2	Potasio	0.14
Energía Bruta (kcal/g)	4.03	Magnesio	0.08

Fuente: Calvo y col., 2016.

Cuadro 6. Perfil de aminoácidos de la harina de calamar gigante (g/100 g de proteína)

Aminoácido		Aminoácido	
Isoleucina	4.26	Arginina	3.86
Leucina	6.56	Histidina	6.89
Lisina	10.16	Alanina	6.79
Metionina	1.64	Ácido aspártico	9.53
Cisteína	2.12	Ácido glutámico	14.53
Fenilalanina	4.56	Glicina	7.57
Tirosina	4.22	Prolina	5.16
Treonina	3.86	Serina	3.42
Valina	5.4		

Fuente: Calvo y col., 2016.

### Antecedentes del uso de la harina de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) como alimento no convencional

Sobre su uso en animales poco se ha investigado. En el campo de la camarinocultura ha tenido mayor auge: se ha utilizado principalmente como fuente de proteína y se ha determinado que para su uso en dietas de camarón debe contener mínimo 40% de proteína y 5% de lípidos (Akiyama y col., 1993).

Toyes y col. (2016), al sustituir la harina de pescado con harina de vísceras de *Dosidicus gigas* y otros recursos marinos en las dietas de camarón (*Litopenaeus vannamei*), concluyen que: “El perfil de ácidos grasos de los músculos fue mejor para el consumo humano cuando estos ingredientes fueron usados, comparado con las dietas que contenían harina de pescado”, además de referir que la asimilación de las dietas con harina de calamar cocida y secada fue significativamente mayor a la harina de pescado y otros ingredientes probados. Por otro lado, Bazán y col.,

(2009) utilizaron este recurso para la alimentación de crustáceos *Cryphiops caementarius*, obteniendo resultados favorables en cuanto al rendimiento reproductivo de las hembras, pues mejoró su fecundidad y fertilidad.

En la avicultura, se tienen antecedentes limitados sobre su uso. Ramírez (2008) menciona que al utilizar harina de calamar gigante en dietas para gallinas ponedoras en una inclusión del 10% en sustitución parcial de la pasta de soya, no se modificaron los parámetros productivos, la calidad física del huevo ni los factores sensoriales estudiados en comparación con una dieta comercial. Medellín y col. (2010) utilizaron este recurso para evaluar el efecto de su adición sobre los anticuerpos de Newcastle en el pollo de engorda sin efecto estadísticamente significativo. Sandoval (2011) lo adicionó con la finalidad de observar su efecto sobre los ácidos grasos n-3 en la carne de pollo. Bermúdez y Delgado (2011) determinaron la digestibilidad de los aminoácidos de la harina de calamar en el pollo de engorda a diferentes edades y en gallos.

## Justificación

En la alimentación mexicana la proteína de ave constituye 5.54 de cada 10 kilogramos disponibles para la población, encabezando la producción pecuaria nacional con carne y ocupando el segundo lugar con huevo. Dentro de la industria avícola, el alimento equivale por lo menos a un 60% del costo de producción (carne y huevo). La pasta de soya, uno de los principales ingredientes convencionales utilizados como fuente de proteína en la formulación de las dietas, se produce principalmente en tres países: China, Argentina, Brasil y Estados Unidos, pero es de este último del cual México importa la mayor parte, creando una dependencia alimentaria.

Debido a lo anterior, surge la inquietud de encontrar ingredientes alternativos que puedan cubrir las necesidades de proteína para pollo de engorda, sin sacrificar la calidad de los subproductos y obtener el máximo rendimiento de las parvadas.

La presente investigación propone el uso del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) transformado en harina, pues presenta un excedente del volumen de captura, para ser utilizado como recurso no convencional en la alimentación de las aves, ya que su contenido de proteína es alto (77.75%) y podría sustituir parcialmente a la pasta de soya. Además, al existir poca información científica sobre su utilización en la avicultura se crea la necesidad de conocer la digestibilidad de sus aminoácidos y de energía metabolizable para el pollo de engorda, así como su comportamiento sobre las variables productivas.

## Hipótesis

Por su digestibilidad íleal aparente y energía metabolizable la harina de calamar gigante (*Dosidicus gigas*), puede ser incorporada en dietas para pollo de engorda.

Al aumentar los niveles de inclusión de harina de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en sustitución parcial de la pasta de soya en dietas para pollo de engorda, no habrá efecto sobre los parámetros productivos, el rendimiento de la canal, la pigmentación de la piel *in vivo* y el sabor de la carne.

## Objetivos

### General

Determinar el contenido de energía metabolizable y la digestibilidad íleal aparente de los aminoácidos de la harina de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) para ser incorporada como fuente de proteína en dietas para pollo de engorda.

### Particulares

- I. Determinar el contenido de energía metabolizable de la harina de calamar.
- II. Determinar la digestibilidad íleal aparente de los aminoácidos de la harina de calamar gigante.
- III. Evaluar si al incrementar el porcentaje de sustitución parcial de la pasta de soya por harina de calamar se afectan las variables productivas, el rendimiento de la canal caliente, la pigmentación cutánea *in vivo* y el sabor de la carne.

## Materiales y Métodos

Todos los procedimientos de manejo con las aves cumplieron los requisitos señalados por el Comité Institucional para el Cuidado y Uso de los Animales Experimentales (CICUAE-FMVZ-UNAM) con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999.

Los ensayos experimentales se realizaron en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAv) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (UNAM) ubicado sobre la calle de Manuel M. López s/n esquina con Avenida Tláhuac, Km 21.5, Colonia Zapotitlán, Alcaldía Tláhuac, en la Ciudad de México a una altura de 2,250 msnm entre los paralelos 19°15' latitud Oeste. Clima templado húmedo Cw, siendo el mes de enero el más frío y mayo el más caluroso, con una temperatura promedio anual de 16°C y una precipitación pluvial de 1100 mm (INEGI, 2018).

### Experimento 1

El objetivo de este experimento fue determinar la energía metabolizable y la digestibilidad íleal aparente de los aminoácidos de la harina de calamar para ser incorporada como fuente de proteína en dietas para pollo de engorda.

### Composición química de la harina de calamar gigante (*Dosidicus gigas*)

La harina de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) (HCG) se elaboró a partir de ejemplares enteros (manto, vísceras, pluma y tentáculos), capturados frente a las costas de Santa Rosalía, Baja California Sur. Se transportaron a Hermosillo, Sonora donde se congelaron y almacenaron hasta su proceso de secado (Anexo I) (Calvo y col, 2016).



### *Determinación de fósforo y proteína de la HCG.*

En el Laboratorio de Análisis Químicos para Alimentos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, con base en el método AOAC 965.17 (1990) (Anexo II) se determinó el porcentaje de fósforo total.

Se determinó la cantidad de proteína cruda ( $N \times 6.25$ ), proteína verdadera (AOAC 954.01, 1990; Tejada, 1992) y nitrógeno no proteico (NNP) por diferencia con la siguiente fórmula (Krishnamoorty y col. 1982):

$$\% \text{NNP (Fracción A)} = \% \text{N soluble} - \text{N soluble verdadero}$$

### Formulación de las dietas experimentales y análisis de nutrientes de las dietas

Antes de formular las dietas se realizó un aminograma a los ingredientes pasta de soya y sorgo por Espectroscopia de Infrarrojo Cercano (NIR) (Laboratories EVONIK Industries) (Anexo II).

Se formularon 3 tratamientos (cuadro 7) con base en sorgo + pasta de soya, de acuerdo con las necesidades nutricionales de la estirpe Ross 308 (Aviagen, 2014a) para pollos de engorda de hasta 3 semanas de edad. Se sustituyó parcialmente la pasta de soya de la dieta testigo con harina de calamar (en 8 y 16%), utilizando los valores de proteína y aminoácidos reportados por Calvo y cols. (2016), empleando el programa Nutrion Windows™ (Versión 5.0 Pro).

Los tratamientos fueron:

Tratamiento 1. Dieta Testigo (DT)

Tratamiento 2. Dieta + 8% HCG

Tratamiento 3. Dieta + 16% HCG

Cuadro 7. Composición de las dietas experimentales para pollitos de engorda de 0 a 21 días de edad con diferentes inclusiones de harina de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en sustitución parcial de la pasta de soya (kg/ton.).

Ingredientes	DT	D+ 8% HCG		D+ 16% HCG		
Sorgo	543.929	573.053		605.952		
Pasta de soya	369.205	317.183		264.413		
Harina de calamar	0.000	29.530		59.100		
Aceite vegetal	35.307	29.353		22.183		
Fosfato de calcio	17.605	16.058		14.498		
Carbonato de calcio	14.744	15.780		16.822		
DL-Metionina 99%	4.248	3.985		3.720		
Sal	3.823	3.968		2.242		
L-Lisina HCl	3.016	2.062		1.124		
Dióxido de titanio	3.000	3.000		3.000		
Pre mezcla						
vitaminas y minerales <sup>1</sup>	3.000	3.000		3.000		
L-Treonina	1.146	1.168		1.192		
Coccidiostato <sup>2</sup>	0.500	0.500		0.500		
L-Arginina	0.203	1.085		1.980		
Antioxidante <sup>3</sup>	0.150	0.150		0.150		
Enradin® <sup>4</sup>	0.125	0.125		0.125		
Total	1000	1000		1000		
Nutrimiento	Análisis Calculado (g/kg)	Análisis real (g/kg)	Análisis Calculado (g/kg)	Análisis real (g/kg)	Análisis Calculado (g/kg)	Análisis real (g/kg)
Proteína cruda	23	23.88	23	22.75	23	22.47
		2940.5		2963.7	3000	2978.8
EM (kcal/kg)	3000		3000			
Metionina total	0.738	0.668	0.720	0.735	0.702	0.670
Metionina + cisteína	1.080	1.024	1.080	1.052	1.080	0.997
Lisina	1.440	1.513	1.440	1.356	1.440	1.243
Treonina	0.970	0.981	0.970	0.933	0.970	0.914
Triptófano	0.302		0.316		0.331	
Arginina	1.520	1.567	1.520	1.390	1.520	1.378
Calcio total	0.960		0.960		0.960	
Fósforo disponible	0.480		0.480		0.480	
Sodio	0.160		0.196		0.160	

HCG: harina de calamar gigante. Base tal como ofrecido

<sup>1</sup> Premezcla de vitaminas y minerales: vitamina A, 4,667 kUI; vitamina D3, 1500 kUI; vitamina E, 23,333.5 mg; vitamina K3, 1333.275 mg; vitamina B1, 1000.04 mg; vitamina B2, 3666.4 mg; vitamina B6, 1333.32 mg; vitamina B12, 8.33 mg; nicotinamida, 26667 mg; ácido pantoténico, 8333.1 mg; ácido fólico, 666.4 mg; biotina, 66.7 mg; cloruro de colina, 199999.8 mg; cobre, 5000 mg; hierro, 26666.8 mg; manganeso, 41333.54 mg; yodo, 400 mg; zinc, 36666.72 mg; selenio, 100 mg; carbonato de calcio, 216 g; aceite mineral, 5 g; vehículo c.b.p. 1,000 kg.

<sup>2</sup> Nicarfeed® (HELM DE MEXICO, S. A.): Nicarbacina al 25%

<sup>3</sup> Feed Ox® (Dresens Química S.A. de C.V.): BHA (Butilhidroxilano), 1.2%, BTH (Butilhidroxitolueno), 9.0%, Etoxiquin, 4.8%; agentes quelantes 10%; excipiente cbp 100%.

<sup>4</sup> Enradin® (MSD): 80g/Kg de enramicina

## Ensayo biológico

Se utilizaron 96 pollitos machos y hembras de la estirpe Ross 308, de 1 día de edad, los cuales se distribuyeron bajo un diseño completamente aleatorio en 3 tratamientos con 4 repeticiones cada uno. Los pollitos se alojaron en jaulas eléctricas en batería (marca Petersime®), con una densidad de 8 aves de sexo mixto (4 hembras y 4 machos) por replica, con comedero y bebedero. El alimento y el agua estuvieron a libre acceso durante todo el experimento. Las condiciones de temperatura fueron las sugeridas para la estirpe (32°C al momento de la recepción, descendiendo hasta 23°C en el día 21 de edad).

Los animales se alimentaron con las raciones previamente formuladas desde el primer día hasta finalizar los 21 días de edad.

### *Variables productivas*

Se llevó un registro semanal de peso, ganancia de peso, consumo de alimento y índice de conversión, desde el primer día hasta los 21 días de edad.

### *Energía metabolizable de la HCG*

Para la determinación de energía metabolizable se recolectaron las excretas durante los 3 últimos días del experimento como lo mencionan Potter y cols. (1960). Se secaron a temperatura ambiente y se enviaron en bolsas selladas al laboratorio para su análisis.

A las excretas y muestras de las dietas en conjunto se les determinó energía bruta por la técnica de bomba calorimétrica Parr.

De acuerdo con el procedimiento de Leeson y Summers (2005) para calcular la energía metabolizable aparente corregida a balance nitrogenado cero (EMAn), se debe considerar que si el nitrógeno no se retiene aparecerá como ácido úrico

excretado en la orina y que 1 g de nitrógeno excretado como ácido úrico equivale a 8.22 kcal, factor utilizado para hacer la corrección. Los cálculos se realizaron para la dieta testigo y para la dieta inclusión por separado con la siguiente fórmula:

$$EMAn \text{ (kcal por kg)} = EMt - \frac{EMt - EMi}{\text{Proporción de inclusión}}$$

Dónde:

$$EMt \text{ ó } EMi = \text{Energía } d - (\text{Energía } h + 8.22 \times N \text{ retenido})$$

*Energía d* = se obtiene directamente de la bomba calorimétrica

$$\text{Energía } h = \text{energía por mg de excreta} \times \frac{\text{Marcador en dieta}}{\text{Marcador en heces}}$$

$$N \text{ retenido} = N \text{ por mg de dieta} - N \text{ por mg de excreta} \times \frac{\text{Marcador en dieta}}{\text{Marcador en heces}}$$

*EMt*: Energía metabolizable por mg de dieta testigo

*EMi*: Energía metabolizable por mg de dieta inclusión

*Energía d*: Energía por mg de dieta

*Energía h*: Energía de excretas por mg de dieta

*N retenido*: nitrógeno retenido (expresado en mg) por mg de dieta

#### *Determinación de la digestibilidad íleal aparente de los aminoácidos de la HCG*

A los 21 días de edad se sacrificaron todos los pollos por el método de dislocación cervical, en concordancia con la Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995 (Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres).

Se extrajo con suavidad el contenido del íleo (desde la porción del intestino delimitada por el divertículo vitelínico hasta 2cm antes de la bifurcación cecal) (Widyaratne y Drew, 2011). Se refrigeró a 4 °C hasta su procesamiento, posteriormente se secó en un horno eléctrico marca Robertshaw a 60°C por 36 horas y se molió para su análisis de aminoácidos.

La determinación del perfil de aminoácidos del contenido ileal se llevó a cabo por medio de métodos internos: (cromatografía de intercambio iónico MME-AA-01 y MME-AA-02 para metionina y por el Método Acreditado No. A-0099-007/11 para triptófano. Las condiciones cromatográficas se muestran en el Anexo IV. Las muestras se trabajaron en el Laboratorio de Ciencia y Tecnología de los Alimentos del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Todas las muestras se analizaron por duplicado.

Se utilizó 0.3% de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) como marcador indigestible. Este se incorporó a las dietas y se determinó en las excretas por espectrofotometría a una longitud de onda de 408 nm (Jagger, 1992 citado por Tepox, 2013) (Anexo V).

La recuperación del indicador se determinó con la siguiente fórmula:

$$\text{Recuperación del indicador (\%)} = \frac{\text{Indicador excretado}}{\text{Indicador consumido}} \times 100$$

Una vez obtenidos los resultados del perfil de aminoácidos (de las dietas y contenido ileal) y del dióxido de titanio en excretas se procedió al cálculo de los coeficientes de DIA de los aminoácidos propuesto por Lemme y col. (2004) utilizando la siguiente fórmula:

$$DIA (\%) = 100 - \left[ \frac{(M \text{ dieta} \times AA \text{ excreta})}{(M \text{ excreta} \times AA \text{ dieta})} \times 100 \right]$$

Donde:

*M dieta* y *M excreta* = marcador en la dieta y excreta respectivamente (expresado en materia seca y en g/kg)

*AA dieta* y *AA excreta* = aminoácidos en la dieta y excreta, respectivamente (expresado en materia seca y en g/kg).

La corrección por NNP a los coeficientes de digestibilidad se realizó restando de la proporción de HCG en la dieta el porcentaje de este componente.

## Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de las variables productivas fueron analizados usando un diseño completamente al azar (mediante ANDEVA) empleando el siguiente modelo estadístico (Kuhel, 2001):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{(ij)}$$

$Y_{ij}$  = variable de respuesta variables productivas

$i = 1, 2, \dots$  tratamiento

$j = 1, 2, \dots$  replica

$\mu$  = media general

$\tau_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\varepsilon_{(ij)}$  = error experimental

Las diferencias entre medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey con una  $p < 0.05$  empleando el programa JMP Ver. 8

## Experimento 2

El objetivo de este experimento fue determinar si al incrementar el porcentaje de sustitución parcial de la pasta de soya por harina de calamar se afectan las variables productivas, así como el rendimiento de la canal caliente, la pigmentación *in vivo* de la piel y el sabor de la carne de la pechuga y de la pierna + muslo.

## Formulación de las dietas experimentales y análisis de nutrientes de las dietas

Antes de formular las dietas se realizó un análisis del perfil de aminoácidos a los ingredientes (pasta de soya, maíz y HCG) por la técnica de Espectroscopia de Infrarrojo Cercano (NIR) (Laboratories EVONIK Industries).

Se formularon 3 dietas con base maíz + pasta de soya, de acuerdo con los requerimientos nutricionales de la estirpe Ross 308 (Aviagen, 2014a) para pollos de engorda de 1 a 42 días de edad (cuadros 8, 9 y 10), sustituyendo parcialmente a la pasta de soya con HCG (16 y 20%). Para la formulación se utilizaron los valores de proteína, EMAn y aminoácidos digestibles de la HCG obtenidos a partir de los resultados del experimento 1. Se empleó el programa Nutrion Windows™ (Versión 5.0 Pro).

Los tratamientos fueron:

Tratamiento 1. Dieta Testigo (DT)

Tratamiento 2. Dieta + 16% HCG

Tratamiento 3. Dieta + 20% HCG

## Ensayo biológico

Se utilizaron 72 pollos de la estirpe Ross 308, de 1 día de edad, los cuales se distribuyeron bajo un diseño completamente aleatorio en 3 tratamientos, cada uno con 4 repeticiones. Los pollos se alojaron en jaulas eléctricas en batería (marca Petersime®), con una densidad de 6 aves por replica (3 machos y 3 hembras).

Cuadro 8. Composición de las dietas de iniciación para pollos de engorda de 0 a 10 días de edad con diferentes niveles de inclusión de harina de calamar (*Dosidicus gigas*) en sustitución parcial de la pasta de soya (kg/ton).

Ingrediente (kg)	DT	D+ 16% HCG	D+ 20% HCG
Maíz	618.393	649.891	657.775
Pasta de soya	337.695	252.158	230.768
Harina de calamar	0.000	54.030	67.539
Carbonato de calcio	13.693	15.383	15.805
Fosfato de Calcio	11.350	8.914	8.305
Sal	3.498	2.037	1.672
DL-Metionina 99%	3.530	3.590	3.604
Secuestrante de micotoxinas <sup>1</sup>	3.000	3.000	3.000
Pre mezcla de vitaminas y minerales <sup>2</sup>	3.000	3.000	3.000
L- Lisina HCl 78%	2.452	3.123	3.291
L-Treonina 99%	1.473	1.655	1.700
L- Arginina 99%	0.041	0.828	1.025
L-Triptófano 99%	0.000	0.093	0.216
Cocciostato <sup>3</sup>	0.500	0.500	0.500
Antioxidante <sup>4</sup>	0.150	0.150	0.150
Bacitracina de zinc <sup>5</sup>	0.550	0.550	0.550
Fitasa <sup>6</sup>	0.100	0.100	0.100
Cloruro de colina 60%	1.000	1.000	1.000
Total	1000	1000	1000
Nutrimiento	Análisis Calculado (%)		
Proteína cruda	21.421	21.421	21.421
Energía metabolizable (kcal/Kg)	3000	3081	3101
Metionina + cisteína digestible	0.950	0.950	0.950
Lisina digestible	1.280	1.280	1.280
Treonina digestible	0.860	0.860	0.860
Triptófano digestible	0.240	0.200	0.200
Arginina digestible	1.370	1.370	1.370
Valina digestible	0.954	0.910	0.898
Calcio total	0.960	0.960	0.960
Fósforo disponible	0.480	0.480	0.480
Sodio	0.160	0.160	0.160

HCG: harina de calamar gigante. Base tal como ofrecido.

<sup>1</sup> Klinsil® (HELM DE MEXICO, A. A.): Fosfosilicatos 70%, Tectosilicatos 30% (arcillas Zeolitas)

<sup>2</sup> Pre mezcla de vitaminas y minerales: vitamina A, 4,667 kUI; vitamina D3, 1500 kUI ; vitamina E, 23,333.5 mg; vitamina K3, 1333.275 mg; vitamina B1, 1000.04 mg ; vitamina B2, 3666.4 mg; vitamina B6, 1333.32 mg; vitamina B12, 8.33 mg; nicotinamida, 26667 mg; ácido pantoténico, 8333.1 mg ; ácido fólico, 666.4 mg; biotina, 66.7 mg; cloruro de colina, 199999.8 mg; cobre, 5000 mg; hierro, 26666.8 mg; manganeso, 41333.54 mg; yodo, 400 mg; zinc, 36666.72 mg; selenio, 100 mg; carbonato de calcio, 216 g; aceite mineral, 5 g; vehículo c.b.p. 1,000 g.

<sup>3</sup> Nicarfeed® (HELM DE MEXICO, S. A.): nicarbacina al 25%.

<sup>4</sup> Feed Ox® (Dresens Química S.A. de C.V.), BHA (Butilhidroxilanol) 1.2%, BTH (Butilhidroxitolueno) 9.0%, Etoxiquin 4.8%; agentes quelantes 10%; excipiente cbp 100%.

<sup>5</sup> Bacitra-Feed 10%: bacitracina de zinc, 100 g cbp 1000 g.

<sup>6</sup> Ronozyme Hiphos M® 6-fitasa de *Aspergillus oryzae* 50000 FYT/g.



Cuadro 9. Composición de las dietas de crecimiento para pollos de engorda de 11 a 24 días de edad con diferentes niveles de inclusión de harina de calamar (*Dosidicus gigas*) en sustitución parcial de la pasta de soya (kg/ton).

Ingrediente (kg)	DT	D+ 16% HCG	D+ 20% HCG
Maíz	666.645	703.552	710.129
Pasta de soya	281.338	208.488	190.643
Harina de calamar	0.000	45.000	56.270
Carbonato de calcio	12.445	13.867	14.220
Fosfato de calcio	9.539	7.494	6.986
Aceite vegetal	8.777	0.000	0.000
Sal	3.490	2.266	1.962
DL-Metionina 99%	3.212	3.247	3.260
Pigmento amarillo natural <sup>1</sup>	3.000	3.000	3.000
Secuestrante de micotoxinas <sup>2</sup>	2.000	2.000	2.000
Pre mezcla vitaminas y minerales <sup>3</sup>	3.000	3.000	3.000
L-Lisina HCl 78%	2.564	3.147	3.287
L- Treonina 99%	1.349	1.501	1.539
L- Arginina 99%	0.340	1.013	1.177
L- Triptófano 99%	0.000	0.124	0.227
Cocciostato <sup>4</sup>	0.500	0.500	0.500
Antioxidante <sup>5</sup>	0.150	0.150	0.150
Bacitracina de Zinc <sup>6</sup>	0.550	0.550	0.550
Fitasa <sup>7</sup>	0.100	0.100	0.100
Cloruro de colina 60%	1.000	1.000	1.000
Total	1000	1000	1000
Nutrimiento	Análisis Calculado (%)		
Proteína cruda	19.000	19.000	19.000
Energía metabolizable (kcal/Kg)	3100	3122	3139
Metionina + cisteína digestible	0.870	0.870	0.870
Lisina digestible	1.150	1.150	1.150
Treonina digestible	0.770	0.770	0.770
Triptófano digestible	0.209	0.180	0.180
Arginina digestible	1.230	1.230	1.230
Valina digestible	0.855	0.818	0.809
Calcio total	0.870	0.870	0.870
Fósforo disponible	0.435	0.435	0.435
Sodio	0.160	0.160	0.160

HCG: harina de calamar gigante

<sup>1</sup> Avelut®: 15g/g xantofilas (*Tagetes erecta*)

<sup>2</sup> Klinsil® (HELM DE MEXICO, S. A.): Fosfosilicatos 70%, Tectosilicatos 30% (arcillas Zeolitas)

<sup>3</sup> Pre mezcla de vitaminas y minerales: Vitamina A, 4,667 kUI; Vitamina D3, 1500 kUI ; Vitamina E, 23,333.5 mg; Vitamina K3, 1333.275 mg; Vitamina B1, 1000.04 mg ; Vitamina B2, 3666.4 mg; Vitamina B6, 1333.32 mg; Vitamina B12, 8.33 mg; Nicotinamida, 26667 mg; Ácido Pantoténico, 8333.1 mg ; Ácido Fólico, 666.4 mg; Biotina, 66.7 mg; Cloruro de Colina, 199999.8 mg; Cobre, 5000 mg; Hierro, 26666.8 mg; Manganeso, 41333.54 mg; Yodo, 400 mg; Zinc, 36666.72 mg; Selenio, 100 mg; Carbonato de Calcio, 216 g; Aceite mineral, 5 g; vehículo c.b.p. 1,000 kg.

<sup>4</sup> Nicarfeed® (HELM DE MEXICO, S. A.): Nicarbacina al 25%

<sup>5</sup> Feed Ox® (Dresens Química S.A. de C.V.), BHA (Butil hidroxil anisol) 1.2%, BTH (Butil hidroxil tolueno) 9.0%, Etoxiquin 4.8%. Agentes quelantes 10%, excipiente cbp 100%.

<sup>6</sup> Bacitra-Feed 10%: bacitracina de zinc 100g cbp 1000g

<sup>7</sup> Ronozyme Hiphos M® 6-fitasa de *Aspergillus oryzae* 50000 FYT/g

Cuadro 10. Composición de la dieta de finalización para pollos de engorda de 25 a 42 días de edad con diferentes niveles de inclusión de harina de calamar (*Dosidicus gigas*) en sustitución parcial de la pasta de soya (kg/ton).

Ingrediente (kg)	DT	D+ 16% HCG	D+ 20% HCG
Maíz	702.793	738.321	747.072
Pasta de soya	238.480	176.053	160.469
Harina de Calamar	0.000	38.160	47.70
Aceite Vegetal	18.090	7.066	4.353
Carbonato de calcio	11.174	12.385	12.688
Fosfato de Calcio	7.635	5.895	5.460
Sal	3.484	2.443	2.183
DL-Metionina 99%	2.878	2.902	2.908
Pigmento amarillo natural <sup>1</sup>	6.000	6.000	6.000
Secuestrante de micotoxinas <sup>2</sup>	2.000	2.000	2.000
Premezcla de vitaminas y minerales <sup>3</sup>	2.400	2.400	2.400
L-Lisina HCl	2.252	2.756	2.882
L-Treonina	1.036	1.165	1.197
L-Arginina	0.228	0.806	0.950
L-Triptofano	0.000	0.098	0.187
Bacitracina de zinc <sup>4</sup>	0.550	0.550	0.550
Cocciostato <sup>5</sup>	0.500	0.500	0.500
Betaina anhidra <sup>6</sup>	0.250	0.250	0.250
Antioxidante <sup>7</sup>	0.150	0.150	0.150
Fitasa <sup>8</sup>	0.100	0.100	0.100
Total	1000	1000	1000
Nutrimiento	Análisis Calculado (%)		
Proteína cruda	17.161	17.160	17.160
Energía metabolizable (kcal/kg)	3200	3200	3200
Metionina + cisteína digestible	0.800	0.800	0.800
Lisina digestible	1.020	1.020	1.020
Treonina digestible	0.680	0.680	0.680
Triptófano digestible	0.185	0.160	0.160
Arginina digestible	1.090	1.090	1.090
Valina digestible	0.780	0.749	0.741
Calcio total	0.780	0.780	0.780
Fósforo disponible	0.390	0.390	0.390
Sodio	0.160	0.160	0.160

HCG: harina de calamar gigante

<sup>1</sup> Avelut®: 20 g/kg de xantofilas (*Tagetes erecta*)

<sup>2</sup> Klinsil (HELM DE MEXICO, A. A.): Fosfosilicatos 70%, Tectosilicatos 30% / kg (arcillas Zeolitas)

<sup>3</sup> Pre mezcla de vitaminas y minerales: Vitamina A, 4,667 kUI; Vitamina D3, 1500 kUI ; Vitamina E, 23,333.5 mg; Vitamina K3, 1333.275 mg; Vitamina B1, 1000.04 mg ; Vitamina B2, 3666.4 mg; Vitamina B6, 1333.32 mg; Vitamina B12, 8.33 mg; Nicotinamida, 26667 mg; Ácido Pantoténico, 8333.1 mg ; Ácido Fólico, 666.4 mg; Biotina, 66.7 mg; Cloruro de Colina, 199999.8 mg; Cobre, 5000 mg; Hierro, 26666.8 mg; Manganeso, 41333.54 mg; Yodo, 400 mg; Zinc, 36666.72 mg; Selenio, 100 mg; Carbonato de Calcio, 216 g; Aceite mineral, 5 g; vehículo c.b.p. 1,000 kg..

<sup>4</sup> Bacitra-Feed 10%: bacitracina de zinc 100g cbp 1000g

<sup>5</sup> Monenzina sódica al 40%

<sup>6</sup> Betafin: betaína anhidra 96% grado alimenticio

<sup>7</sup> Feed Ox® (Dresens Química S.A. de C.V.), BHA (Butil hidroxil anisol), 1.2%, BTH (Butil hidroxil tolueno), 9.0%, Etoxiquin, 4.8%; agentes quelantes, 10%, excipiente cbp 100%.

<sup>8</sup> Ronozyme Hiphos M® 6-fitasa de *Aspergillus oryzae* 50000 FYT/g

Los animales se alimentaron durante los 42 días de experimentación con las dietas descritas en los cuadros 8, 9 y 10. El agua y el alimento se proporcionaron a libre acceso durante todo el experimento y bajo las condiciones de temperatura sugeridas para la estirpe.

#### *Variables productivas*

Se llevó registro de las variables peso, ganancia de peso, consumo de alimento e índice de conversión desde el primer día y hasta los 42 días de edad.

#### *Amarilleamiento cutáneo in vivo*

Se realizó la medición de pigmento en la piel de todos los pollos en el día 42 de edad previo al sacrificio, en la zona apterílica costal derecha con un colorímetro de reflectancia Minolta CR400® (Konica Minolta, Osaka, Japón) (Martínez, 1996) de acuerdo al sistema CIELab.

#### *Rendimiento de la canal y evaluación sensorial de la carne*

Al término del ensayo todos los animales se sacrificaron de acuerdo a los métodos descritos en la Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995 (Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres) para evaluar el rendimiento de la canal caliente (expresado como porcentaje de peso vivo). Posteriormente, las canales evisceradas se congelaron a  $-4^{\circ}\text{C}$  hasta su uso para la evaluación sensorial. Las piezas pechuga y pierna + muslo se descongelaron para luego cocerse sin sal; se deshebraron y se colocaron en platos previamente identificados con números aleatorios para llevar a cabo una prueba de aceptación y evaluar el sabor de la carne de pollo. Se utilizó una escala hedónica de 5 puntos: disgusta mucho, disgusta poco, es indiferente, gusta mucho y gusta poco (Pedrero y Pangborn, 1996).

Esta prueba se realizó en el Laboratorio de Evaluación Sensorial del Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos del Instituto Nacional de

Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. El laboratorio cuenta con 4 cubículos individuales y una cocina para la preparación de los alimentos a evaluar.

Participaron 30 jueces no entrenados de ambos sexos, consumidores habituales de pollo. A cada evaluador se le presentó un plato con muestras de carne de pechugas de los tres tratamientos y otro plato con tres muestras de carne de pierna + muslo, así como un vaso con agua simple y pan blanco, y se les pidió que llenaran un cuestionario (Anexo VI).

### Análisis estadístico

Los resultados de las variables productivas ganancia de peso, consumo de alimento e índice de conversión para la fase de iniciación, se analizaron bajo un diseño completamente al azar. Debido a la correlación que existió entre las diferentes fases, las variables de crecimiento y finalización se analizaron mediante un diseño completamente al azar con covariable, donde las covariables fueron los datos de la fase inmediata anterior a cada una. El modelo que se utilizó fue (Kuehl, 2001):

$$\bar{Y}_{i\alpha} = \bar{Y}_i - \hat{B}(u_i - \bar{u})$$

$\bar{Y}_{i\alpha}$  = estimación de las medias de grupos de tratamiento ajustadas al mismo valor de la covariada  $u$  para cada grupo de tratamiento.

$i = 1, 2, 3 \dots$  tratamientos

$\hat{B}$  = coeficiente de regresión

$\bar{u}_i$  = media global de los tratamientos

$\bar{u}$  = media global

Los resultados obtenidos de las variables productivas globales sin tomar en cuenta las fases involucradas fueron analizados utilizando un diseño

completamente al azar (mediante ANDEVA) con el siguiente modelo estadístico (Kuehl, 2001):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{(ij)}$$

$Y_{ij}$  = variable de respuesta variables productivas

$i = 1, 2, \dots$  tratamiento

$j = 1, 2, \dots$  replica

$\mu$  = media general

$\tau_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\varepsilon_{(ij)}$  = error experimental

Para la evaluación de pigmento y rendimiento de la canal se realizó el análisis de los datos conforme a un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x2 donde el primer factor fue el porcentaje de inclusión de la harina de calamar (0%, 16% y 20%) y el segundo factor fue el sexo. El modelo estadístico fue el siguiente (Kuehl, 2001):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3$  (efecto del  $i$ -ésimo porcentaje de inclusión)

$j = 1, 2$  (efecto del  $j$ -ésimo sexo)

$k = 1, 2, 3$  y 4 ( $k$ -ésimo error de la observación)

$Y_{ijk}$  = variable de respuesta pigmento o rendimiento de la canal

$\mu$  = media general

$\alpha_i$  = efecto del  $i$ -ésimo porcentaje de inclusión

$\beta_j$  = efecto del j-ésimo sexo

$(\alpha\beta)_{ij}$  = efecto de la interacción del i-ésimo porcentaje de inclusión y el j-ésimo sexo

$\varepsilon_{ijk}$  =efecto del error experimental

Las diferencias entre las medias se probaron mediante la prueba de Tukey con una  $P < 0.05$  empleando el programa JMP Ver. 8.

Para la evaluación sensorial, el análisis estadístico de los datos se llevó a cabo mediante la prueba no paramétrica de Friedman ( $p < 0.05$ ) (Pedrero y Pangborn, 1989).

## Resultados y Discusión

### Experimento 1

Composición química de la HCG (*Dosidicus gigas*)

*Compuestos nitrogenados: proteína, NNP, aminoácidos totales y coeficientes de digestibilidad.*

En el cuadro 11 se presenta la composición química y los coeficientes de digestibilidad (CD) obtenidos para la HCG.

La cantidad de proteína cruda encontrada en este estudio para la HCG (base húmeda de la harina) fue de 73.5%. Este valor se encuentra entre un rango dado por otros autores que han trabajado harina de calamar de 81.32 - 52.7 % (cuadro 12). En comparación con Toyas (2016), quien utilizó HCG elaborada con vísceras de la misma especie y bajo el mismo método de obtención de este estudio, la harina de calamar entero presenta un porcentaje de proteína 28% mayor.

El NNP obtenido en este estudio representó el 25% de los compuestos nitrogenados totales y el otro 75 % (55.14%) correspondió a la fracción de proteína verdadera. Dado que el NNP (ácidos nucleicos, urea, amidas) no posee utilidad en la alimentación de los monogástricos, pues éstos requieren aminoácidos preformados, es importante su determinación para evitar una sobrevaloración de la proteína del ingrediente (Caravaca y col., 2005).

Cuadro 11. Composición química de la harina de calamar gigante (*Dosidicus gigas*)

Componente	%				
Humedad	6.11				
Proteína Cruda <sup>1</sup>	73.5				
Proteína verdadera <sup>1</sup>	55.14				
Nitrógeno no proteico <sup>1</sup>	18.36				
Fósforo total	1.32				
Fósforo Disponible <sup>2</sup>	1.19				
Cenizas	9.65				
EB (kcal/Kg)	4875.0				
EMAn (kcal/Kg)	3376.15				
Aminoácidos (g /100 g de muestra)					
		Con corrección por NNP		Sin corrección por NNP	
	Totales <sup>1</sup>	CD %	Digestible %	CD %	Digestible %
<b>Esenciales</b>					
Metionina	1.42	89.1	1.27	89.6	1.27
Met+Cis	2.01	68.2	1.37	69.7	1.40
Lisina	3.87	79.5	3.08	80.4	3.11
Treonina	2.74	73.2	2.00	74.5	2.04
Triptófano	0.40	ND	ND	ND	ND
Arginina	4.31	82.5	3.56	83.2	3.59
Isoleucina	2.40	76.2	1.83	77.3	1.85
Leucina	4.50	76.2	3.43	77.3	3.48
Valina	2.86	76.7	2.19	77.8	2.23
Histidina	1.58	21.5	0.34	24.8	0.39
Fenilalanina	2.25	78.0	1.75	78.9	1.77
<b>No esenciales</b>					
Cisteína	0.59	47.3	0.28	49.8	0.29
Serina	ND	72.1	ND	73.4	ND
Prolina	ND	70.3	ND	71.7	ND
Alanina	ND	73.5	ND	74.8	ND
Glicina	ND	73.8	ND	75.1	ND
Ác. glutámico	ND	79.3	ND	80.2	ND
Ác. aspártico	ND	75.9	ND	77.0	ND
Tirosina	ND	ND	ND	ND	ND

<sup>1</sup> Expresado en base a la humedad de la harina. <sup>2</sup> En base a una digestibilidad del 90%.

NNP: nitrógeno no proteico; CD: coeficiente de digestibilidad; ND: no determinado

\*Calculado a partir del promedio de la suma de los coeficientes de metionina y cisteína.



Al respecto, no se encontraron datos del contenido de nitrógeno no proteico y proteína verdadera en otros estudios sobre la harina de calamar. Sin embargo, Ezquerria y col. (2007) mencionan que del total de los compuestos nitrogenados (incluyendo la proteína) encontrados en varias especies de calamares, los elementos no nitrogenados (óxido de trimetilamina y otras aminas, aminoácidos libres y octopina, arginina, glicina, betaína, alanina y nucleótidos) representan el 37%, aunque estos autores no especifican si los valores son en calamar fresco o en harina, esto es similar a lo reportado por Maza y col. (2003), que mencionan que el contenido de NNP es de 39.5% en manto fresco de calamar *Dosidicus gigas*. Estas cifras son mayores al porcentaje obtenido en el presente estudio (18.36%) para la HCG (*Dosidicus gigas*) como se observa en el cuadro 11.

Cuadro 12. Contenido de proteína cruda de diferentes harinas de calamar entero (*Dosidicus gigas*) determinadas por otros autores.

Autor	Proteína Cruda (%)
Martínez – Vega y col, 2000.	81.32
AMINODat® 5.0. <sup>2</sup>	80.38
Delgado y Bermúdez, 2011.	77.76
Calvo y col, 2016.	77.76
Autor 2017.	73.5
Hulan y col, 1978. <sup>1</sup>	64.5
Toyes, 2016. (Harina de vísceras cocidas)	52.7

<sup>1</sup> *Illex illecebrosus* entero. <sup>2</sup> Orden Teuthidal.

Por otro lado, el perfil de aminoácidos totales de la HCG (cuadro 11), al ser comparado con otras fuentes de proteína (cuadro 13) utilizadas para la formulación de dietas para pollo de engorda, muestra que, el triptófano es el principal aminoácido limitante de la HCG; los porcentajes obtenidos de lisina, metionina, cisteína y metionina+cisteína se encuentran entre los valores de los mismos aminoácidos de una pasta de soya (47% PC) y una harina de pescado (60% PC).

El contenido de fenilalanina comparado con estas mismas fuentes fue menor, no así los demás aminoácidos esenciales contenidos en la HCG, que se encontraron en mayor cantidad.

Cuadro 13. Comparación del porcentaje de proteína y aminoácidos totales de la harina de calamar gigante con otras fuentes de proteína utilizadas en la avicultura comercial.

	Harina de calamar gigante	Harina de pescado*	Pasta de soya*
Humedad	6.71	9	12
Proteína Cruda	78.8	65.93	53.41
Lisina	4.15	4.49	3.19
Metionina	1.52	1.65	0.70
Cisteína	0.63	0.54	0.68
Metionina+Cisteína	2.15	2.19	1.45
Treonina	2.93	2.56	2.05
Triptofano	0.43	0.63	0.70
Arginina	4.62	3.85	3.84
Isoleucina	2.56	2.51	2.40
Leucina	4.82	4.38	4.01
Valina	3.07	2.97	2.50
Histidina	1.69	1.49	1.38
Fenilalanina	2.40	2.42	2.68

Datos reportados en base seca. \*Fuente: AMINODat 5.0.

Como ya se mencionó, este contenido de aminoácidos y proteína de la HCG será variable debido a factores como el tipo de especie capturada, la edad, tamaño y pieza del cefalópodo utilizada para su elaboración.

En cuanto a los CD calculados, se observa que aquellos sin corrección por NNP encontrado para los aminoácidos esenciales tuvieron un valor promedio de 73.7% y para los aminoácidos no esenciales de 71.7%. Al respecto existe limitada información sobre estudios con esta determinación. Sin embargo, Bermúdez y

Delgado (2011) realizaron un experimento donde utilizaron la técnica de colecta ileal con dietas elaboradas con HCG (*Dosidicus gigas*) como única fuente de aminoácidos (no se menciona el uso de marcadores). Sus resultados comparados con los obtenidos en este experimento se muestran en el cuadro 14. Se observa que los CD para los aminoácidos lisina, metionina, treonina, arginina, leucina, isoleucina y valina (usualmente utilizados para formular las raciones de pollo de engorda) promediaron corregidos por NNP 79.06 % y sin corrección por NNP 80.01%, valores similares a los que estos autores obtuvieron (82.85%) para los mismos aminoácidos. Resalta que, independientemente de la corrección, los aminoácidos metionina y ácido aspártico tuvieron en promedio un CD mayor (89.35 y 76.45% respectivamente) y los aminoácidos histidina y cisteína un CD menor (23.15 y 48.55 %, respectivamente) comparados con los obtenidos por ellos (metionina 81.7 %, ácido aspártico 74.9%, histidina 81.9 % y cisteína 65.6%).

El CD aquí obtenido para cisteína concuerda con lo reportado por Ravindran y col. (2005), quienes también obtuvieron coeficientes de digestibilidad bajos para este aminoácido en otras fuentes de proteína animal (harina de pluma, harina de carne, harina de carne y hueso y harina de pescado) debido a las temperaturas de procesamiento de los ingredientes.

La comparación directa de los resultados obtenidos en este experimento con otros datos publicados es complicada debido a los diferentes métodos utilizados para medir la digestibilidad, la corrección por pérdidas endógenas, el uso o no de marcadores y la edad de las aves utilizadas.

Cuadro 14. Comparación de los coeficientes de digestibilidad de los aminoácidos de la harina de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) obtenidos en dos ensayos a partir de pollos de engorda de 21 días de edad.

	CD con corrección por NNP	CD sin corrección por NNP	CD en pollo. Bermúdez y Delgado, 2011
Metionina*	89.1	89.6	81.7
Met+Cis	68.2	69.7	ND
Lisina*	79.5	80.4	82.0
Treonina*	73.2	74.5	81.7
Triptófano	ND	ND	ND
Arginina*	82.5	83.2	89.1
Isoleucina*	76.2	77.3	82.5
Leucina*	76.2	77.3	83.1
Valina*	76.7	77.8	79.9
Histidina	21.5	24.8	81.9
Fenilalanina	78.0	78.9	82.9
Cisteína	47.3	49.8	65.6
Serina	72.1	73.4	ND
Prolina	70.3	71.7	ND
Alanina	73.5	74.8	80.9
Glicina	73.8	75.1	ND
Ác. glutámico	79.3	80.2	ND
Ác. aspártico	75.9	77.0	74.9
Tirosina	ND	ND	ND
Promedio*	79.06	80.01	82.85

\*Comúnmente utilizados en la formulación de dietas para pollo de engorda.

CD: coeficiente de digestibilidad; NNP: nitrógeno no proteico; ND: no determinado.

En comparación con la pasta de soya (cuadro 15) la digestibilidad promedio de todos los aminoácidos que posee la harina de calamar con corrección y sin corrección por NNP son 12.9 y 11.5% (respectivamente) menores, pero este promedio a su vez, se ve afectado por la diferencia que existe en los CD de histidina y cisteína ya mencionados.

Cuadro 15. Comparación de los coeficientes de digestibilidad de los aminoácidos de la harina de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) y de la pasta de soya.

	HCG (Autor)		Pasta de soya (Coca-Sinova y col., 2008)
	CD corregido por NNP (%)	CD no corregido por NNP (%)	CD (%)
Metionina	89.1	89.6	88.8
Lisina	79.5	80.4	85.1
Treonina	73.2	74.5	76.0
Arginina	82.5	83.2	87.5
Leucina	76.2	77.3	89.2
Isoleucina	76.2	77.3	77.1
Valina	76.7	77.8	86.6
Histidina	21.5	24.8	79.7
Fenilalanina	78.0	78.9	92.4
Cisteína	47.3	49.8	65.8
Serina	72.1	73.4	81.5
Alanina	73.5	74.8	82.5
Glicina	73.8	75.1	74.2
Acido aspártico		77.0	80.2
Ácido glutámico	79.3	80.2	89.4
<b>Promedio</b>	<b>71.7</b>	<b>72.9</b>	<b>82.4</b>

HCG: harina de calamar gigante; NNP: nitrógeno no proteico; CD: coeficiente de digestibilidad.

### *Energía metabolizable aparente corregida a balance cero de nitrógeno.*

El valor de EMAn obtenido para la harina de calamar entero fue de 3376.15 kcal/kg, superior en un 6.6% a lo reportado por Remigio (2006), quien obtuvo 3151 kcal/kg utilizando harina de vísceras (68.75 %PC) de la misma especie.

En comparación con otros ingredientes, supera en 11% a una harina de pescado (3037 kcal/kg y 60.3% PC) y en 44% a una pasta de soya (2346 kcal/kg y 48% PC) y su valor es similar al del maíz amarillo, con 3340 kcal/kg, o al del sorgo, con 3263 kcal/kg (AMINODat, 2016).

Las causas de esta variación podrían relacionarse con la cantidad de proteína total de la harina, pues los esqueletos de aminoácidos pueden ser convertidos en derivados de carbohidratos, que aumentan el valor de energía de los ingredientes (Leeson y Summers, 2001).

### Ensayo biológico

#### *Variables productivas*

En el cuadro 16 se observa que en el tratamiento con 16% de inclusión de HCG, las variables productivas peso final, ganancia de peso e índice de conversión difirieron del tratamiento testigo ( $p < 0.05$ ).

Cuadro 16. Variables productivas obtenidas de los pollos de engorda a los 21 días de edad alimentados con diferentes inclusiones de harina de calamar (*Dosidicus gigas*) en su dieta.

Tratamiento	Peso final (g)	Ganancia de peso (g)	Consumo de alimento (g/ave)	Índice de conversión (kg:kg)
DT	853±19.34 <sup>a</sup>	815±19.81 <sup>a</sup>	1164±32.28	1.429±0.058 <sup>b</sup>
D + 8% HCG	830±16.75 <sup>ab</sup>	790±17.15 <sup>ab</sup>	1166±27.95	1.477±0.050 <sup>ab</sup>
D + 16% HCG	788±16.75 <sup>b</sup>	748±17.15 <sup>b</sup>	1219±27.95	1.634±0.050 <sup>a</sup>

HCG: harina de calamar gigante

Peso promedio inicial 39 g ± 0.5 g

<sup>a,b</sup> En cada columna, literales distintas indican diferencia estadística  $p < 0.05$  (Tukey-HSD).

Media ± Error Estándar; n=12 (ANDEVA de una vía).

Las variables obtenidas como resultado del uso de la harina de calamar para determinar los coeficientes de digestibilidad a los 21 días de edad con dietas formuladas a base a aminoácidos totales muestran comportamientos similares a los reportados por Ramírez (2008) en gallinas ponedoras, donde no existieron diferencias para el consumo de alimento, pero en ambos trabajos sí se detectó una mayor conversión alimenticia.

Al hacer el análisis de los consumos reales de aminoácidos a través de los 21 días de ensayo (cuadro 17) se observó que el mayor consumo de lisina y arginina fue para el tratamiento testigo (17.5 y 18.2 g/ave, respectivamente) con respecto a las dietas con inclusión 16 y 20% de HCG ( $p < 0.05$ ). Sin embargo, al realizar el cálculo de la relación arginina: lisina (que de manera normal puede ir de 1:1 a 1.05:1 [Leeson y Summers, 2001]), se encontró que la mayor relación fue para el tratamiento con 16% de inclusión (1.11:1), por lo que la mayor cantidad de arginina pudo haber ocasionado una menor absorción de lisina.

Cuadro 17. Consumo (g/g alimentos consumido) de aminoácidos y relación arginina: lisina de los pollos alimentados con dietas con diferentes porcentajes de inclusión de harina de calamar gigante.

	Lisina	Metionina + cisteína	Treonina	Arginina	Relación arginina:lisina
DT	17.57±0.41 <sup>a</sup>	11.8±0.14	11.4±0.13	18.27±0.22 <sup>a</sup>	1.04
D + 8% HCG	15.80±0.35 <sup>b</sup>	12.2±0.17	11.5±0.16	16.20±0.23 <sup>b</sup>	1.03
D + 16% HCG	15.15±0.35 <sup>b</sup>	12.15±0.41	11.1±0.37	16.80±0.56 <sup>ab</sup>	1.11

<sup>a, b</sup> En cada columna, literales distintas indican diferencia estadística  $p < 0.05$  (Tukey-HSD). Media  $\pm$  Error Estándar; n=12 (ANDEVA una vía).

Debido a que la lisina se destina casi exclusivamente para la formación de músculo (Campos y col., 2008), estas observaciones se convierten en factores a considerar para explicar el comportamiento de la variable peso final, pues los 65 g de diferencia entre los tratamientos testigo y 16 HCG% contribuyeron a la caída en 8.2% de la variable ganancia de peso en este último tratamiento.

## Experimento 2

### Ensayo biológico

#### *Variables productivas*

En el cuadro 18 se muestran las variables productivas (ganancia de peso, consumo de alimento e índice de conversión) de los pollos de engorda utilizados en este ensayo. Se observa que en la fase de iniciación (0 a 10 días) los tres tratamientos tuvieron ganancias de peso (media = 194 g/ave), consumos de alimento (media = 234 g/ave) e índices de conversión (media = 1.203) similares ( $p > 0.05$ ). En la fase de crecimiento (11 a 24 días) la ganancia de peso fue similar entre los tres tratamientos (media = 677 g/ ave), pero el consumo de alimento fue



significativamente menor ( $p < 0.05$ ) en el tratamiento con 20% HCG (1031 g/ave) que en el tratamiento testigo (1089 g/ave), y el mejor índice de conversión se obtuvo con los tratamientos que incluían HCG (media = 1.53 contra 1.63 del tratamiento testigo) ( $p < 0.05$ ). En la fase de finalización (25 a 42 días) no se observó diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos para ninguna de las variables estudiadas (consumo de alimento, media = 2067 g/ave; ganancia de peso, media = 961.3 g/ave, e índice de conversión, media = 2.160).

Cuadro 18. Variables productivas en fase de iniciación, crecimiento y finalización en pollo de engorda.

Tratamiento	Iniciación		
	Ganancia de peso (g/ave)	Consumo de alimento (g/ave)	Índice de conversión (kg:kg)
DT	200 ± 5.90	236 ± 4.97	1.181 ± 0.016
D + 16% HCG	193 ± 5.90	233 ± 4.97	1.203 ± 0.016
D + 20% HCG	189 ± 5.90	232 ± 4.97	1.226 ± 0.016
Tratamiento	Crecimiento		
	Ganancia de peso (g/ave)	Consumo de alimento (g/ave)	Índice de conversión (kg:kg)
DT	672 ± 3.40	1089 ± 12.81 <sup>a</sup>	1.634 ± 0.016 <sup>a</sup>
D + 16% HCG	680 ± 3.45	1048 ± 12.98 <sup>ab</sup>	1.542 ± 0.016 <sup>b</sup>
D + 20% HCG	679 ± 3.45	1031 ± 13.02 <sup>b</sup>	1.518 ± 0.016 <sup>b</sup>
Tratamiento	Finalización		
	Ganancia de peso (g/ave)	Consumo de alimento (g/ave)	Índice de conversión (kg:kg)
DT	992 ± 38.33	2037 ± 49.41	2.061 ± 0.094
D + 16% HCG	1051 ± 86.81	2261 ± 111.98	2.148 ± 0.213
D + 20% HCG	841 ± 46.37	1903 ± 59.79	2.272 ± 0.114

HCG: harina de calamar gigante

Peso promedio inicial 39.5 g ± 0.7g

<sup>a, b</sup> En cada columna, literales distintas indican diferencia estadística  $p < 0.05$  (Tukey-HSD)

Media ± Error Estándar de la Media, n=12 (ANDEVA de una vía)

Con respecto a lo observado en la fase de crecimiento y debido a que está documentado que los pollos responden con un bajo consumo de alimento cuando situaciones como deficiencias, desbalances y antagonismos de aminoácidos en la dieta surgen (NRC, 1984; Leeson y Summers, 2001), se realizó un análisis sobre el

consumo de aminoácidos en esta etapa (cuadro 19) y se observó que, en promedio, los pollos en el tratamiento con 20% de inclusión de HCG consumieron de manera uniforme 5.4% menos aminoácidos que los pollos en el tratamiento testigo. Por ello, puede ser que la disminución de consumo observada se deba a factores externos, como la palatabilidad del alimento, que a la formulación de la dieta en sí.

Cuadro 19. Consumo (g) de aminoácidos digestibles a partir de las dietas experimentales durante la etapa de crecimiento.

	DT	D+ 16% HCG	D+ 20% HCG
Metionina + cisteína	9.94	9.11	8.96
Lisina	12.5	12.05	11.85
Treonina	8.38	8.06	7.93
Triptófano	1.96	1.88	1.85
Arginina	13.39	12.89	12.68
Valina	8.90	8.57	8.43

El cuadro 20 muestra un resumen de los resultados de las variables productivas del ciclo completo. Ni el consumo de alimento (media = 3241 g/ave), ni la ganancia de peso (media = 1773.3 g/ave), ni el índice de conversión (media = 1.831) mostraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tres tratamientos.

Estos resultados globales concuerdan con Sandoval (2011), quien al utilizar diferentes inclusiones de harina de calamar (0, 1.67, 3.34 y 5.01% con base en una formulación con aminoácidos totales), al término de un ciclo de 49 días no encontró diferencias para las mismas variables estudiadas.

Cuadro 20. Variables productivas de los pollos de engorda experimentales durante el ciclo completo de 42 días.

Tratamiento	Ganancia de peso (g)	Consumo de alimento (g)	Índice de conversión (kg:kg)
DT	1865 ± 53.10	3362 ± 71.63	1.807 ± 0.041
D + 16% HCG	1792 ± 53.10	3240 ± 71.62	1.809 ± 0.041
D + 20% HCG	1663 ± 53.10	3121 ± 71.62	1.878 ± 0.041

HCG: harina de calamar gigante

Peso promedio inicial 39.3 g ±1.5 g.

Media ± Error Estándar de la Media; n=12 (ANDEVA de una vía).

#### *Rendimiento de la canal caliente*

El cuadro 21 muestra el porcentaje de rendimiento obtenido a los 42 días de edad de los pollos en estudio y no hubo efecto estadístico significativo ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos. Las aves tuvieron un rendimiento en canal promedio de 72.82%, similar a lo sugerido para la estirpe (71.57%, Aviagen, 2014b).

Las hembras tuvieron un mayor rendimiento que los machos ( $73.35 \pm 0.35$  contra  $72.29 \pm 0.38$ , respectivamente,  $p < 0.05$ ). Esto concuerda con los datos obtenidos por otros autores, pues las hembras han mostrado mayores proporciones de pechuga y grasa subcutánea que los machos, mientras que éstos superan a las hembras en la proporción de piernas y muslos (Lázzari y Pagani, 1999; Young y col. 2001; Rondelli y col. 2003; Kidd y col. 2005; López y col. 2011).

Cuadro 21. Peso vivo y porcentaje de rendimiento de la canal de los pollos de engorda experimentales a los 42 días de edad.

Tratamiento	Peso promedio post- ayuno (kg)	Porcentaje de rendimiento de la canal
DT	1.788 ± 0.070	73.49 ± 0.44
D + 16% HCG	1.751 ± 0.071	72.88 ± 0.47
D + 20% HCG	1.651 ± 0.069	72.08 ± 0.42
<b>Sexo</b>		
Macho	1.802 ± 0.060	72.29 ± 0.38 <sup>b</sup>
Hembra	1.659 ± 0.054	73.35 ± 0.35 <sup>a</sup>

HCG: harina de calamar gigante

<sup>a, b</sup> En cada columna, literales distintas indican diferencia estadística  $p < 0.05$  (Tukey-HSD) Media ± Error Estándar de la Media; n=72 (ANDEVA de dos vías)

#### *Amarilleamiento cutáneo in vivo*

Los resultados del amarilleamiento cutáneo ( $b^*$ ) *in vivo* tomados a los 42 días de edad se muestran en el cuadro 22. Se observó que los valores de luminosidad ( $L^*$ ) no presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos. Sin embargo, en el tratamiento con 16% de inclusión de HCG, la piel tuvo un amarilleamiento ( $b^*$ ) menor y un mayor enrojecimiento ( $a^*$ ) con respecto al tratamiento testigo, y las hembras tuvieron una mayor pigmentación  $b^*$  ( $p < 0.05$ ) que los machos. Estas presentaron 3.59 unidades  $b^*$  más, lo que concuerda con lo reportado por Muñoz y col. (2012), quienes observaron 3.77 unidades  $b^*$  por encima de los valores registrados en los machos, pues estas poseen mayor capacidad para depositar tejido graso (Leenstra, 1986).

Cuadro 22. Amarilleamiento cutáneo *in vivo* obtenido a los 42 días de edad en pollos de engorda alimentados con diferentes inclusiones de harina de calamar en sustitución parcial de la pasta de soya.

Tratamiento	Unidades		
	b*	a*	L*
DT	22.35 ± 0.83 <sup>a</sup>	1.19 ± 0.46 <sup>b</sup>	70.31 ± 0.57
D + 16% HCG	19.42 ± 0.83 <sup>b</sup>	2.85 ± 0.46 <sup>a</sup>	69.65 ± 0.57
D + 20% HCG	20.58 ± 0.80 <sup>ab</sup>	2.66 ± 0.45 <sup>ab</sup>	69.26 ± 0.55
<b>Sexo</b>			
Macho	18.99 ± 0.70 <sup>a</sup>	2.47 ± 0.39	69.54 ± 0.48
Hembra	22.58 ± 0.64 <sup>b</sup>	2.00 ± 0.35	69.94 ± 0.44
<b>Probabilidad</b>			
Tratamiento	0.050	0.02	0.51
Sexo	0.0004	0.38	0.54
Tratamiento * sexo	0.08	0.23	0.32

HCG: harina de calamar gigante; b\*: amarilleamiento; a\*: enrojecimiento; L\*: luminosidad.

<sup>a, b</sup> En cada columna, literales distintas indican diferencia estadística p<0.05 (Tukey-HSD).

Media ± Error Estándar de la Media; n=72 (ANDEVA de dos vías).

Dado que, la deposición de pigmento puede ser afectada por la disminución del consumo de alimento (Muñoz y cols., 2012), se calculó el consumo total de xantofilas amarillas por tratamiento. Sin embargo, considerando el pigmento añadido y las cantidades crecientes de maíz (pues contiene luteína y zeaxantina; pigmento amarillo y amarillo-anaranjado respectivamente) utilizadas conforme se aumentó la inclusión de HCG (cuadros 8-10) durante las tres fases de producción, estos consumos no concordaron con el comportamiento presentado en b\*, pues la dieta testigo consumió 273.64 mg; la dieta con 16% de HCG, 297.72 mg, y la dieta con 20% de HCG, 259.05 mg.

Por otro lado, al haber diferencias en la pigmentación asociadas al sexo (Sirri y col., 2010; Frade y col., 2016), se analizó la respuesta del amarilleamiento con el sexo de cada tratamiento y se vio que las hembras de los tres tratamientos pigmentaron de manera similar ( $p < 0.05$ ), mientras que los machos en el tratamiento con 20% de HCG pigmentaron 4.06 unidades  $b^*$  menos que los del tratamiento testigo ( $p > 0.05$ ) (figura 8). Ese valor de pigmentación de las hembras hizo que el promedio del tratamiento 20% de HCG se elevara  $[(23.91 + 17.26) / 2 = 20.58]$  y que no hubiera diferencia estadística con el tratamiento testigo en  $b^*$ .

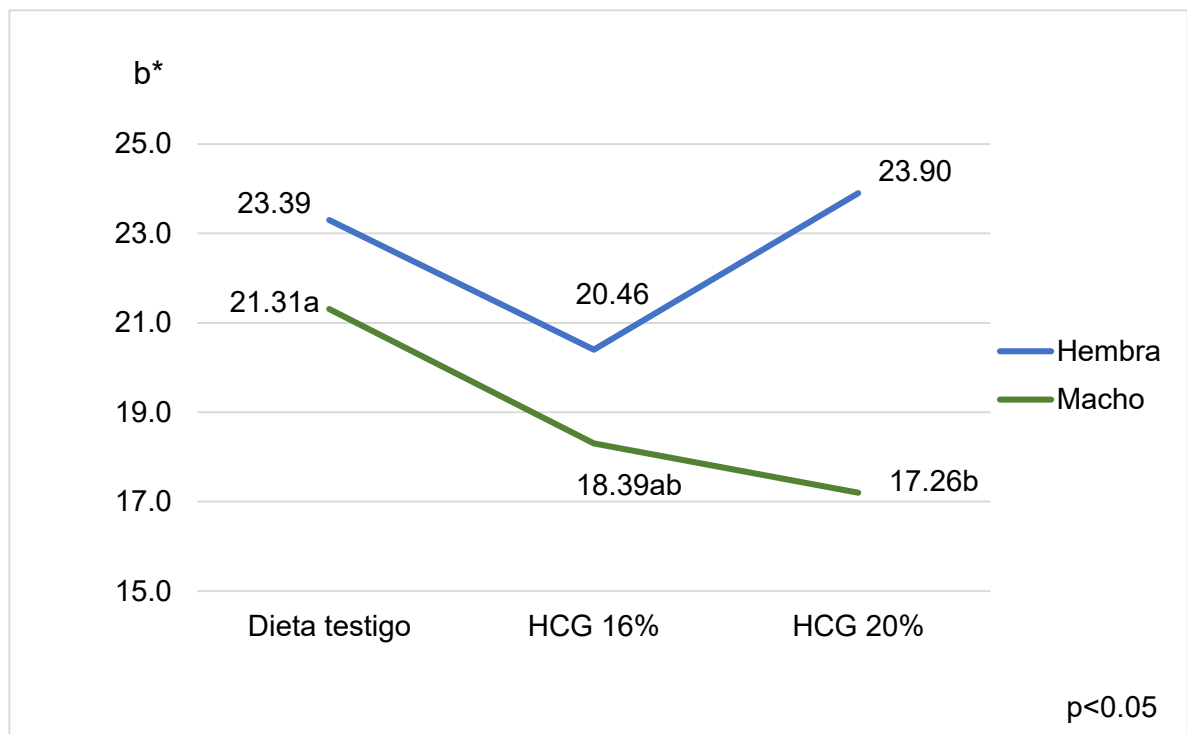


Figura 8. Amarillamiento cutáneo en pollos alimentados con diferentes porcentajes de sustitución de harina de calamar gigante.

La respuesta observada en el enrojecimiento cutáneo para el tratamiento con 16% de HCG que fue mayor (1.66 unidades  $a^*$ ) a la dieta testigo, no parece estar justificada con las cantidades crecientes de maíz utilizadas conforme se aumentó la inclusión de HCG en todas las fases, y este resultado es debido, probablemente, a que los pigmentos de la HCG aún no están bien definidos. Toyés (2016) determinó

cantidades de carotenoides totales de 11.5 mg/100 g en harina de vísceras de calamar, de los cuales, 5.4 mg/100 g fueron de astaxantina. Usando esta harina, enriqueció el huevo de gallina con astaxantina en 0.05 mg/100 g de huevo. Esto difiere con lo reportado por Ezquerria y col. (2017) y Aubourg y col. (2016) quienes, estudiaron el extracto de piel de calamar (*Dosidicus gigas*) y descartaron la presencia de carotenoides y melaninas en la piel, pero sí encontraron compuestos del tipo omocromos (utilizados por los animales para el camuflaje), también lipofílicos, sobre los cuales no hay suficiente información disponible.

La pigmentación obtenida se encontró dentro de los rangos propuestos para el mercado mexicano. Diversas fuentes sugieren que estos valores deben ir de 18-20 unidades b\* *in vivo* (Janky, 1986, mencionado por Tepox, 2013), para que después del procesamiento se alcancen las unidades b\* requeridas (41-48, Martínez y col., 2004; Castañeda y col., 2005; Janky, 1986, mencionado por Tepox, 2013).



Figura 9. Canales de pollos de engorda alimentados con diferentes inclusiones de harina de calamar a las 24 horas post-mortem.

DT = dieta testigo; D + 16% HCG = dieta más 16% de inclusión de harina de calamar gigante; D +20% HCG = dieta más 20% de inclusión de harina de calamar gigante. Ub\* = unidades de amarilleamiento.



### *Evaluación sensorial*

El cuadro 23 y las figuras 10, 11 y 12 muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de las piezas pechuga y pierna y muslo de los pollos experimentales. No hubo diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) a un valor tabulado de 16 para el sabor asociado con el tratamiento o la pieza probada; la preferencia del consumidor se localizó en las escalas de gusta mucho y gusta poco.

Cuadro 23. Resultados de la evaluación sensorial de las piezas pechuga y pierna + muslo de pollos alimentados con dietas con diferentes porcentajes de inclusión de harina de calamar gigante.

Tratamiento	DT	D + 16% HCG	D + 20% HCG
Suma de rangos			
Pechuga	50	47	61
Pierna + muslo	64	62	59

$p < 0.05$ ;  $n = 30$  (Análisis de Friedman para diferencias entre medias tratamientos contra control).

Padilla (2010) menciona que, de acuerdo a diversos estudios, el sabor de la carne de pollo se ve afectado por sus componentes naturales en su estado crudo, además de factores como la edad, sexo, genética, procesado, cocción y dieta, entre otros (Ramaswamy y Richards, 1982). Por muchos años, al utilizar alimentos no convencionales de origen marino ha sido preocupante el sabor a pescado o similares en la carne de pollo. Poste (1990, mencionado por Padilla, 2010) realizó un estudio donde suplementó con harina de pescado dietas de pollos en un 4, 8 y 12%, determinando que incluso estas cantidades pequeñas ejercen un efecto en el sabor. Las aves alimentadas con 8% de harina de arenque presentaron sabores desagradables a pescado, a rancio y a no fresco en la carne cruda, mismos que después de la cocción fueron menos aparentes, pero 24 horas después de refrigerada y reevaluada, estos sabores se incrementaron. En el presente estudio,

con carne cocida, ninguno de los jueces no entrenados refirió sabores a los antes descritos asociados a la inclusión de harina de calamar o a la pieza, hecho que concuerda con lo reportado por Sandoval (2011) al utilizar este mismo recurso.

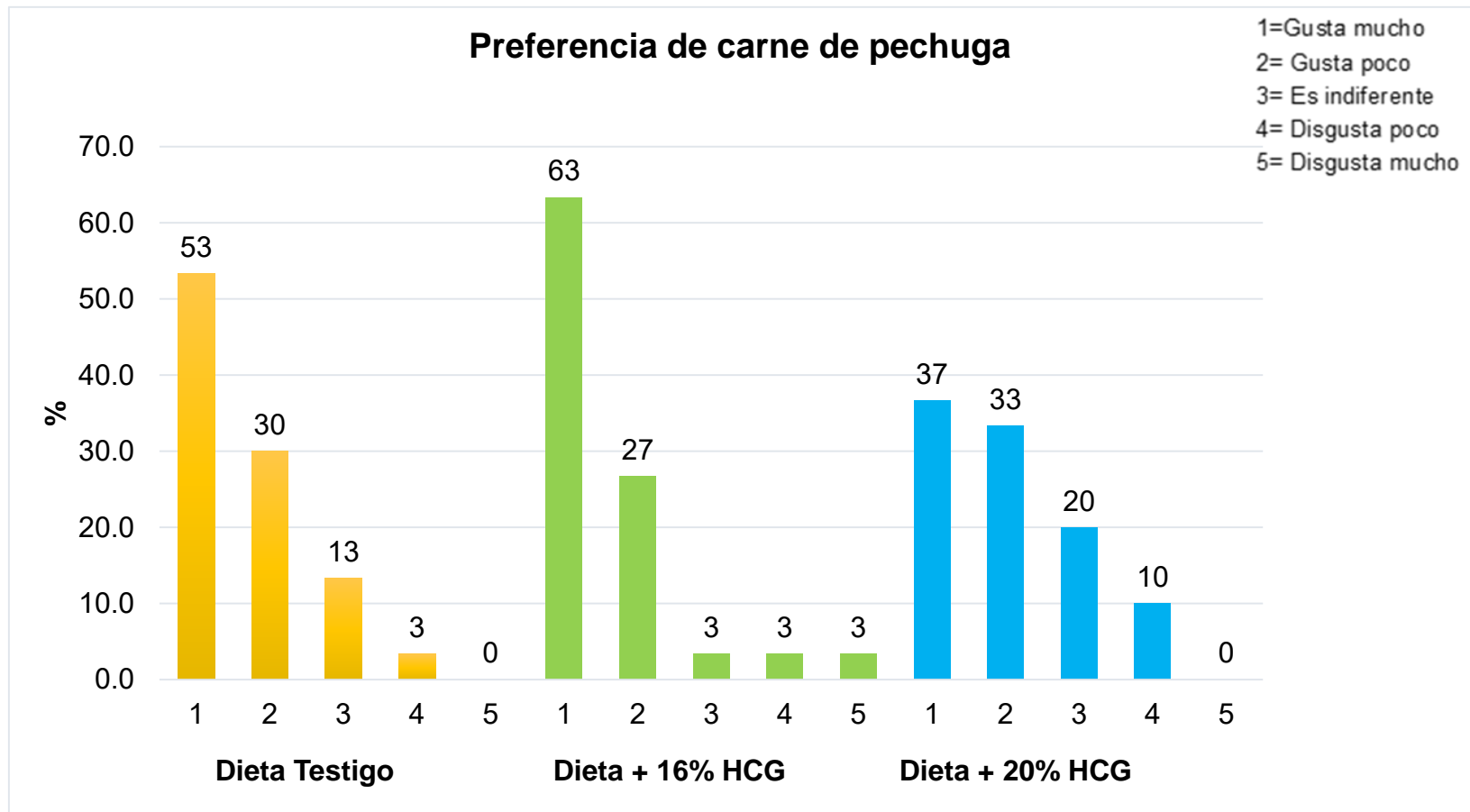


Figura 10. Porcentaje de preferencia de los jueces para la carne de pechuga.

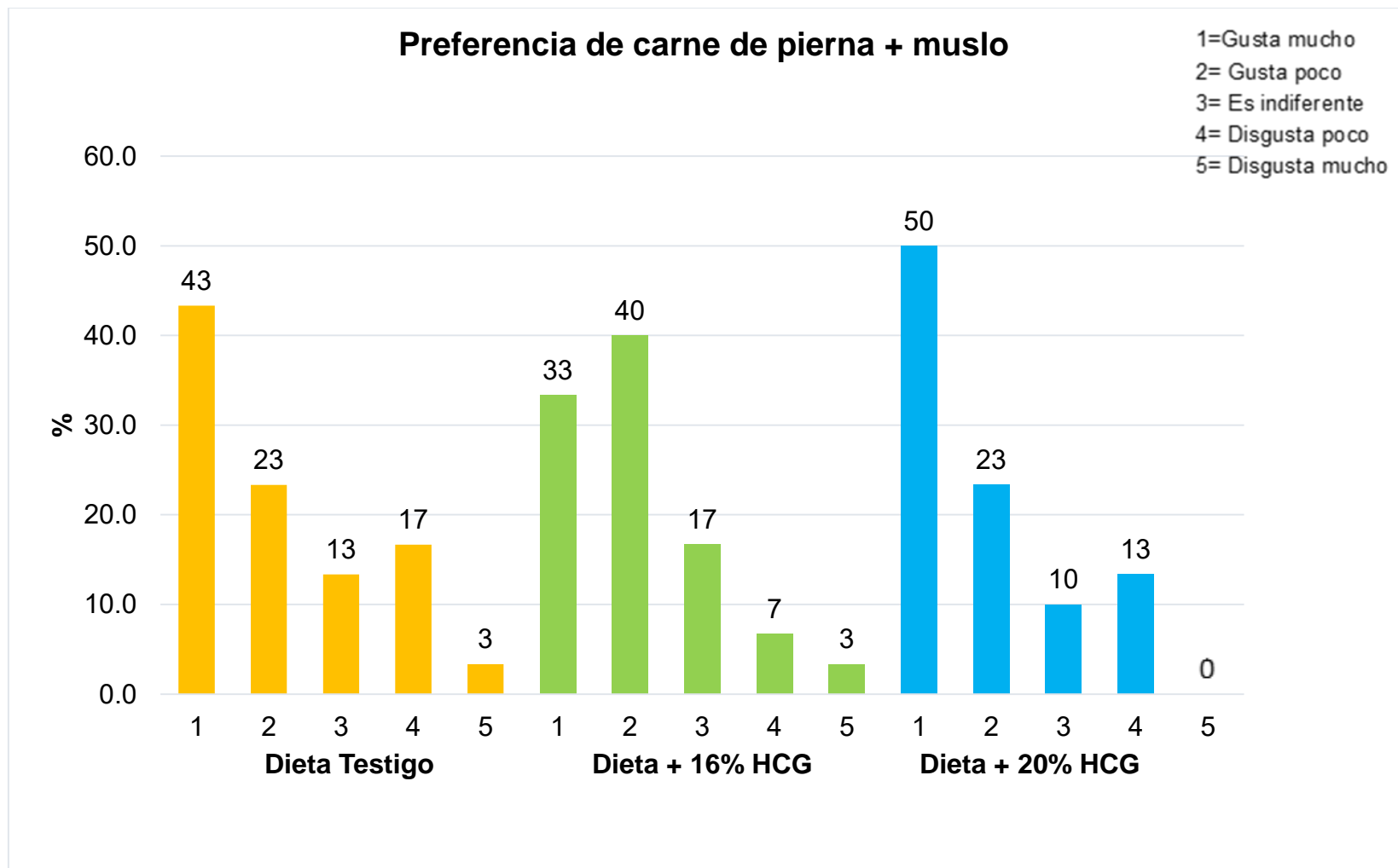


Figura 11. Porcentaje de preferencia de los jueces sobre la carne de pierna + muslo.

## Conclusiones

Bajo las condiciones de experimentación de este trabajo, la energía metabolizable de la harina de calamar gigante fue de 3376.16 kcal/kg y el promedio de la digestibilidad ileal aparente de los principales aminoácidos esenciales utilizados para formular las dietas del pollo de engorda fue similar al de la pasta de soya.

Asimismo, se concluye que la harina de calamar gigante se puede incluir en las dietas para pollo de engorda en todas las fases de producción (iniciación, crecimiento y finalización) hasta en 16%, en sustitución de la pasta de soya.

La inclusión de 20% de harina de calamar gigante ocasionó una disminución en el consumo de alimento de los pollos de engorda en la fase de crecimiento, pero no se afectó ni el índice de conversión ni la ganancia de peso.

La inclusión de hasta 20% de harina de calamar gigante no afectó el rendimiento de la canal caliente ni el sabor de la carne.

La harina de calamar gigante contribuyó al enrojecimiento de la pigmentación de la piel *in vivo*. Las diferencias en el amarilleamiento cutáneo tuvieron una tendencia asociada a la interacción del tratamiento con el sexo de las aves.

## Sugerencias

Se sugiere continuar con las investigaciones sobre el contenido y tipo de pigmentos en la harina de calamar gigante, así como su interacción con el factor sexo.

## Perspectivas

Los estudios a futuro con la harina de calamar gigante se deben orientar a buscar el nivel de inclusión adecuado para su empleo en las dietas de diferentes tipos de aves.

## Referencias

- Aghakhanian F, Zarei A, Lotfollahian H y Eila N (2009) "Apparent and true amino acid digestibility of artemia meal in broiler chicks" en *South African Journal of Animal Science* [En línea] vol. 39(2), pp. 158-162. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10520/EJC94607> [Accesado el 13 de junio de 2018]
- Akiyama DM, Dominy WG y Lawrence A (1993) Nutrición de camarones peneidos para la industria de alimentos comerciales. Memorias del Primer Simposio Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura. Cruz Suárez L.E., Ricque Marie D. Mendoza Alfaro R. (Eds.) Asociación Americana de la Soya. Facultad de Ciencias Biológicas. UANL. pp.43-79
- Alltech (Animal Nutrition, Animal Feed Supplements, Animal Health) (2017) *Encuesta global sobre alimentos balanceados de Alltech 2017*. Disponible en: <http://es.alltech.com/encuesta-global-sobre-alimento-balanceado-de-alltech> [Accesado el 13 de junio de 2018]
- Al-Marzooqi W, Al-Farsi M, Kadim I, Mahgoub O y Goddard J (2010) "The Effect of Feeding Different Levels of Sardine Fish Silage on Broiler Performance, Meat Quality and Sensory Characteristics under Closed and Open-sided Housing Systems" en *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* [En línea] vol. 23(12), pp.1614-1625. Disponible en: <https://www.ajas.info/journal/view.php?doi=10.5713/ajas.2010.10119> [Accesado el 13 de junio de 2018]
- Al-Marzooqi W, Kadim, IT y Mahgoub O (2011). "Influence of strain of chickens on ileal amino acids digestibility of different protein sources" en *International Journal of Poultry Science* [En línea] vol 10(4), pp 276-283. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/263351888\\_Influence\\_of\\_Strain\\_of\\_Chickens\\_on\\_Ilea\\_Amino\\_Acids\\_Digestibility\\_of\\_Different\\_Protein\\_Sources](https://www.researchgate.net/publication/263351888_Influence_of_Strain_of_Chickens_on_Ilea_Amino_Acids_Digestibility_of_Different_Protein_Sources) [Accesado el 13 de junio de 2018]
- AMINODat 5.0 (2016) Evonik Nutrition and Care GmbH. Ver 1.02.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (2005) *Official methods of analysis*. 18a. Washington DC, Ed. Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (1990). *Official methods of analysis*. 15a. Washington DC, Ed. Association of Official Analytical Chemists.
- Armenta AF (2006) *Elaboración y evaluación de vida de anaquel de salchichas tipo frankfurter a partir de músculo de calamar gigante (Dosidicus gigas)*. Tesis de Licenciatura. México, Instituto Tecnológico de los Mochis Sinaloa.

- Aubourg SP, Torres-Arreola W, Trigo M y Ezquerro-Brauer JM (2016) "Partial characterization of jumbo squid skin pigment extract and its antioxidant potential in a marine oil system" en *European Journal of Lipid Science and Technology* [En línea] vol. 118, pp. 1293–1304. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ejlt.201500356> [Accesado el 13 de junio de 2018]
- Audiffred PM (1988) *Fuentes no tradicionales de alimentos y su empleo en la alimentación de las aves de 1980 a 1986. Estudio recapitulativo*. Tesis de Licenciatura. México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Aviagen (2014a) *Broiler Ross 308: Especificaciones de nutrición*. Disponible en: [http://es.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Spanish\\_TechDocs/Ross308BroilerNutritionSpecs2014-ES.pdf](http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/Ross308BroilerNutritionSpecs2014-ES.pdf) [Accesado el 13 de junio de 2018]
- Aviagen. (2014b) *Broiler Ross 308: Objetivos de Rendimiento*. Disponible en: [http://eu.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Spanish\\_TechDocs/Ross-308-Broiler-PO-2014-ES.pdf](http://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/Ross-308-Broiler-PO-2014-ES.pdf) [Accesado el 13 de junio de 2018]
- Ávila GE (2010) *Alimentación de las aves*. Segunda edición. México, Editorial Trillas.
- Badui DS (2012) *Química de los Alimentos*. Quinta Edición. México, Editorial Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Barnes DM, Kirby YK y Oliver KG (2001) "Effects of Biogenic Amines on Growth and The Incidence of Proventricular Lesions in Broiler Chickens" en *Poultry Science* [En línea] vol. 80 (7), pp. 906–911. Disponible en: <https://academic.oup.com/ps/article-abstract/80/7/906/1584641?redirectedFrom=fulltext> [Accesado el 13 de junio de 2018]
- Bazán M, Gámez S y Reyes WE (2009) "Rendimiento reproductivo de hembras de *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae) mantenidas con alimento natural" en *Revista Peruana de Biología* [En línea] vol. 16(2). Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/205> [Accesado el 11 de junio de 2017]
- Bello RA y Fernandez Y (1995) "Evaluation of biological fish silage in broiler chicken" en *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* [En línea] vol. 45(2), pp. 134-139. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8729265> [Accesado el 13 de junio de 2018]
- Belmar R y Nava R (2005) "*Factores anti nutricionales en la alimentación de animales monogástricos*" [En línea] Disponible en: [http://avpa.ula.ve/eventos/viii\\_encuentro\\_monogastricos/curso\\_alimentacion\\_no\\_convencional/conferencia-5.pdf](http://avpa.ula.ve/eventos/viii_encuentro_monogastricos/curso_alimentacion_no_convencional/conferencia-5.pdf) [Accesado el 13 de junio de 2018]
- Berenz Z (1994) "Utilización del ensilado de residuos de pescado en pollos" En Figueroa V y Sánchez M. (Eds) *Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticios en la alimentación animal* [En línea] pp.15-29. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/018/w4132s/w4132s.pdf> [Accesado el 25 de julio de 2017]



- Bermúdez MJE y Delgado VB (2011) “*Determinación de la digestibilidad de los aminoácidos en la harina de calamar (*Dosidicus gigas*) para pollos de engorda*”. Reporte de servicio social. México, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.
- Bertechini AG (2012) “*Niveles de Proteína y Aminoácidos en Avicultura*”. Disponible en: [http://amevea-ecuador.org/web\\_antigua/memorias2012/memorias/PRO TEINA AMINOACIDOS EN AVICULTURA DR BERTECHINI.pdf](http://amevea-ecuador.org/web_antigua/memorias2012/memorias/PRO_TEINA_AMINOACIDOS_EN_AVICULTURA_DR_BERTECHINI.pdf) [Accesado el 18 de julio de 2017]
- Botero, R (1998) *Efecto del uso de harina de camarón bajo dos métodos de secado en dietas de pollos de engorde*. Tesis de licenciatura. Honduras, El Zamorano.
- Bretensky M, Nitrayová S, Heger J, Patrás P, Rafay J y Sirotkin A (2014) “Methods for determination reactive lysine in heat-treated food and feeds” en *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* [En línea] Vol 4(1), pp. 13-15. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/267209225\\_Methods\\_for\\_determination\\_reactive\\_lysine\\_in\\_heat-treated\\_foods\\_and\\_feeds](https://www.researchgate.net/publication/267209225_Methods_for_determination_reactive_lysine_in_heat-treated_foods_and_feeds) [Accesado el 9 de octubre de 2018]
- Calvo MC, Carranco JME, Salinas CA y Carillo DS (2016) “Composición química de harina de calamar gigante *Dosidicus gigas*” en *Archivos Latino Americanos de Nutrición* [En línea] vol. 66(1) pp. 74-81. Disponible en: <http://www.alanrevista.org/ediciones/2016/1/art-9/> [Accesado el 18 de julio de 2017]
- Caravaca, RFP et al., (2005) *Bases de la producción animal*. Vol 61. España, Universidad de Sevilla.
- Castañeda MP, Hirschler EM y Sams AR (2005) “Skin pigmentation evaluation in broilers fed natural and synthetic pigments” en *Poultry Science* [En línea] Vol 84 (1), pp. 143-147. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/8046438\\_Skin\\_pigmentation\\_evaluation\\_in\\_broilers\\_fed\\_natural\\_and\\_synthetic\\_pigments](https://www.researchgate.net/publication/8046438_Skin_pigmentation_evaluation_in_broilers_fed_natural_and_synthetic_pigments) [Accesado el 29 de julio de 2018]
- Castro MKV (2014) *Evaluación del comportamiento del pollo broiler durante el proceso productivo, alimentado con harina de camarón a diferentes niveles (7, 14, 21 y 28%) en sustitución parcial de la torta de soya como fuente de proteína en la formulación de balanceado*. Tesis de Licenciatura. Ecuador, Universidad Politecnica Salesiana Sede Quito.
- Coca-Sinova A de, Valencia DG, Jiménez-Moreno E, Lázaro R y Mateos GG (2008) “Apparent Ileal Digestibility of Energy, Nitrogen, and Amino Acids of Soybean Meals of Different Origin in Broilers” en *Poultry Science* [En línea] Vol. 87 (12), pp. 2613–2623. Disponible en: <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00182> [Accesado el 27 de agosto de 2018]
- Córdova E y Bello R (1986) “Procesamiento y evaluación de ensilado de pescado a partir de la fauna de acompañamiento del camarón” en *Archivos Latino Americanos de Nutrición* [En línea] vol. 36(3), pp. 522-35. [Consultado el 25-07-2017].

- Córdova RJS (2016) *Efecto del polvo proteico de pota (Dosidicus gigas) como insumo en la elaboración de yogurt*. Tesis de Maestría. Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos Facultad de Farmacia y Bioquímica Unidad de Posgrado.
- Corzo A, Kidd MT, Dozier WA y Vieira SL (2007) "Marginality and Needs of Dietary Valine for Broilers Fed Certain All-Vegetable Diets" en *The Journal of Applied Poultry Research* [En línea] vol. 16 (4), pp. 546–554. Disponible en: <https://doi.org/10.3382/japr.2007-00025> [Accesado el 13 de junio de 2017].
- Cozzolino D (2002) "Uso de la espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) en el análisis de alimentos para animales" en *Agrociencia* [En línea] vol. 6, pp. 25-32. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/index.php/directorio/article/viewFile/543/452> [Accesado el 18 de julio de 2017].
- Cruz-Suárez LE, Guillaume J y Van Wormhoudt A (1987) Effect of various levels of squid protein on growth and some biochemical parameters of *Penaeus japonicus* juveniles. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 53, 2083-2088.
- Dale N y Valenzuela C (2016) "Nutritional properties of dried salmon silage for broiler feeding" en *Animal Science Journal* [En línea] vol. 87, pp. 791–795 Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/asj.12480> [Accesado el 13 de junio de 2018]
- Darsana M y Sreekumar K (2012) "Effect of processed fish wastes supplementation on blood biochemical and meat composition of broiler chicken" en *Iranian Journal of Veterinary Research*, [En línea] vol.13(3), pp. 186-194. Disponible en: [http://ijvr.shirazu.ac.ir/article\\_357.html](http://ijvr.shirazu.ac.ir/article_357.html) [Accesado el 13 de junio de 2018]
- DOF (Diario Oficial de la Federación) (2014) *Acuerdo por el que se da a conocer el plan de manejo pesquero de calamar gigante (Dosidicus gigas)*. Ciudad de México.
- DIEES (Dirección de Investigación y Evaluación Económica Sectorial) (2016) *Panorama agroalimentario, Avicultura carne 2016*. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200631/Panorama\\_Agroalimentario\\_Avicultura\\_Carne\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200631/Panorama_Agroalimentario_Avicultura_Carne_2016.pdf) [Accesado el 17 de abril de 2018]
- Eyng C, Nunes RV, Pozza PC, Silva WD, Navarini FC y Henz JR (2010) "Farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias em rações para frangos de corte" en *Revista Brasileira de Zootecnia* [En línea] vol. 39(12), pp. 2670-2675. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001200016> [Accesado el 13 de junio de 2018]
- Ezquerria BJM, Díaz AC y Fenucci JL (2007) "Harina de calamar" En: García GT, Villarreal CH y Fenucci JL. Eds. *Manual de ingredientes proteicos y aditivos empleados en la formulación de alimentos balanceados para camarones peneidos*. Pp. 41-55. Argentina, Editorial Universitaria de Mar del Plata. Disponible en: [https://www.cibnor.mx/images/stories/biohelis/pdfs/MANUAL\\_INGREDIENTES\\_PROTEICOS.pdf](https://www.cibnor.mx/images/stories/biohelis/pdfs/MANUAL_INGREDIENTES_PROTEICOS.pdf) [Accesado el 18 de julio de 2017]

- Ezquerria BJM, Miranda JM, Trigo M, Chan-Higuera JE, Torres-Arreola W, Barros-Velázquez J y Aubourg SP (2017) "Utilización de un extracto lipófilo de piel de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) como fuente de componentes conservantes durante la comercialización de especies marinas" en *Revista investigación cultura ciencia y tecnología* [En línea] vol. 9 (18), pp. 59-64. Disponible en: [http://www.institutociencia.es/sites/default/files/revista\\_icct\\_18.pdf](http://www.institutociencia.es/sites/default/files/revista_icct_18.pdf) [Accesado el 13 de junio de 2018]
- Fanimio AO, Mudama E, Umukoro TO y Oduguwa OO (1996) "Substitution of shrimp waste-meal for fishmeal in broiler chicken rations" en *Tropical Agriculture* (Trinidad) vol. 73, pp. 201-205.
- Frade NNJ, Hernández VX, Fuente MB, Quiroz PM, Ávila GE y Tellez G (2016) "Effect of the infection with *Eimeria acervulina*, *E. maxima* and *E. tenella* on pigment absorption and skin deposition in broiler chickens" en *Archivos de medicina veterinaria* [En línea] vol. 48(2), pp. 199-207. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2016000200010> [Accesado el 13 de junio de 2018]
- Francesch M (2001) "Sistemas para la valoración energética de los alimentos en aves" en *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* [En línea] vol. 9(1), pp. 35-42. Disponible en: <http://www.alpa.org.ve/PDF/Arch%2009-1/Arch%209-1-35.pdf> [Accesado el 18 de julio de 2017]
- Gómez CFE (2014) *Evaluación del valor nutricional y pigmentante de la harina de cangrejo *Procambarus clarkii*, para la alimentación de gallinas semipesadas y pollos de engorde como método de control poblacional del cangrejo*. Tesis Doctoral. Colombia, Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira.
- Gómez GM, Ortiz MA, Perea RC y López FJ (2014) "Evaluación del ensilaje de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis spp*) en alimentación de pollos de engorde" en *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [En línea] Vol 12 No. 1 (106-114) Enero – junio 2014. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n1/v12n1a13.pdf> [Accesado el 10 de junio de 2018]
- Guevara YJ, Bello RA y Montilla JJ (1991) "Evaluación del ensilado de pescado elaborado por vía microbiológica como suplemento proteínico en dietas para pollos de engorde" en *Archivos Latinoamericanos de nutrición* [En línea] vol. 41(2), pp. 246-56. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/21343416\\_Evaluation\\_of\\_fish\\_silage\\_prepared\\_by\\_microbiological\\_route\\_as\\_a\\_proteinic\\_supplement\\_in\\_diets\\_for\\_fattening\\_chickens](https://www.researchgate.net/publication/21343416_Evaluation_of_fish_silage_prepared_by_microbiological_route_as_a_proteinic_supplement_in_diets_for_fattening_chickens) [Accesado el 13 de junio de 2018]
- Hashimoto K, Watabe S y Kono M (1979) "Muscle protein composition of sardine and mackerel" en *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* [En línea] vol. 4(11), pp. 1435-1441. Disponible en: [http://agris.fao.org/agris-search/search.do;jsessionid=05BB1C11B21759D9C51B439E0FC033B7?request\\_locale=es&recordID=JP19800543519&sourceQuery=&query=&sortField=&sortOrder=&agrovocString=&advQuery=&centerString=&enableField](http://agris.fao.org/agris-search/search.do;jsessionid=05BB1C11B21759D9C51B439E0FC033B7?request_locale=es&recordID=JP19800543519&sourceQuery=&query=&sortField=&sortOrder=&agrovocString=&advQuery=&centerString=&enableField) [Accesado el 13 de junio de 2018]

- Hodgkinson SM (2006) "Evaluation of the quality of protein sources for inclusion in diets for monogastric animals" en *Revista Latinoamericana en Ciencias de la Agricultura y Ambientales*, [En línea], vol. 33(2), pp. 65-72 Disponible en: <https://rcia.uc.cl/index.php/rcia/article/view/330> [Accesado el 13 de junio de 2018]
- Huang K, Bryden WL, Ravindran V y Li X (2000) "Ileal protein digestibility of selected feedstuffs determined with adult cockerels, layers and broilers" en *Asian-Australian Journal Animal Science* [En línea] vol. 13 Julio, pp. 137. Disponible en: [http://www.asap.asn.au/livestocklibrary/2000/Huang\\_0556.pdf](http://www.asap.asn.au/livestocklibrary/2000/Huang_0556.pdf) [Accesado el 18 de julio de 2017]
- Hulan HW, Proudfoot FG y Zarkadas CG (1979) "The nutritional value and quality of squid (*Illex illecebrosus*) meal as source of dietary protein for broiler chicken" en *British Journal of Nutrition. Cambridge University Press* [En línea] vol. 41(1), pp.163–73. Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/the-nutritional-value-and-quality-of-squid-illex-illecebrosus-meal-as-source-of-dietary-protein-for-broiler-chicken/B155345D3CF43DACBC1D5371A711286D> [Accesado el 18 de julio de 2017]
- Ilian MA, Bond CA, Salman AJ y Al-Hooti S (1985) "Evaluation of shrimp by-catch meal as broiler feedstuff" en *Nutrition reports international* [En línea] vol. 31(2), pp. 487-492. Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US19850077903> [Accesado el 18 de julio de 2017]
- IndexMundi. (2018) *Mexico Soybean Meal Production by Year (1000 MT) 2017* [En línea]. Disponible en: <http://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=soybeanmeal&graph=production> [Accesado el día 17 de Abril de 2018].
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2018) Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/default.aspx?ag=090110001> [Accesado el día 10 de julio de 2018]
- Ingweye JN, Okon BI, Ubuja JA y Essien AI (2010) "Performance of broiler chickens fed fish and shrimp wastes" en *Asian Journal of Animal Sciences* [En línea] vol. 4(3), pp. 164-169. Disponible en: <https://scialert.net/abstract/?doi=ajas.2008.58.63> [Accesado el 11 de julio de 2018]
- ITIS (Integrated Taxonomic Information System) (2012) *Dosidicus gigas* TSN 82538. Serial No.: 82538 Disponible en: [http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=82538](http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=82538)
- Karadas F, Erdoğan S, Kor D, Oto G y Uluman M (2016) "The effects of different types of antioxidants (se, vitamin e and carotenoids) in broiler diets on the growth performance, skin pigmentation and liver and plasma antioxidant concentrations" en *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, [En línea] vol. 18(1), pp. 101-116. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1590/18069061-2015-0155> [Accesado el 15 de julio de 2018]

- Khempaka S, Chitsatchapong C y Molee W (2011) "Effect of chitin and protein constituents in shrimp head meal on growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbial populations, volatile fatty acids, and ammonia production in broilers" en *Journal Applied of Poultry Research* [En línea] vol. 20 (1), pp. 1-11. Disponible en: doi: 10.3382/japr.2010-00162 [Accesado el 15 de julio de 2018]
- Khempaka S, Koh K y Karasawa Y (2006) "Effect of shrimp meal on growth performance and digestibility in growing broilers" en *The Journal of Poultry Science*, [En línea] vol. 43(3), pp. 250-254. Disponible en: <http://doi.org/10.2141/jpsa.43.250> [Accesado el 15 de julio de 2018]
- Kidd MT, Corzo A, Hoehler D, Miller ER y Dozier 3rd WA (2005) "Broiler responsiveness (Ross x 708) to diets varying in amino acid density" en *Poultry science* [En línea] vol. 84(9), pp. 1389-1396. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/7558058\\_Broiler\\_responsiveness\\_Ross\\_x\\_708\\_to\\_diets\\_varying\\_in\\_amino\\_acid\\_density](https://www.researchgate.net/publication/7558058_Broiler_responsiveness_Ross_x_708_to_diets_varying_in_amino_acid_density)
- Kjos N, Herstad O, Øverland M y Skrede A (2000) "Effects of dietary fish silage and fish fat on growth performance and meat quality of broiler chicks" en *Canadian Journal of Animal Science*, [En línea] vol. 80(4), pp. 625-632. Disponible en: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.4141/A00-039#.W1-ok9VKjIU> [Accesado el 15 de julio de 2018]
- Kluth H y Rodehutsord M (2006) "Comparison of amino acid digestibility in broiler chickens, turkeys, and Pekin ducks" en *Poultry science*, [En línea] vol. 85(11), pp. 1953-1960. Disponible en: <https://academic.oup.com/ps/article/85/11/1953/2962600> [Accesado el 15 de julio de 2018]
- Kong C y Adeola O (2014) "Evaluation of Amino Acid and Energy Utilization in Feedstuff for Swine and Poultry Diets" en *Asian-Australasian Journal of Animal Science* [En línea] vol. 27(7), pp. 917-925. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840116302115> [Accesado el 18 de julio de 2017]
- Krishnamoorthy U, Muscato TV, Sniffen CJ y Van Soest PJ (1982) Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *Journal of Dairy Science* [En línea] vol. 65, pp. 217-225. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/250205659\\_Nitrogen\\_Fractions\\_in\\_Selected\\_Feedstuffs](https://www.researchgate.net/publication/250205659_Nitrogen_Fractions_in_Selected_Feedstuffs) [Accesado el 15 de julio de 2018]
- Krogdahl, Å (1985) "Fish Viscera Silage as a Protein Source for Poultry: I. Experiments with Layer-type Chicks and Hens" en *Acta agriculturae scandinavica* [En línea] vol. 35(1), 3-23. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00015128509435754> [Accesado el 15 de julio de 2018]
- Kuehl R (2001) *Diseño de experimentos: principios estadísticos de diseño y análisis de investigaciones* Segunda Edición. Estados Unidos, Thomson Learning.

- Lázzari GL y Paganini JL (1999) "Dimorfismo sexual en el crecimiento muscular y óseo en pollos parrilleros de la línea Cobb 500" *Revista de la Facultad de Agronomía* [En línea] vol. 19, pp. 75-79. Disponible en: <http://ri.agro.uba.ar/files/download/revista/facultadagronomia/1999lazzarigl.pdf> [Accesado el 15 de julio de 2018]
- Leeson S y Summers JD (2001) *Scott's Nutrition of the Chicken*. 4th Edithion. Pp. 68. Canada, University Books.
- Leeson S y Summers JD (2005) *Commercial poultry nutrition*, University Books Canada; 3rd edition, pp535.
- Leenstra FR (1986) "Effect of age, sex, genotype and environment on fat deposition in broiler chickens. Fat deposition in a broiler sire strain" en *World's Poultry Science Journal* [En línea] vol. 42, pp. 12-25. Disponible en: <https://doi.org/10.1079/WPS19860002> [Accesado el 15 de julio de 2018]
- Lemme A, Ravindran V y Bryden WL (2004) "Ileal digestibility of amino acids in feed ingredients for broilers" en *World's Poultry Science Association* [En línea] vol. 60(4), pp 423–38 Disponible en: <https://doi.org/10.1079/WPS200426> [Accesado el 18 de julio de 2017]
- Lipstein B, Bornstein S y Bartov I (2007) "The replacement of some of the soybean meal by the first-limiting amino acids in practical broiler diets" en *British Poultry Science*, [En línea] vol.16(6), pp. 627-635. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1170007> [Accesado el 15 de julio de 2018]
- Locatelli ML y Lemme A (2007) "Aplicando la digestibilidad ileal estándar de aminoácidos en pollos" Disponible en: [http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Produccion\\_Animal/Fundamentos\\_II/Bases\\_Anatomicas\\_y\\_Fisiologicas/Lectura\\_taller/Aplicando\\_la\\_digestibilidad\\_ileal\\_estandar\\_de\\_amin.p](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Produccion_Animal/Fundamentos_II/Bases_Anatomicas_y_Fisiologicas/Lectura_taller/Aplicando_la_digestibilidad_ileal_estandar_de_amin.p) [Accesado el 15 de julio de 2018]
- López KP, Schilling MW y Corzo A (2011) "Broiler genetic strain and sex effects on meat characteristics" en *Poultry Science*, [En línea] vol. 90(5), pp. 1105-1111. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21489961> [Accesado el 15 de julio de 2018]
- Mahata ME, Dharma A, Ryanto HI y Rizal Y (2008) "Effect of substituting shrimp waste hydrolysate of *Penaeus merguensis* for fish meal in broiler performance" en *Pakistan journal of Nutrition* [En línea] vol. 7(6), pp. 806-810. Disponible en: <http://www.academia.edu/download/33447281/fin1024.pdf> [Accesado el 15 de julio de 2018]
- Maigualema MA y Gernat AG (2003) "The Effect of Feeding Elevated Levels of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) By-product Meal on Broiler Performance and Carcass Characteristics" en *International Journal of Poultry Science* [En línea] vol. 2 (3), pp. 195-199. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.558.6910&rep=rep1&type=pdf> [Accesado el 15 de julio de 2018]

- Manríquez JA (1994) La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos. Disponible en: <http://www.fao.-org/docrep/field/003/AB482S/AB482S08.htm> [Accesado el 15 de julio de 2018]
- Margalith PZ (1999) "Production of ketocarotenoids by microalgae" en *Applied Microbiology Biotechnology* [En línea] vol. 51 pp. 431-438
- Martínez GAI (1996) *Evaluación de los valores de pigmentación de la piel en la pechuga de pollo de engorda comparándola con otras regiones anatómicas medidas con un colorímetro de reflectancia*. Tesis de Licenciatura. México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Martínez PM, Cortés CA y Ávila GE (2004) "Evaluación de tres niveles de pigmento de flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) sobre la pigmentación de la piel en pollos de engorda" en *Técnica Pecuaria en México* [En línea] vol. 42 (1), pp. 105-111. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61342109>
- Martínez-Vega JA, Cruz-Suárez LE y Ricque-Marie D (2000) "Composición corporal y el proceso de secado del calamar gigante *Dosidicus gigas*" en *Ciencia y Mar* [En línea] vol. 4 (11), pp. 35-38. Disponible en: <http://www.umar.mx/revistas/11/dosidicus.pdf> [Accesado el 15 de julio de 2018]
- Mateos GG, Lázaro R y Gracia MI (2002) *Modificaciones nutricionales y problemática digestiva en aves*. XVIII Curso de Especialización FEDNA: Avances en Nutrición y Alimentación Animal [Internet]. Madrid, España. Pp. 13- 37. Disponible en: [http://www.fundacionfedna.org/publicaciones\\_2002](http://www.fundacionfedna.org/publicaciones_2002) [Accesado 19 de Julio de 2017]
- Maza S, Rosales M y Castro R (2003) "Efecto de un proceso de lixiviación ácida salina sobre la calidad del surimi de *Dosidicus gigas* "pota" en *Boletín de Investigación del Instituto Tecnológico Pesquero del Perú*, [En línea] vol. 5, pp. 81-88. Disponible en: <http://repositorio.itp.gob.pe/handle/ITP/103> [Accesado 19 de Julio de 2017]
- Medellín VS, Sandoval MAL, Pablo SE, Morales BE, Carranco ME, González AM, Prado ROF, Pliego CA y González J (2010) Efecto de la adición de Harina de calamar (*Dosidicus gigas*) en dietas para pollos de engorda, sobre los niveles de anticuerpos contra Newcastle y células plasmáticas. MEMORIAS DE LA TERCERA REUNIÓN ANUAL DE LA ASOCIACIÓN DE ESPECIALISTAS EN CIENCIAS AVÍCOLAS DEL CENTRO DE MÉXICO AC (AECACEM) Querétaro 2010. Pp71-78
- Muñoz-Díaz JI, Fuente-Martínez B, Hernández-Velasco X y Ávila-González E (2012) Skin pigmentation in broiler chickens fed various levels of metabolizable energy and xanthophylls from *Tagetes erecta* en *The Journal of Applied Poultry Research* [En línea] vol. 21 (4), pp. 788–796. Disponible en: <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00507> [Accesado 19 de Julio de 2018]
- NRC (National Research Council) (1984) *Nutrient Requirements of Poultry: Eight Revised Edition*. nrc
- Nevarez MM, Rivera PG, Díaz UJ, Martínez AS y Cervantes VC (2014) Calamar gigante *Dosidicus gigas* del Océano Pacífico. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México, Evaluación y Manejo [En línea]. 1st ed. Jalisco, México: Instituto Nacional de la Pesca y SAGARPA; 2014. p. 49-84.

- Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/117692/Sustentabilidad-y-PescaResponsable-en-Mexico.-2014-web.pdf> [Accesado el 19 de Julio de 2017]
- Nigmatulli CM, Nesis KN y Arkhipkin AI (2001) A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) en *Fisheries Research* [En línea] vol. 54 (1), pp. 9-19. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(01\)00371-X](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(01)00371-X) [Accesado el 19 de julio de 2017].
- NOM-033-ZOO-1995. Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres.
- NOM-062-ZOO-1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio.
- Oduguwa OO, Fanimi AO, Olayemi O y Oteri N (2004) "The feeding value of sun-dried shrimp waste-meal based diets for starter and finisher broilers" en *Archivos de Zootecnia* [En línea] vol. 53(201), pp. 87-90. Disponible en: <http://www.redalyc.org:9081/articulo.oa?id=49520109> [Accesado el 11 de julio de 2018]
- OECD/FAO (2017) *OECD-FAO Agricultural Outlook 2017-2026*. OECD Publishing, Paris Disponible en: [https://read.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/ocde-fao-perspectivas-agricolas-2017-2026/carne\\_agr\\_outlook-2017-10-es#page9](https://read.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/ocde-fao-perspectivas-agricolas-2017-2026/carne_agr_outlook-2017-10-es#page9) [Accesado el 14 de junio de 2018]
- Ojewola GS, Okoye FC y Ukoha OA (2005) "Comparative utilization of three animal protein sources by broiler chickens" en *International Journal of Poultry Science* [En línea] vol. 4(7), pp. 462-467. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/d07a/c17ff8782f26de93e1b991bf7d9d60592e77.pdf> [Accesado el 11 de julio de 2018]
- Okoye FC, Ojewola GS y Njoku-Onu K (2005) "Evaluation of shrimp waste meal as a probable animal protein source for broiler chicken" en *International Journal of Poultry Science* [En línea] vol. 12, pp. 456-461. Disponible en: <https://scialert.net/abstract/?doi=ijps.2005.458.461> [Accesado el 11 de julio de 2018]
- Ologhobo AD, Balogun AM y Bolarinwa BB (1988) "The replacement value of fish silage for fish meal in practical broiler rations" en *Biological wastes* [En línea] vol. 25(2), pp. 117-125. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0269748388901012> [Accesado el 11 de julio de 2018]
- Padilla S (2010) Quality Characteristics of Poultry Products, en Guerrero (2010) *Handbook of Poultry Science and Technology: Primary processing*, Volume 1, Estados Unidos, Wiley.
- Pangborn RM y Pedrero DL (1996) *Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos*. México D.F.: Alhambra Mexicana, pp. 40-61.
- Pedrero DL y Pangborn RM (1989). *Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos*. Ediciones Alhambra Mexicana.
- Ponce L y Gernat A (2002) "The effect of using different levels of tilapia by product meal in broilers diets" en *Poultry Science* [En línea] vol. 81, pp. 1045-1049. Disponible en:



<https://pdfs.semanticscholar.org/cb3c/993d23e5b774936ae7c258e888d25412b352.pdf> [Accesado el 11 de julio de 2018]

- Ponce S (2000) *Efecto del uso de harina de desechos de tilapia en dietas de pollos de engorde*. Tesis de licenciatura. Honduras, Zamorano.
- Poste LM (1990) "A sensory perspective of effect of feeds on flavor in meats: poultry meats" en *Journal of animal science* [En línea] vol. 68, pp. 4414-4420. Disponible en: [http://blog.ub.ac.id/fawzy/files/2013/09/A-sensory-perspective-of-effect-of-feeds-on-flavor-in-meats-poultry-meats\\_3.pdf](http://blog.ub.ac.id/fawzy/files/2013/09/A-sensory-perspective-of-effect-of-feeds-on-flavor-in-meats-poultry-meats_3.pdf)
- Potencia A, Murakami AE, Ospina-Rojas IC y Muller Fernandes JI (2015). "Relación valina:lisina digestible en la dieta de pollos de engorda" en *Revista mexicana de ciencias pecuarias* [En línea] vol. 6; pp.25-37. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242015000100003&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242015000100003&lng=es&nrm=iso) [Accesado el 11 de julio de 2018]
- Potter LM, Matterson LD, Arnold WJ, Pudelkiewicz WJ y Singesen EP (1960) "Studies in evaluating energy content of feeds for the chick: I. The evaluation of the metabolizable energy and productive energy of alpha cellulose" en *Poultry Science* [En línea] vol. 39, pp. 1166-1178. Disponible en: <https://academic.oup.com/ps/article-abstract/39/5/1166/1481868?redirectedFrom=fulltext> [Accesado el 11 de julio de 2018]
- Rahman M y Koh K (2015) "Effect of chemical treated shrimp meal on growth performances of broilers" The 5th international conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries, October 27-30, Thailand. pp 139.
- Rahman M y Koh K (2016) "Effects of formic acid-treated shrimp meal on growth performance and nutrient digestibility in broilers" en *The Journal of Poultry Science* [En línea] vol. 53(3), pp. 208-212. Disponible en: <https://doi.org/10.2141/jpsa.0160015> [Accesado el 11 de julio de 2018]
- Ramaswamy HS y Richards JF (1982) "Flavor of poultry meat—a review" en *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal* [En línea] vol. 15(1), pp. 7-18. Disponible en: <https://doi.org/10.2141/jpsa.0160015> [Accesado el 11 de julio de 2018]
- Ramírez PM (2008). *Aprovechamiento de la harina de calamar *Dosidicus gigas* D'Orbigny 1835 como fuente de proteína en gallinas ponedoras *Bovans White**. Tesis de Licenciatura. México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ravindran V y Bryden WL(1999) "Amino acid availability in poultry—In vitro and in vivo measurements" en *Australian Journal of Agricultural Research* [En línea] vol. 50(5), pp. 889-908. Disponible en: [https://ses.library.usyd.edu.au/bitstream/2123/2276/1/Ravindran\\_V\\_and\\_Bryden\\_W.L.\\_1999.pdf](https://ses.library.usyd.edu.au/bitstream/2123/2276/1/Ravindran_V_and_Bryden_W.L._1999.pdf) [Accesado el 11 de julio de 2018]

- Ravindran V, Hew LI, Ravindran G y Bryden WL (2005) "Apparent ileal digestibility of amino acids in dietary ingredients for broiler chickens" en *Animal Science* [En línea] vol. 81(1), pp. 85-97. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Velmurugu\\_Ravindran/publication/231915547\\_Apparent\\_ileal\\_digestibility\\_of\\_amino\\_acids\\_in\\_feed\\_ingredients\\_for\\_broiler\\_chickens/links/548775f60cf268d28f07242e/Apparent-ileal-digestibility-of-amino-acids-in-feed-ingredients-for-broiler-chickens.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Velmurugu_Ravindran/publication/231915547_Apparent_ileal_digestibility_of_amino_acids_in_feed_ingredients_for_broiler_chickens/links/548775f60cf268d28f07242e/Apparent-ileal-digestibility-of-amino-acids-in-feed-ingredients-for-broiler-chickens.pdf) [Accesado el 11 de julio de 2018]
- Remigio ERI (2006) Energía metabolizable de la harina del subproducto de calamar gigante y su evaluación productiva en reemplazo de la harina de pescado prime en dietas para pollos de carne. Lima (Perú), Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Rondelli S, Martínez O y García PT (2003) "Sex effect on productive parameters, carcass and body fat composition of two commercial broilers lines" en *Revista Brasileira de Ciência Avícola* [En línea] vol. 5(3), pp. 169-173. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2003000300002> [Accesado el 11 de julio de 2018]
- Rosenfeld DJ, Gernat AG, Marcano JD, Murillo JG, Lopez GH y Flores JA (1997) "The effect of using different levels of shrimp meal in broiler diets" en *Poultry Science* [En línea] vol. 76, pp. 581–587. Disponible en: <https://academic.oup.com/ps/article/76/4/581/1528123> [Accesado el 11 de julio de 2018]
- Rosenfeld VDO (1994). *Efecto de la harina de camarón en dietas de pollos de engorde y gallinas ponedoras*. Tesis de licenciatura. Honduras, El Zamorano.
- Rosselot G, Lopez-Lastra M y Mcmurtry JP (1996) "Determination of Gizzerosine Activity in Fish Meal with a Homologous Radioimmunoassay" en *Poultry Science* [En línea] vol. 75(7), pp. 873–880. Disponible en: <https://doi.org/10.3382/ps.0750873> [Accesado el 11 de julio de 2018]
- Rostagno HS, Pupa JMR y Pack M (1995) "Diet formulation for broilers based on total versus digestible amino acids" en *Journal Applied Poultry Research* [En línea] vol. 4, pp. 293-299. Disponible en: <https://academic.oup.com/japr/article-abstract/4/3/293/767707?redirectedFrom=PDF> [Accesado el 11 de julio de 2018]
- Salvador TF y García-Galicia IA (1994) *Formulación de raciones con aminoácidos digestibles en especies no rumiantes*. España, Universidad Politécnica de Madrid Departamento de Producción Animal. [En línea] Disponible en: <http://comunidad.uach.mx/fsalvado/AMINOACIDOS%20DIGESTIBLES.doc> [Accesado el 11 de julio de 2018]
- Sánchez A, Flores-Cotera LB, Langley E, Martín R, Maldonado G y Sánchez S (1999) "Carotenoides: estructura, función, biosíntesis, regulación y aplicaciones" en *REVISTA LATINOAMERICANA DE MICROBIOLOGIA-MEXICO-*, [En línea] vol. 41(3), pp. 175-192. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-1999/mi993j.pdf> [Accesado el 11 de julio de 2018]
- Sánchez H and Ochoa G (2016) "Production and valuation of foods for animal monogástricos, with biological silage of remains of the prawn prosecution (*Litopenaeus vannamei*) fermented with

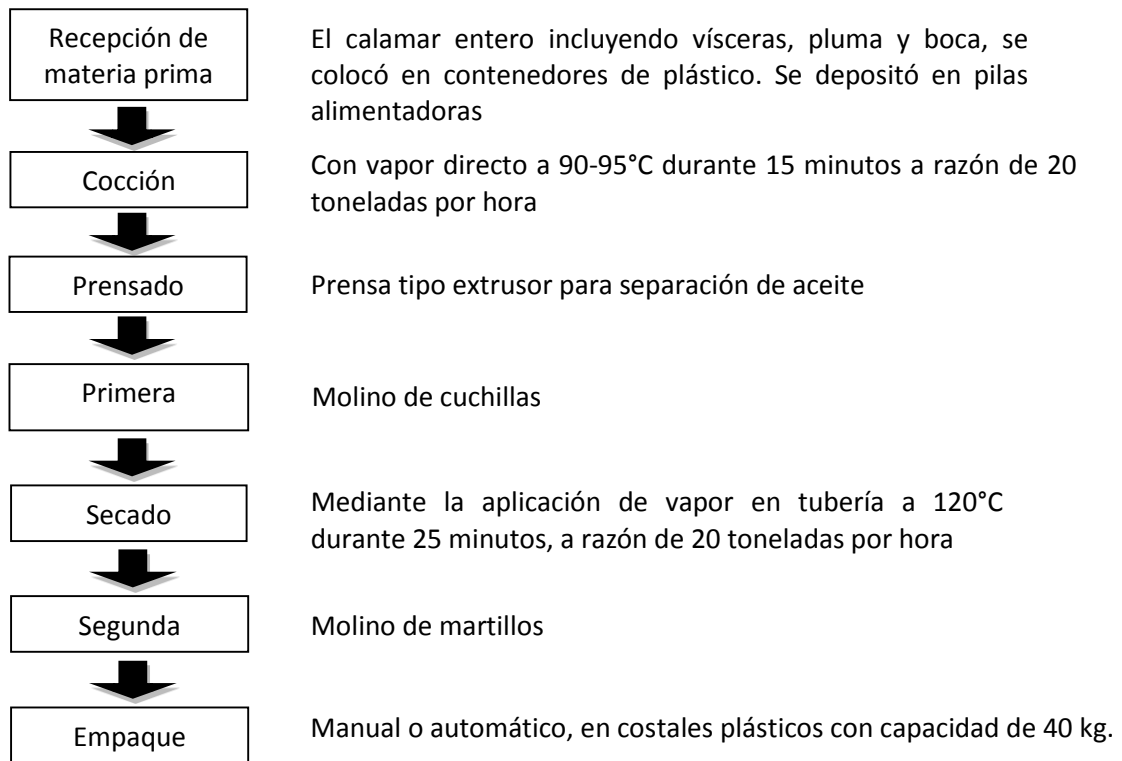
- lactobacillus” en *Scientia Agropecuaria* [En línea] vol. 7, pp. 181-190 Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S207799172016000400004&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S207799172016000400004&lng=es&nrm=iso&tlng=es) [Accesado el 11 de julio de 2018]
- Sandoval MAL (2011) La harina de calamar (*Dosidicus gigas*) en dietas para pollo de engorda y su enriquecimiento con ácidos grasos omega-3. Tesis de Maestría. México Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.
- Santana DH, Ávila E y Sotelo A (2008) “Preparation of silage from Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*) and its evaluation in broiler diets” en *Animal Feed Science and Technology* [En línea] vol. 141(1), pp. 129-140. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840107001824> [Accesado el 11 de julio de 2018]
- Savón VL (2005) Alimentación no convencional de especies monogástricas: utilización de alimentos altos en fibra en Libro de alimentación no convencional para monogástricos en el trópico VII Encuentro de nutrición y producción en animales monogástricos Duilio Nieves, Jesus vivas y Cesar Zambrano editores Venezuela 2005 Pp. 30-50
- Savón L y Scull I (2006) “Avances en los métodos para disminuir el efecto de factores antinutricionales en alimentos para especies monogástricas” en *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 13(1), 25-29. Disponible en: [http://www.sinv.uan.edu.mx/dr\\_ly2/13supl1\\_artres\\_lsavon\\_4.pdf](http://www.sinv.uan.edu.mx/dr_ly2/13supl1_artres_lsavon_4.pdf) [Accesado el 11 de julio de 2018]
- Sirri F, Petracci M, Bianchi M y Meluzzi A (2010) “Survey of skin pigmentation of yellow-skinned broiler chickens” en *Poultry science* [En línea] vol. 89(7), pp. 1556-1561. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20548087> [Accesado el 11 de julio de 2018]
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2017) Producción pesquera por especie [En línea]. Disponible en: [http://www.campomexicano.gob.mx/raw\\_pesca\\_gobmx/seccionar\\_especie.php](http://www.campomexicano.gob.mx/raw_pesca_gobmx/seccionar_especie.php) [Accesado el 19 de Julio de 2017].
- Stein HH, S. ve B, Fuller MF, Moughan PJ y de Lange CFM (2007) Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: Terminology and application en *Journal of Animal Science* [En línea] Vol 85(1), pp. 172–180. Disponible en: <https://doi.org/10.2527/jas.2005-742> [Accesado el 20 de septiembre de 2018]
- Tejada, HI (1992) Control de Calidad y Análisis de Alimentos para animales. Sistema de Educación Continua en Producción Animal, A.C. México D.F.
- Tepox PMA (2013) *Absorción, depósito y eliminación de pigmento con diferentes programas de adición de xantofilas en dietas de pollo de engorda*. Tesis de Maestría. México, Universidad Nacional Autónoma de México.

- Torrissen OJ (2000) Dietary delivery of carotenoids. *Antioxidants in muscle foods*, pp. 289-313.
- Toyes VE (2016) *Aprovechamiento de subproductos marinos para la alimentación de camarón de cultivo y gallinas ponedoras*. Tesis Doctoral. México, Centro de investigaciones biológicas del noreste.
- Toyes VE, Calderón BAM, Duran EY, Palacios E y Civera CR (2016) “Marine co-product meals as a substitute of fishmeal in diets for white shrimp *Litopenaeus vannamei* improve growth, feed intake and muscle HUFA composition” en *Aquaculture Research* [Internet] 2016 [citado el 19 de julio de 2017]; 48 (7): 3782–3800. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/are.13205> [Accesado el 11 de julio de 2018]
- Tunio MT, Yang S, Chen Z, Zubair M, Qiu J, Zhao Y, Chen G, Chow Y y Chen A (2013) “Effect of pigments with different origins on pigmentation and performance of broilers” en *Pakistan Journal of Zoology* [En línea] vol. 45(6), pp. 1715-1725. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Effect-of-Pigments-with-Different-Origins-on-and-of-Tunio-Yang/7e8d2895b428b45051703f96406d1a29169c2c5e> [Accesado el 11 de julio de 2018]
- UNA (Unión Nacional de Avicultores) (2018) *Compendio de indicadores económicos del sector avícola 2018*. Editorial UNA. CDMX, México. [Accesado el 31 de mayo de 2018 a través de la página <https://www.una.org.mx>]. (Actualmente no disponible en línea)
- Valencia MQC y Calcino AR (2013) “Estudio de la extracción de la gelatina de la piel de la pota” en *Ciencia y Desarrollo* [En línea] vol. 16. Disponible en: <http://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/CYD/article/view/341> [Accesado el 11 de julio de 2018]
- Valenzuela C, Carvallo F, Morales MS y Reyes P (2015) “Efecto del uso de ensilado seco de salmón en dietas de pollos broiler sobre parámetros productivos y calidad sensorial de la carne” en *Archivos de medicina veterinaria* [En línea] vol. 47(1), pp. 53-59. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/133836> [Accesado el 17 de julio de 2017]
- Vizcarra MLA, Avila GE y Sotelo A (1999) “Silage preparation from tuna fish wastes and its nutritional evaluation in broilers” en *Journal of Science and Food Agriculture* [En línea] vol. 79, pp. 1915–1922. Disponible en: [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199910\)79:13%3C1915::AID-JSFA456%3E3.0.CO;2-C](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/(SICI)1097-0010(199910)79:13%3C1915::AID-JSFA456%3E3.0.CO;2-C) [Accesado el 17 de julio de 2017]
- Widjastuti T, Lengkey HAA, Wiradimadja R y Herianti D (2013) “Utilizing waste product of tuna (*Thunnus atlanticus*) fish silage and its implementation on the meat protein conversion of broiler” [Abstract] Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=MD2012100050> [Accesado el 17 de julio de 2017]
- Widyaratne GP y Drew MD (2011) Effects of protein level and digestibility on the growth and carcass characteristics of broiler chickens en *Poultry Science* [En línea], vol 90 (3), pp. 595–60. Disponible en: <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01098> [Accesado el 20 de septiembre de 2017]

- Wu YC, Kellems RO, Holmes ZA y Nakaue HS (1984) "The effect of feeding four fish hydrolyzate meals on broiler performance and carcass sensory characteristics" en *Poultry Science* [En línea] vol. 63(12), pp. 2414-2418. Disponible en: <https://academic.oup.com/ps/article-abstract/63/12/2414/1514316> [Accesado el 17 de julio de 2017]
- Yamashiro C, Marín W y Argüelles J (2016) "El recurso calamar gigante en la costa peruana y El Niño" en *Boletín Trimestral Oceanográfico* [En línea] vol. 2(1), pp. 2-23. Disponible en: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/handle/123456789/3042> [Accesado el 19 de julio de 2017]
- Young LL, Northcutt JK, Buhr RJ, Lyon CE y Ware GO (2001) "Effects of age, sex, and duration of postmortem aging on percentage yield of parts from broiler chicken carcasses" en *Poultry Science* [En línea] vol. 80(3), pp. 376-379. Disponible en: [https://academic.oup.com/ps/search-results?page=1&q=Effects%20of%20age%2C%20sex%2C%20and%20duration%20of%20post%20mortem%20aging%20on%20percentage%20yield%20of%20parts%20from%20broiler%20chick%20en%20carcasses&fl\\_SiteID=5340&SearchSourceType=1&allJournals=1](https://academic.oup.com/ps/search-results?page=1&q=Effects%20of%20age%2C%20sex%2C%20and%20duration%20of%20post%20mortem%20aging%20on%20percentage%20yield%20of%20parts%20from%20broiler%20chick%20en%20carcasses&fl_SiteID=5340&SearchSourceType=1&allJournals=1) [Accesado el 19 de julio de 2017]
- Zarei A, Shivazad M y Mirhadi A (2006) "Use of Artemia meal as a protein supplement in broiler diet" en *International Journal of Poultry Science* [En línea] vol. 5(2), pp. 142-148. Disponible en: <http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/ijps/2006/142-148.pdf> [Accesado el 19 de julio de 2017]
- Zepeda BVY. (2016) *Variación en la abundancia poblacional del Calamar Gigante Dosidicus gigas del Golfo de California, determinada mediante modelos estructurados por talla y edad*. Tesis Doctoral. México, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

## Anexos

### Anexo I. Proceso de elaboración de la harina de calamar gigante



Fuente: Calvo y col., 2016



Harina terminada. Foto: Luz Lynette Tejeda Jarero

## Anexo II. Determinación de fósforo AOAC 965.17 (1990)

Aparato: Espectrofotómetro capaz de aislar bandas de 400 nm

Reactivos:

- a) Reactivo de molibdovanadato
- b) Soluciones estándar de fósforo.

Preparación de la curva estándar conteniendo 0.5, 0.8, 1.0 y 1.5 mg de fósforo

Determinación: utilizar 2 g de muestra

$$\%Fósforo = \text{mg de fósforo en la alícuota} / (\text{g de muestra en la alícuota} * 10)$$

## Anexo III. Espectroscopia de Infrarrojo Cercano (NIR)

Su principio se basa en que, al incidir la energía sobre una muestra, parte de los fotones se transmite a través de la muestra y el resto se absorbe. Esa absorción de energía produce que los compuestos que son parecidos en sus grupos químicos y enlaces, principalmente carbono e hidrógeno (C-H), oxígeno e hidrógeno (O-H) y nitrógeno e hidrógeno (N-H) vibren a una longitud de onda característica. La absorbancia a cualquier longitud de onda es proporcional al número o concentración de moléculas absorbentes en el camino recorrido por la radiación (Francesch, 2001; Cozzolino, 2002).

## Anexo IV. Condiciones del cromatógrafo para la determinación de aminoácidos en el contenido íleal

- Equipo: Analizador de aminoácidos Sykam (módulo de reacción modelo S4300; módulo de solventes modelo S2100; muestreador automático modelo S5200; organizador de reactivos modelo S7130).
- Columna de separación KO6/Na marca Sykam

- Fase móvil: Buffer A y Buffer B marca Sykam
- Condiciones de operación del equipo:
  - Temperatura del reactor: 130°C
  - Temperatura de la columna: 57°C
  - Absorbancia canal 1: 570 nm
  - Absorbancia canal 2: 440 nm
  - Flujo del reactor: 25 mL/min
  - Flujo buffer: 0.45mL/min
  - Presión del reactor: 10 bar
  - Presión del buffer: 43 bar

## Anexo V. Determinación de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>)

### Técnica de Leone (1973)

1. Incinerar la muestra a 850 °C
2. Dejar enfriar y añadir 1.5 g de sulfato de sodio
3. Llevar a punto de ebullición y dejar enfriar
4. Añadir 30 mL de agua
5. Aforar a 100 mL con agua destilada
6. Obtener 3 mL para el análisis y agregar 0.2 mL de agua oxigenada
7. Utilizar un espectrofotómetro a una longitud de onda de 408 nm

### Técnica de Jagger y col. (1991). Modificación a la técnica de Leone (1973)

1. Pesar cada muestra por duplicado (0.5 g). La muestra puede ser heces, contenido ileal o duodenal o forrajes
2. Depositar la muestra pesada dentro de tubos Kjeldahl de 250 mL para digestión



3. Adicionar 20 mL de ácido sulfúrico
4. Al mismo tiempo, adicionar una mezcla catalizadora de sulfato de potasio y sulfato de cobre a cada tubo
5. Digerir durante 1 hora con 30 minutos a 420 °C
6. Remover del calor y dejar enfriar mínimo 30 min
7. Adicionar 10 mL de agua oxigenada a cada tubo y dejar enfriar por 30 min
8. Aforar a 100 mL utilizando agua destilada
9. Filtrar usando papel filtro Whatman No. 541
10. Añadir 0.2 mL de peróxido de hidrogeno
11. Medir la absorbancia utilizando 480 nm
12. La curva de calibración debe contener 0, 2, 4, 6, 8 y 10 mg del dióxido de titanio que se incluyó como marcador en las dietas
13. Digerir de la muestra (0.5 g) por 30 minutos utilizando 20 mL de ácido sulfúrico más el uso de catalizadores, como el sulfato de potasio y sulfato de cobre
14. Agregar 10 mL de agua destilada
15. Filtrar
16. Aforar a 100 mL
17. Adicionar 0.2 mL de peróxido de hidrógeno
18. Leer en un espectrofotómetro de luz ultravioleta a 408 nm

Anexo VI. Boletas de análisis sensorial afectivo, escala hedónica de 5 puntos.

PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO PARA PECHUGA DE POLLO

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

La característica a evaluar es únicamente el SABOR

Instrucciones. - Pruebe las muestras de pechuga de pollo e indique con un "X" su nivel de agrado de acuerdo con la escala que se presenta a continuación.

Es importante que entre muestra y muestra, tome pan y agua.

	127	597	683
Gusta mucho	_____	_____	_____
Gusta poco	_____	_____	_____
Es indiferente	_____	_____	_____
Disgusta poco	_____	_____	_____
Disgusta mucho	_____	_____	_____

Comentarios:

---

---

---

---

Gracias

Anexo VI. *Continuación*

PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO PARA PIERNA Y MUSLO DE  
POLLO

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

La característica a evaluar es únicamente el SABOR

Instrucciones. - Pruebe las muestras de pierna y muslo de pollo e indique con un "X" su nivel de agrado de acuerdo con la escala que se presenta a continuación.

Es importante que entre muestra y muestra, tome pan y agua.

	140	414	592
Gusta mucho	_____	_____	_____
Gusta poco	_____	_____	_____
Es indiferente	_____	_____	_____
Disgusta poco	_____	_____	_____
Disgusta mucho	_____	_____	_____

Comentarios:

---

---

---

---

Gracias