



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA ZOOTECNIA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Rendering para la producción de harina de carne y huesos - Lambayeque

**Presentada a la Facultad de Ingeniería Zootecnia
para optar el título profesional de
INGENIERO ZOOTECNISTA**

AUTOR:

Ugaz Cuzma, Frank Paul

ASESOR:

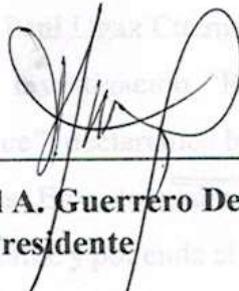
Lozano Alva Enrique Gilberto

LAMBAYEQUE - PERÚ

2019

**RENDERING PARA LA PRODUCCIÓN DE HARINA DE CARNE Y HUESOS.
LAMBAYEQUE**

Aprobada por:



Ing. Rafael A. Guerrero Delgado, M. Sc.
Presidente



Dr. Napoleón Corrales Rodríguez
Secretario



Ing. Sergio Del Carpio Hernández, M. Sc
Vocal

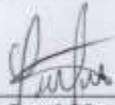


Ing. Enrique G. Lozaño Alva
Asesor

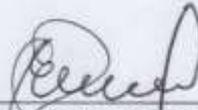
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Frank Paul Ugaz Cuzma, investigador principal, y Enrique G. Lozano Alva, asesor del trabajo de investigación "Rendering para la Producción de Harina de Carne y Huesos. Lambayeque", declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso se demostrara lo contrario, asumimos responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo a que hubiera lugar. Que puede conducir a la anulación del título emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, octubre 24 del 2019



Frank Paul Ugaz Cuzma
Investigador



Enrique Lozano Alva
Asesor



Se indicación para expedir el acta respectiva, se está 34 adecuando a lo dispuesto en la ley Universitaria 30220 y el reglamento de SONEBU, debiendo consignarse un número de horas de trabajo de suficiencia profesional.

ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL TRABAJO DE SUFFICIENCIA PROFESIONAL DEL BACHILLER EN INGENIERÍA ZOOTECNIA FRANK PAUL UGAS CUZMA PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO ZOOTECNISTA

En la ciudad de Lambayeque, siendo las 10:00 am del día 24 de setiembre de 2019, en el auditorio de la Facultad de Ingeniería Zootécnica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque, se reunieron los señores miembros del jurado designados por Resolución N° 006-2019-CF/PZ de fecha Lambayeque, febrero 13 de 2019 para dictaminar sobre el proyecto de Tesis titulado "Rendering para la producción de harina de carne y huesos - Lambayeque" presentado por el Bachiller Frank Paul Ugaz Cuzma. Siendo: Ing. Rafael Antonio Guerrero Delgado, Msc. (Presidente); Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr. (Secretario); Ing. Sergio Rafael B. Del Capiro Hernández (Vocal) e Ing. Enrique E. Lozano Alva, Msc. (Patrocinador). Dicho proyecto fue aprobado con Resolución N° 155-2019-FIZ/D de fecha Lambayeque 18 de Junio de 2019 y autorizado para sustentación mediante Resolución N° 250-2019-FIZ/D de fecha Lambayeque, 20 de Setiembre de 2019.

Expuesto el trabajo de suficiencia profesional, dadas las respuestas a los miembros del jurado y aclaraciones del señor patrocinador, el jurado luego de deliberar acordaron **APROBAR** el trabajo de suficiencia profesional con el calificativo de **BUENO** quedando el sustentante Bachiller Frank Paul Ugaz Cuzma apto para continuar su trámite para la obtención del título profesional de Ingeniero Zootecnista de acuerdo a la normatividad vigente.

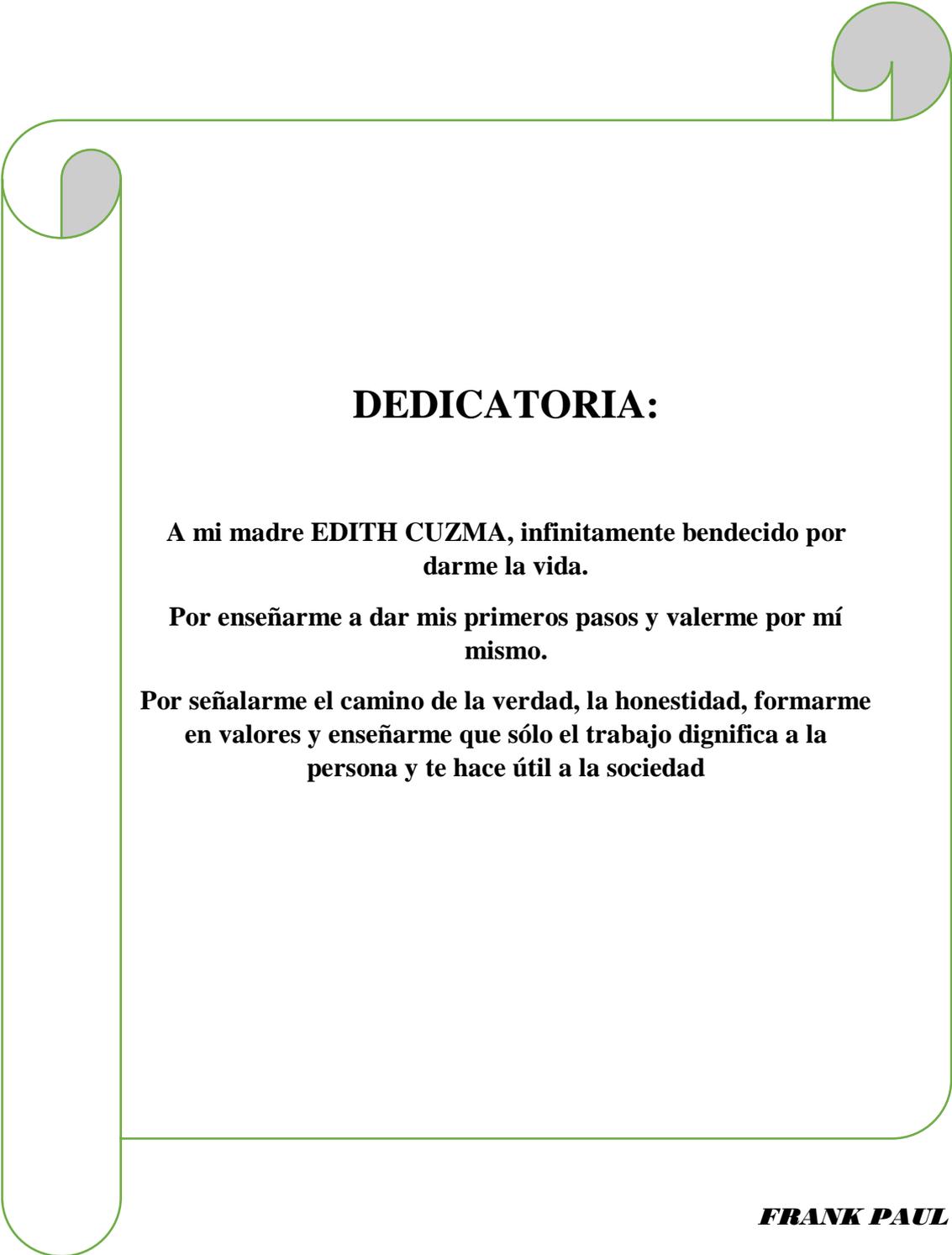
Siendo las 11:00 am se dio por concluido el acta de sustentación.

Ing. Rafael A. Guerrero Delgado, Msc. Presidente
 Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr. Secretario
 Ing. Enrique E. Lozano Alva, Msc. Patrocinador
 Ing. Sergio R. Del Capiro Hernández, Msc. Vocal

La presente es copia fiel del original a la que me remito en caso necesario

Lambayeque, 24 de setiembre del 2019

Ing. J. V. Pomero Pentuín
 FEDATARIO



DEDICATORIA:

A mi madre EDITH CUZMA, infinitamente bendecido por darme la vida.

Por enseñarme a dar mis primeros pasos y valerme por mí mismo.

Por señalarme el camino de la verdad, la honestidad, formarme en valores y enseñarme que sólo el trabajo dignifica a la persona y te hace útil a la sociedad

FRANK PAUL

AGRADECIMIENTO:

**Al Ing. Enrique Lozano Alva,
Patrocinador, por su constante apoyo y
estímulo para culminar exitosamente el
presente estudio.**

**A los Docentes de la Facultad de
Ingeniería Zootecnia por su amistad y
sabias enseñanzas que han fortalecido mi
capacidad como persona y
profesionalmente**

**A mis compañeros de estudios
universitarios por la amistad sincera que
me brindaron**

FRANK PAUL

RESUMEN

El presente estudio se orientó a realizar una amplia revisión bibliográfica generada sobre el rendering de subproductos provenientes de animales sacrificados en los centros de beneficio y resaltar la importancia que tiene en el impacto ambiental, desarrollo de tecnologías, valor agregado a la actividad ganadera, la situación ampliamente variable de su desarrollo a nivel mundial, la amplia historia de su evolución y el futuro de esta actividad. Se ha establecido el amplio abanico de alternativas que el procesamiento de subproductos de origen animal ofrece no solamente a la alimentación animal, sino también a otras industrias o explotaciones como la farmacología, cosmetología y actividades conexas. Se encuentra que el producto central, harina de carne y huesos, genera un proceso complejo a fin de lograr un producto con adecuado estándar nutricional, microbiológicamente garantizado, estable y adecuada calidad en su comercialización.

Palabras claves: Rendering, subproductos de camal, harina de carne y huesos

ABSTRACT

The present study was oriented to carry out an extensive bibliographical review generated on the rendering of by-products from slaughtered animals in the profit centers and to highlight the importance it has in the environmental impact, development of technologies, added value to the livestock activity, the situation widely variable in its development worldwide, the broad history of its evolution and the future of this activity. The wide range of alternatives that the processing of animal byproducts offers not only to animal feed, but also to other industries or farms such as pharmacology, cosmetology and related activities has been established. It is found that the central product, meat and bone meal, generates a complex process in order to achieve a product with an adequate nutritional standard, microbiologically guaranteed, stable and adequate quality in its commercialization.

Keywords: Rendering, meat by-products, meat and bone meal

CONTENIDO

	Pág
HOJA DE JURADO.....	I
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD.....	ii
ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
CONTENIDO.....	viii
INDICE DE CUADROS.....	ix
INDICE DE GRÁFICOS.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
I. DISEÑO TEÓRICO.....	3
1.1. Suplementos proteicos en la alimentación animal.....	3
1.2. El Rendering (reciclaje) de los subproductos de origen animal.....	26
1.3. Subproductos de origen animal para su procesamiento.....	31
II. MÉTODOS Y MATERIALES.....	35
2.1. Metodologías del proceso.....	35
2.1.1. Reciclaje de los subproductos procedentes de los camales.....	35
2.1.2. Metodologías del procesamiento de la HCH.....	39
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
3.1. De la importancia del rendering en el entorno ecológico.....	40
3.2. Potencialidad del rendering en Lambayeque.....	41
3.3. El estándar en la comercialización de la harina de carne y huesos (HCH)..	42
IV. CONCLUSIONES.....	44
V. RECOMENDACIONES.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	46
.	

INDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Operaciones con los productos reciclados de origen animal.....	40

INTRODUCCIÓN

La alimentación animal, como rubro importante de la producción animal, se basa en el empleo de insumos energéticos y proteicos, principalmente, y complementada con otros aditivos que permiten cubrir las exigencias nutritivas de las diversas especies domésticas de interés zootécnico (vacunos, aves, cerdos, especies menores) y animales de compañía (perros y gatos). Los suplementos proteicos son únicamente la harina de pescado y la soya, la primera nacional y la otra importada, con precios altos, y que requieren plantear nuevas alternativas de fuentes aportantes de proteína de alto valor biológico.

Los principales camales de la región (Chiclayo, Lambayeque y Ferreñafe), relativamente cercanos uno de los otros, generan una serie de desperdicios de matadero y que más bien representan fuentes de contaminación ambiental y su secuela negativa para la población humana. **¿Podrían estos desperdicios de camal transformarse en un suplemento proteico de alto valor biológico para su uso en la alimentación animal?.** Se propone como alternativa que la transformación de los subproductos de camal sí se convertirá en suplemento proteico de alta calidad mediante su procesamiento y control de calidad. A ello debe agregarse que la total dependencia de escasos suplementos proteicos para la alimentación animal justifica cualquier intento por poner en el mercado nuevas fuentes de suplementos proteicos disponibles para los productores. También debería tenerse en cuenta que en la zona norte, cercana, se concentran las grandes integraciones avícolas y cerdos (La Libertad) que podrían absorber toda la producción de harina de carne y huesos que se produzca en la Región Lambayeque. Por ello es que plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general:

- ☞ Analizar el marco conceptual del reciclaje de subproductos de origen animal en el Perú y el mundo

Objetivo específicos:

- ☞ Desarrollar la metodología innovadora, económica sostenible y sustentable que genere beneficios al entorno y los stakeholders (partes interesadas) en general aplicable a la región Lambayeque

☞ Mostrar que la instalación de una planta de producción con subproductos de origen animal genera fuentes de trabajo a la población de Lambayeque y alrededores.

I. DISEÑO TEÓRICO

1.1. Suplementos proteicos en la alimentación animal

Las proteínas son el principal constituyente de los órganos y estructuras blandas del cuerpo animal y están conformadas por polímeros de aminoácidos que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. Algunas proteínas contienen nitrógeno, azufre y fósforo y se consideran sustancias complejas de naturaleza coloidal y alto peso molecular.

En los programas de alimentación animal, las materias primas que aportan mayores niveles de proteína, son generalmente las más costosas. En ciertos casos resulta más económico complementar la ración con aminoácidos sintéticos como metionina y lisina (Buitrago. 1990).

Las fuentes de proteína más utilizadas son los granos de soya, las tortas o harinas de soya, algodón, ajonjolí, girasol, maní y el gluten de maíz. También se utilizan otras harinas como las de pescado, carne y sangre.

1.1.1. Suplementos proteicos de origen vegetal

1.1.1.1. La soya (*Glisine max*)

La soya integral no solo es una excelente fuente de proteína con un magnífico patrón de aminoácidos, sino que además por no habersele extraído la grasa contiene niveles altos de energía digestible y metabolizable, esenciales en la alimentación porcina (Mc Naughton y Reece, 1980).

En trabajos iniciales sobre el uso de la soya y algunos de sus derivados en la alimentación animal se identificó que contenían compuestos químicos —denominados

factores antinutricionales (FAN)— que afectaban de manera desfavorable la salud, su valor nutricional y la propia producción animal; reconociéndose que para inhibirlos y disminuir sus efectos era necesario someterlos a algún tipo de proceso. Si bien no se dispone de información sobre el número preciso de FAN de la soya existe acuerdo para señalar que de ellos hacen parte los inhibidores de proteasa (TIA), las fitohemaglutininas (lectinas), ureasa, lipooxigenasas y factores antivitaminas, los cuales son sensibles a la aplicación de calor o la fermentación (van Eys et al.); también existen otros compuestos FAN tales como la estaquiosa y la rafinosa, las saponinas, estrógenos, compuestos cianogénicos y el fósforo ligado al ácido fítico, que no son sensibles al calor. De los FAN, en la soya, los TIA representan el mayor porcentaje; llegando a constituir el 6 % de la proteína de la soya (Ryan, 1973, como se citó en Herkelman et al., 1993); de estos los más estudiados son el Kunitz o KSI (*Kunitz soybean inhibitor*) y el Bowman-Birk o BBI (*Bowman-Birk inhibitor*), ya que pueden constituir el mayor porcentaje.

Se conoce que si la torta de soya integral se somete a diferentes opciones de aplicación de temperatura se facilita su uso en la alimentación de aves y de cerdos porque mejora de manera directa la digestibilidad de los nutrientes (Brenes y Brenes, 1993) o porque lo hace a través de la reducción de los FAN, con lo que se espera mejorar el contenido de energía metabolizable (EM).

Los procesos térmicos difieren en cuanto al tiempo, temperatura, presión, humedad, superficie del grano expuesta (Monari, 1999) aunque tienen como objetivo común obtener un producto final homogéneo con actividad residual mínima de sus FAN, calidad óptima de la proteína y alta disponibilidad de aceite. Netto (1992), señaló que las opciones térmicas incluían la cocción, el tostado en tambor rotacional, vapor húmedo o seco, el *jet sploder*, micronización, extrusión en seco o húmeda y el microondas.

El grano de soya integral (*full-fat soybean*), que corresponde al grano al cual no se le ha extraído el aceite, se trata de un alimento que, además de presentar alto contenido de proteína (entre 36 y 40%) y grasa total (entre 18 y 22 %) (Leeson et al., 2000), aporta ácido linoleico, vitamina E y lecitina; por tanto, al ser apropiadamente procesado, se puede incluir en las dietas de pollo en niveles que varían entre 20 y 25 % sin que se presenten efectos adversos en su desempeño (Lázaro et al., s.f).

En su estado natural, el grano de soya contiene principios antinutricioiiiales como la antitripsina, ureasa, hemaglutinina y la lipoxigenasa, que afectan la conversión de las proteínas, grasas y carbohidratos a nivel intestinal en las aves y cerdos; pero éstos principios antinutricioiiiales son destruidos con el calor, cocinando o tostando el grano (Sánchez, 1998).

El grano de soya tiene 37 % de proteína cruda y 3.200 kcalEM/kg de materia seca (Garzón, 1997). Por otro lado, Según Rostagno et al., (2005), el grano integral de soya extruido o tostado contiene 37 % de proteína bruta, 1,94 % de lisina digestible para aves y 4938 kcal de energía bruta. Los factores antinutricionales presentes en el grano de soya deben ser removidos por tratamiento térmico, tostado o cocido (Fialho y Pinto, 1997), estos factores son antitripsinicos, hemaglutininas, bocigénicos y saponinas entre otros, que afectan la utilización de los nutrientes contenidos en los alimentos para animales.

1.1.1.2. El algodón (*Gossypium* sp.)

El algodón es una planta de la familia de las malváceas. Esta planta posee un fruto que se abre a la madurez y que contiene las semillas de algodón en su interior. Estas semillas presentan una cobertura dura rodeada por fibras ricas en celulosa. Después de la cosecha, las fibras del algodón son separadas de la semilla por un proceso llamado desmotado para luego ser utilizadas en la industria textil. El subproducto resultante del desmotado es la semilla de algodón entera con fibras cortas (aspecto parecido a una pelusa). La presencia de fibras cortas hace que las semillas de algodón enteras tiendan a apelmazarse. Debido a este apelmazamiento, la tendencia a “fluir” de la semilla de algodón entera puede verse reducida, lo que puede traer problemas operativos al momento de transporte y almacenamiento de la misma. Para eliminar las fibras remanentes, la semilla de algodón entera puede ser sometida a un proceso de desfibrado por quemado o por tratamiento químico (Ferreira, 2007).

La semilla de algodón entera, motosa ó con borra se ha utilizado como suplemento para la alimentación de rumiantes, con buenos resultados en producción de leche y carne. El proceso de temperatura y presión por 4 segundos, en la semilla de algodón genera cambios positivos a nivel de los azúcares, fibra, proteína, grasa, vitaminas, minerales, enzimas y factores antinutricionales; Dichos cambios en el producto, generan en el “laboratorio de la vaca”, de manera directa por la calidad y proporcionalidad de sus nutrientes (grasa proteína y fibra), una mejor y apropiada degradabilidad del alimento en el rumen, absorción ruminal y mayor asimilación digestiva, en consecuencia mejor condición corporal y producción

láctea; de manera indirecta un microambiente en el sistema que complementa y favorece el rumen para la producción de las cadenas de proteína bacteriana facilitando la degradación y absorción de los alimentos en su conjunto, aportando aminoácidos, péptidos, vitaminas (colina, biotina, vitamina E) y minerales (Fe, P, Ca, Mg, Cu, Zn) que favorecen el transporte y la asimilación de nutrientes en el sistema digestivo posterior, de allí su alta eficacia en la conversión, al mejorar el metabolismo, la glucogénesis, y aporte de energía a través del ciclo de Krebs y del metabolismo de las grasas. La transformación macro y micro que se produce, se analiza a continuación en cada uno de sus aspectos (Gómez, 2007).

Las semillas de algodón pueden contener de 0.3 a 20 g/kg MS de un pigmento amarillo llamado gossipol, habiéndose obtenido cantidades de 4 a 17 g/kg MS de la almendra. El gossipol es un aldehído polifenólico (alcanal), antioxidante e inhibidor de las polimerizaciones que resulta tóxico para los animales monogástricos (Mc Donald, 2006)

El gossipol es un pigmento polifenólico que se encuentra en la semilla en forma libre y que reduce el consumo, la concentración de hemoglobina en plasma y, en casos extremos, puede provocar la muerte del animal (FEDNA, 2007). Muertes súbitas en ganado que se creía estaban saludables ha sido una frecuente observación en el comienzo de enfermedades naturales.

Sin embargo, cambios químicos en el suero permiten un reconocimiento de inminentes efectos toxicológicos causados por la ingestión de gossipol previo al desarrollo de signos clínicos. Las lesiones importantes incluyen la ascitis, edema, daño al hígado, lesiones cardiovasculares, y daño en los riñones. Pérdidas de ganado ovino por el gossipol también se ha informado (Cheeke, 1999).

1.1.1.3. El girasol (*Helianthus anthos*)

La composición de las semillas varía de acuerdo a la variedad de girasol analizada (Earle y col., 1968). Se puede apreciar que, como era de esperar, tanto las semillas enteras de girasol como las descascaradas, son ricas en componentes lipídicos (mayoritariamente triglicéridos neutros, fosfolípidos, glicolípidos y ceras). Estas también poseen importantes contenidos de proteínas e hidratos de carbono (González-Pérez et al., 2008; Azcona et al., 2003; <http://www.asagir.org.ar>; <http://www.sunflowernsa.com>). La cáscara aporta principalmente fibras y compuestos fenólicos (Pomenta et al., 1971).

Una particularidad de estas semillas es que presentan elevados contenidos de fenoles (entre 15 y 52 mg de ácido clorogénico/g de harina desgrasada de girasol, en base seca) (Sripad et al., 1987; Prasad, 1990). Estos compuestos fenólicos se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal, por ejemplo en café, yerba mate, te, papas, cerezas, peras, manzanas, pomelos, etc. (Clifford et al., 1985; Marques et al., 2009). Sus principales funciones en las células vegetales son las de actuar como metabolitos esenciales para el crecimiento y reproducción de las plantas. También actúan como agentes protectores frente a la acción de patógenos, siendo secretados como mecanismo de defensa, confiriéndole al cultivo ciertos beneficios agronómicos (Martínez-Valverde et al., 2000). En el caso particular del girasol, el ácido clorogénico (CGA: ácido 5-cafeil-quinico) es el más abundante, representando entre el 50% y el 70% de los fenoles totales (Lawhon et al., 1982; Sastry et al., 1984).

De acuerdo a lo señalado por Gorrachategui (1992), generalmente en las plantas extractoras de aceite, la semilla de girasol es previamente sometida a un descascarado, y luego a un acondicionamiento físico, seguido de una extracción con disolventes. Algunas plantas no separan la cáscara de la semilla al momento de la extracción del aceite, obteniendo como resultado la harina de girasol “integral” (sin decorticar) con superior contenido de cáscara vs harina de girasol decortificada. La harina desgrasada es el principal subproducto de la extracción del aceite de girasol, la proporción de fibra está relacionada directamente con la cantidad de cáscara en la harina de girasol obtenida (Chiba, 2001; Casartelli et al., 2006).

La harina integral de girasol puede contener hasta 26% de proteína cruda (Dinusson, 1990), lo cual, aunado al bajo contenido de metabolitos secundarios (Casartelli et al., 2006), contenido de calcio y fósforo comparables a los de la harina de soya, y la presencia abundante de vitaminas del complejo B y carotenos, la caracterizan como un ingrediente de uso potencial en la alimentación de aves y cerdos (Chiba, 2001). Sin embargo, la utilización de la harina de girasol es restringida debido al contenido deficiente de lisina (1,01%), aminoácido limitante en dietas para cerdos, y por el elevado contenido de fibra igual a 30% (Dinusson, 1990). Estas limitantes han conducido a la realización de estudios orientados a la búsqueda de alternativas para utilización de la harina de girasol en dietas para cerdos con la inclusión de lisina sintética, obteniéndose mejoras en la respuesta productiva (Wahlstron et al., 1985); por lo que se ha recomendado que la inclusión de esta harina no debe ser

superior al 15% (Chiba et al., 2001). Varios estudios en cerdos han demostrado que la harina de girasol puede ser incluida en una proporción de 16% del total de la dieta, previo balance energético y de lisina, sin detrimento de la ganancia de peso, consumo, conversión de alimento y las características de la canal (Da Silva et al., 2002); y hasta en una proporción de 21% (De Carvalho et al., 2005). Por otra parte, la evidencia científica disponible indica la factibilidad de su uso en dietas para aves (Casartelli et al., 2006; Das et al., 2010) y cerdos (Da Silva et al., 2002; De Carvalho et al., 2005).

La composición nutricional de la harina de girasol varía ampliamente de acuerdo al cultivar utilizado, calidad de la semilla, método de extracción del aceite y cantidad de cáscara presente que determina el contenido de fibra (Chiba, 2001; Casartelli et al., 2006).

El girasol, pertenece a la familia Asteraceae (Compositae), género *Helianthus* (del griego “helios” (“sol”) y “anthos” (“flor”)) (Burger et al., 2008). Su nombre se debe a la capacidad que posee la planta de orientarse a lo largo del día siguiendo la dirección del sol.

1.1.2. Suplementos proteicos de origen animal

Las fuentes que generan los suplementos proteicos de uso en la alimentación animal se centran básicamente en las harinas de origen marino, de la industria láctea, industria avícola y las provenientes del sacrificio de bovinos para su consumo humano y del cual derivan una gama de subproductos con distintas posibilidades y grados de disponibilidad en la explotación animal.

Dado el vasto campo del concepto de “suplementos proteico de uso en la alimentación animal”, nos circunscribimos al relato de los más comunes y poder centrar nuestro interés en la harina de carne y huesos que es el propósito de este estudio

1.1.2.1. Harina de pescado

Las características físico-químicas de la harina de pescado varían dependiendo de diversos factores tales como la especie utilizada, la calidad de la materia prima, la época del año y los parámetros del proceso (Rivero 1980) lo que puede traducirse en una harina de baja o de óptima calidad. Tomando en cuenta que el término calidad no sólo debe referirse a las definiciones del diccionario: grado o nivel de excelencia, grado de pureza; sino que también debe abarcar la composición intrínseca, valor nutritivo, grado de alteración, deterioro, venta y beneficios del productor e intermediarios; así como también

todas aquellas características que el consumidor o comprador, consciente o inconscientemente estime que deban tenerse en cuenta (Rodríguez 1980). Windsor y Barlow (1984) en su análisis de proceso y calidad señalan que la harina de pescado elaborada con base en anchoa/sardina del Perú, está compuesta porcentualmente por 66,00% de proteína, 9,70% de grasa, 10,10% de humedad y 2,90% de sal. La elaborada en Noruega, con arenques, contiene 72,00% de proteína, 9,70% de grasa, 7,70% de humedad y 1,40% de sal. Ambos países son referentes en la producción de esta materia prima dirigida en 100% a la producción de alimentos para animales.

El objeto de la elaboración de la harina de pescado es obtener un producto con alto contenido de proteínas, que sea fácil de mezclar con otras harinas y asegurar que ese producto no contenga partículas de difícil digestión o que sea inaceptable o pueda causar daños a animales sensibles como por ejemplo pollos recién nacidos porque puede contener espinas largas (Tornes y George 1970b). Rivero (1980) sostiene que una buena harina debe ser estable durante el almacenamiento, se estima que después de seis meses de almacenada en envases herméticamente cerrados y a 27°C no debe mostrar ningún deterioro como el desarrollo de olores y sabores fuertes y la pérdida de su calidad proteica.

La producción de harina de pescado es un proceso continuo que involucra la separación de tres componentes del pescado: sólidos, aceite y líquidos. Esto se logra mediante el cocido, prensado, secado y molido del pescado capturado. La anchoveta capturada se descarga desde el mar hacia el terminal a través de tuberías impulsadas por bombas y es almacenada en tanques de concreto. El agua que se ha usado como medio de transporte —agua de bombeo es tratada mediante un sistema de celdas de flotación que recupera los sólidos y grasas para añadirlos al sistema productivo. El pescado es luego transportado por medio de bandas hacia los cocinadores donde se somete a temperaturas que van desde los 80 hasta los 100 grados centígrados. El producto de cada caldero es enviado a las prensas para eliminar el líquido del pescado cocido. El resultado es un "queque", una pasta que pasa por una centrífuga horizontal que la seca por acción de aire caliente. El queque seco pasa a un molino donde es pulverizado y convertido en harina de pescado. La harina es embolsada en sacos de polipropileno y es despachada (Anónimo, s.f.).

El proceso productivo para la obtención de la harina de pescado estándar, luego de adquirida la materia prima, comprende las siguientes operaciones:

a. Recepción y almacenaje de materia prima: El sistema utilizado para la descarga de la materia prima, desde la embarcación hacia la planta, está conformado por un bombeo al vacío con agua, en una relación aproximada de agua/pescado como 1/1, en el cual la materia prima a través de tubería, es vertida en un tamiz estático seguido de un tamiz vibratorio para la separación del agua utilizada en el bombeo, posteriormente es transportada por una rastra metálica hacia la tolva de pescado donde es pesado y distribuido a las pozas de almacenamiento según calidades. (Oneproseso, 2011). El almacenamiento de la materia prima es en pozas, en cuya parte inferior se tiene dos gusanos transportadores que llevan la materia prima hacia la rastra de alimentación, también cuenta con drenajes para la sanguaza que es colectada en 1 poza para su tratamiento posterior. (Oneproseso, 2011).

b. Cocido: esta es la operación que tiene como objetivo realizar la coagulación de las proteínas y la ruptura de las células de grasa, pero la manera que se efectúa y su eficiencia, son de mayor importancia si se quiere evitar problemas en el prensado y en la separación de aceite. Esta operación se realiza a presión atmosférica normal durante 10 o 15 minutos y a una temperatura de 90° o 100° C (Farro, 1996).

c. Desaguado: en esta etapa se retira parte del líquido de la masa cocida, la cual ingresa al equipo que tiene forma de cilindro, está contiene una malla en la pared interna que facilita la evacuación de los licores y lo junta con el licor del cocinador. El objetivo de esta etapa es facilitar el prensado (Pizardi, 1992).

d. Prensado: la materia prima cocinada, procedente del desaguado, es llevada hacia la prensa, la misma que es accionada con sistema de transmisión de velocidad variable. En esta etapa, se extrae el líquido y se une con el del desaguado para recibir su tratamiento en las separadoras y centrífugas (Farro, 1996). Luego de la realización de este proceso la torta de prensa contiene aproximadamente entre 45 – 50 % de humedad y un 3 a 4 % de aceite (Farro, 1996).

e. Separado y centrifugado: la operación de separación, permite dividir en dos fases: una sólida con un 63% aproximadamente de humedad y una fase líquida con una concentración en volumen entre el 15 y 20 % de sólidos. El licor de prensa conjuntamente con los líquidos provenientes del desaguado, deben ser tratados en las separadoras, con la finalidad de separar los sólidos contenidos. La fase líquida continúa el proceso hacia las centrífugas (separa aceite y agua de cola) y la fase sólida se incluye al “queque” de prensa en la fase de secado (Farro, 1996).

f. Evaporación de agua de cola: en esta etapa se recuperan los sólidos solubles que contiene el agua de cola, esto se logra por medio de evaporadores los cuales funcionan con el

suministro de vapor directamente producido en los calderos, en los cuales se concentra el agua con un 7 % de sólidos hasta 30 a 35 % de sólidos, para luego ser agregado a la torta de prensa (Pizardi, 1992).

g. Secado: el proceso de secado es una de las etapas de mayor importancia pues determina la calidad de la harina, debido a la degradación térmica de los aminoácidos constituyentes, en especial la lisina, y la pérdida de digestibilidad, lo cual muestra una disminución marcada en función de la severidad del tratamiento térmico. En esta etapa reduce la humedad del “queque” de prensa desde 48 % de humedad menor al 10% (Farro, 1996).

h. Molido: en esta etapa se recogen los sólidos tanto gruesos como finos (recuperados en los ciclones) y son enviados hacia un molino de martillos los cuales pulverizan la harina hasta niveles mínimos, lo cual se comprueba al realizar pruebas con tamices N° 12 teniendo una aprobación no menos del 95% (Farro, 1996).

i. Adición de Antioxidante: la adición del antioxidante generalmente se realiza para producir una estabilización de la harina de pescado y retardar la oxidación de la grasa, que esté contenida en ésta, evitando su sobrecalentamiento. La cantidad agregada antes de ser envasada la harina fluctúa entre 500 a 600 ppm lo cual viene a ser de 500 a 600 g por tonelada de harina (Pizardi, 1992).

j. Pesado y Envasado: se realiza en sacos de poliuretano de 50 kg (INDECOPI, 1986).

k. Almacenado: se efectúa en ambientes techados y limpios formando rumas de acuerdo a las especificaciones contenidas en la NTP. 204.039:1986 “Almacenamiento de Harina de Pescado” (INDECOPI, 1986).

La harina de pescado es el producto que se obtiene por reducción del contenido de humedad y grasa de pescado, sin agregar sustancias extrañas, salvo aquellas que tienden a mantener la calidad original del producto (Farro, 1996). La harina de pescado es la mejor fuente de calorías concentrada para la alimentación de animales con un 70% a 80% del producto en forma de proteína y grasa digerible, su contenido de calorías es notablemente mayor que muchas otras proteínas animales o vegetales, ya que proporciona una fuente concentrada de proteína de alta calidad y un aceite rico en ácidos grasos omega-3 (DHA y EPA) indispensables para el rápido crecimiento de los animales (FAO, 2001). Así mismo, la harina de pescado tiene un contenido relativamente alto de minerales como el fósforo, en forma disponible para el animal. Las vitaminas también están presentes en niveles relativamente altos, como el complejo de vitamina B incluyendo la colina, la vitamina B12 así como A y D (FAO, 2001). Los principales consumidores de harina de pescado son: aves, cerdos, vacas, caballos, ovinos, peces y crustáceos. Cada animal tiene sus propios requerimientos y, por tanto, la calidad de las harinas solicitadas dependerá de su uso (FAO, 2001).

La industria pesquera representa una actividad importante en la economía de nuestro país y la harina de pescado es el principal producto pesquero que se exporta con una participación del 54% del total. En el año 2015, los principales países a los cuales se exportó harina de pescado fueron: 75,4 por ciento a China, seguido por Taiwan (8,0 %), Chile (2,6 %), Japón (6,1 %) y Viet Nam (3,4 %). (PRODUCE, 2015). Las empresas pesqueras deben aplicar un sistema de gestión de calidad para sus procesos de producción debido a la alta competitividad del mercado y a las nuevas exigencias en cuanto a la calidad de los productos. La harina de pescado es un producto que genera grandes ganancias y su precio fluctúa entre \$1450 a \$2300 por tonelada en el periodo de Enero 2014 – Julio 2015. (PRODUCE, 2015).

1.1.2.2. Harina de plumas

Pese a los avances biotecnológicos, los métodos químicos aún siguen siendo los de mayor efectividad en el tratamiento de este material. Para la degradación de esta proteína en el presente trabajo se investigó el método del sulfuro de sodio (Na_2S) que aplicado en diferentes concentraciones, favorece la lisis de la queratina presente en las plumas. Este método facilita el rompimiento de los enlaces de disulfuro, que acompañado con un tratamiento con hidróxido de sodio NaOH genera la hidrólisis de la proteína. Al romper los enlaces que caracterizan la estructura de la queratina presente en las plumas de pollo, esta se puede convertir en una proteína soluble (Wilkinson y Moore, 2000). La queratina soluble puede ser utilizada en la fabricación de múltiples productos, tales como formulaciones de cremas para la piel, tratamientos para el cabello, entre muchos otros productos para el cuidado personal.

Citas de García (2009), en consultas a diferentes autores refiere que las plumas son los residuos queratinosos más abundantes en la naturaleza (88% queratina). De acuerdo a la Federación Nacional de Avicultores (FENAVI). El aumento sostenido en el procesamiento de las aves de corral ha intensificado la búsqueda de procedimientos para la utilización de los subproductos resultantes de su beneficio (como las plumas), con los consecuentes beneficios económicos y ambientales. En la actualidad gran parte de las plumas son procesadas a alta temperatura y presión para la obtención de harina destinada a la alimentación animal (Onifade et al., 1998), y que experimentos en pollos realizados por Summers (1965), se determina que la harina de plumas comercial Canadiense tenía baja digestibilidad y no había balance de aminoácidos. Sin embargo se encontró el 3% de harina de plumas en una dieta para gallinas causa mejor crecimiento que la proteína de soya.

Beelum y Paterson (1964) encontró que el 7% de harina hidrolizada de plumas más el 5% de maíz podía reemplazar absolutamente el 12% de harina de soya en una dieta para pollos. Sin embargo, grandes volúmenes de harina de plumas causaba efectos negativos en el crecimiento y desarrollo de los pollos. Papper (1965) muestra que la harina de plumas procesada es muy usada para aves debido a su alto contenido de proteínas.

Navarro y Benítez (1995), manifiestan que la pluma es una estructura epidérmica. Se ha mencionado que el antecesor inmediato de las plumas son las escamas de los reptiles, pues crecen de la misma manera y están formadas de la misma sustancia, la queratina, que es la proteína que forma las uñas, el pelo y las escamas en otros grupos de vertebrados. El hecho de que las plumas estén compuestas de este material les permite tener características ventajosas, como mayor duración y resistencia a los efectos del medio. Lehninger (1987), señala que las plumas están formadas por queratina, una proteína fibrosa que en su forma natural es poco digestible para los animales debido a los enlaces covalentes 10 presentes sus cadenas de polipéptidos. Otra de las causas según Williams et al (1991), es atribuida al alto grado de ligamentos cruzados de las cadenas de polipéptidos, enlaces de hidrógeno e interacciones hidrofóbicas de la molécula de queratina.

La producción mundial de carnes de pollo al 2015, alcanzó los 97.2 millones de TM (FAO, 2016), dando origen y preocupación del como reciclar y evitar contaminaciones ambientales derivados de los desperdicios que resultan de este proceso. Estos constituyen alrededor de un 23% del peso vivo del ave y de este el 39% son plumas, en cuya composición se encuentran presentes proteínas como la queratina que en forma natural es poco digerible por los animales. (Calderón, 2000).

En general, las proteínas son polímeros capaces de promover enlaces intra e intermoleculares, permitiendo que los materiales resultantes tengan una gran variación en sus propiedades funcionales. La queratina nativa es insoluble en agua y en solventes orgánicos, pero pese a su alta estabilidad química mediante tratamientos esta puede ser digerida mediante técnicas químicas o enzimáticas. La hidrólisis de esta proteína puede liberar aminoácidos hidrosolubles con lo cual puede resultar en un líquido cremoso con aplicaciones industriales. La posibilidad de hidrolizar esta sustancia podría ayudar en la consecución de un producto útil para productos donde se requiera gran cantidad y variedad de aminoácidos, brindando una alternativa de uso a esta dura y fibrosa estructura de los tejidos (Vílchez, 2005).

La queratina es una proteína estructural fibrosa compuesta por gran variedad de aminoácidos encontrándose en mayor abundancia la Glicina, Cistina, y Cisteína (Salazar, 2013). Existen dos tipos de queratina diferenciadas por sus componentes y estructura: α y β queratina. La α queratina se caracteriza por tener en su estructura puentes de disulfuro que otorgan una gran resistencia, estando presente en materiales como la lana de oveja, el pelo, las uñas y la piel (Gallardo et al., 2015). También se encuentra α queratina en las fibras de tejidos duros de proteína tales como las plumas de aves, cuernos cascos, entre otros (Paniagua et al., 2008).

F. M. (2011), menciona que la composición de las plumas de pollo a la salida de una faena en planta, tienen un 30 % de materia seca, asimismo cita a González (2007), quien reporta que el contenido de Proteína Cruda de las plumas varía entre 81 y 90 %. Según Coello et al. (2003), un 88 % de la fracción proteica corresponde a alfa-queratina. Las alfa queratinas son especialmente ricas en aminoácidos con grupos hidrofóbicos como fenilalanina, isoleucina, valina, metionina y alanina y particularmente ricas en cistina llegando a un 18 % en el caso de las alfa queratinas más duras como las del caparazón de las tortugas (Lehninger et al., 1995). Por otro lado, cita que en los hidrolizados de plumas obtenidos por métodos físicos, la elevada temperatura y presión de vapor, utilizadas en el proceso de elaboración, necesaria para la eliminación de agentes patógenos y para romper los enlaces entre los aminoácidos que forman la queratina, pueden degradar significativamente la cistina (Moran et al., 1966), dando lugar a transformaciones de aminoácidos en compuestos de menor valor nutritivo, que afectan negativamente la digestibilidad de la proteína: lisina en lisinoalanina, cistina en lantionina (Wang y Parson 1997, Moritz y Latshaw 2001, de Blas et al. 2003). Arvelo (2011), menciona que la estructura de una pluma es muy compleja, se trata de una lámina subdividida finamente en gran cantidad de elementos. En una pluma típica, la parte central es conocida como raquis, que le sirve de eje y tiene el aspecto de una caña hueca; a pesar de ser una estructura muy ligera, le da la rigidez necesaria para mantenerla firme. La parte inferior del raquis es más ancha y hueca, generalmente desnuda se le denomina cálamo o cañón, es la parte por la cual la pluma está insertada en la piel. El cañón es hueco, puesto que la pluma es una estructura muerta, como las uñas. El raquis está relleno de sustancias muertas, pigmentos y proteínas.

La pluma es una estructura epidérmica que consta de un eje central rígido llamado raquis con paletas más suaves en cada lado, la paleta se compone de numerosas ramas laterales llamadas barbas. Se sabe que las plumas están compuestas mayormente por

queratina y que está por lo general en más de 70% de su peso. Pese a que esta proteína posee un bajo valor biológico nutricional puede tener interesantes aplicaciones cosmetológicas, agrícolas, entre otras (Kowata, *et al.*, 2012).

Consultoría e Ingeniería Integral MEC E.I.R.L. (2014) sobre el Diagnóstico Ambiental Preliminar Planta de Harina de Plumas Isidora S.A.C., afirma que esta actividad está dividida en varias etapas principales. Estas etapas se describen de la siguiente manera:

a) Recepción de Materia Prima La Materia Prima es recolectada de diferentes lugares y es almacenada en una losa de concreto. De allí se va abasteciendo a la poza de alimentación la cantidad necesaria para cada Batch.

b) Alimentación al Digestor La pluma una vez que se encuentra en la poza, se alimenta al Digestor a través de un transportador helicoidal inclinado el tiempo que demora esta operación es de 45 minutos.

c) Proceso de Hidrólisis de la Pluma En la medida que es alimentado el Digestor, se le va inyectando vapor a la chaqueta con la finalidad de ir preparando y darle la temperatura adecuada para el proceso a realizar. Cuando el digestor está lleno se cierra la tapa de ingreso en la materia prima y a partir de ese momento se le inyecta vapor saturado directamente hasta alcanzar una presión interna de 40 PSI y 120 °C de temperatura estos parámetros deben mantenerse por un espacio de 30 minutos (proceso de hidrólisis); proceso que se realiza con la finalidad de romper los enlaces disulfuros de la queratina y elevar el grado de digestibilidad de esta proteína. Después de cumplir el tiempo de hidrólisis, el Digestor se va descomprimiendo lentamente hasta su totalidad. Esta operación demora 15 minutos, luego se descarga el producto hidrolizado durando un tiempo de 10 minutos aproximadamente. Los gases de la descompresión son trasladados a través de una tubería la poza lavadora de gases. El vapor utilizado es saturado proveniente de una caldera de 100 BHP que emplea como combustible, el petróleo residual R-500, que según Meléndez (2006), tiene un poder calorífico de 151700 BTU/gl., 1.5 y 0.06% en peso de azufre y ceniza respectivamente. Boushy, (1989), afirma que la digestibilidad de la queratina puede ser incrementada para obtener un suplemento proteico de buena calidad y altamente digerible, rompiendo los enlaces covalentes que unen las cadenas polipépticas de esta proteína. Enlaces que pueden ser destruidos mediante la utilización de *Bacillus licheniformis*, una bacteria que pre-fermenta las plumas, también se pueden utilizar enzimas (mataza o Allzyme) o someter las plumas a un proceso de hidrólisis. Los métodos de procesar las plumas influyen sobre el valor nutritivo de estas, principalmente sobre el contenido de proteína y la digestibilidad de

aminoácidos, esto ocurre especialmente cuando se utiliza la hidrólisis. Asimismo, menciona que la hidrólisis es un proceso en el que las plumas son sometidas a presión durante cierto tiempo, de esta manera, los enlaces covalentes de las cadenas de queratina son rotos y la proteína es reducida a aminoácidos.

d) Secado. La pluma hidrolizada es descargada del Digestor y trasladada a través de un transportador helicoidal hacia el secador, antes pasa por un molino Rompekeke; con la finalidad de triturar los grumos grandes que puede contener el producto y darle mayor área de secado al material. El Molino Rompekeke (Martillos Fijos) está situado en la parte superior de ingreso al Secador; el material triturado ingresa al Secador con la finalidad de extraer la cantidad suficiente de agua y darle la humedad adecuada a la salida del Secador. El tiempo de residencia en el Secador es de 6 minutos y la temperatura de los gases a la salida es de 70 °C. Los gases de combustión y el vapor de agua son extraídos por un Exhaustor; luego pasa por un ciclón y por diferencias de densidades los FINOS caen en el transportador helicoidal que saca el Scrap del Secador y los VAHOS (Gases + Vapor) son llevados a través de una tubería a una poza lavadora de Gases.

e) Molienda. El Scrap que sale del Secador es transportado a través de un helicoidal al Molino de martillos locos con la finalidad de darle granulometría adecuada al producto, conteniendo una humedad de 8%.

1.1.2.3. La Harina de Carne y Huesos (HCH)

La HCH, como la define la AAFCO, debe contener un mínimo del cuatro por ciento de fósforo con un nivel de calcio que no exceda 2.2 veces el nivel real de fósforo. Los ingredientes de contenido de fósforo más bajo deben etiquetarse como harina de carne (AAFCO,). Además de la anterior descripción de la AAFCO, la HCH no debe contener más del 12 por ciento de residuos indigestibles a la pepsina y no más del nueve por ciento de proteína cruda debe ser indigestible a la pepsina. La pepsina es una enzima proteolítica que se secreta en el estómago donde hidroliza proteínas para dar polipéptidos y oligopéptidos. Si una proteína es indigerible a la pepsina, los animales no podrán digerirla. La HCH se puede usar en todas las especies de ganado, aves y alimento acuícola, pero solamente deben usarse materiales de fuentes no rumiantes en alimentos para rumiantes (de acuerdo con la reglamentación de la FDA).

En los últimos años ha cambiado varias veces el nombre y la definición de los productos elaborados por esta industria. La O.M. del 5 diciembre de 1988, relativa a la comercialización de piensos simples, establecía las denominaciones de harina de carne

huesosa y harina de carne (Francia) o harina animal (Bélgica). La O.M. del 4 octubre de 1989 que modifica el anejo parte B de la del 5 diciembre de 1988, crea la denominación “harina de subproductos de Matadero”. Posteriormente, la O.M. del 30 Abril de 1993, por la que se establece la lista de los principales ingredientes para la preparación de piensos compuestos de acuerdo con la Directiva 92/87/CEE del 26 octubre de 1992, vuelve a las denominaciones harina de carne y harina de carne y huesos y los define como “producto obtenido por calentamiento, desecación y molturación de animales terrestres de sangre caliente, enteros, o de partes de éstos, de los que la grasa podrá haber sido parcialmente extraída o eliminada por medios físicos. El producto debe estar prácticamente exento de cascos, cuernos, cerdas, pelos y plumas, así como del contenido del aparato digestivo (contenido mínimo de proteína bruta 50% en materia seca)”. Para la harina de carne y huesos, la definición excluye el término calentamiento y la referencia al contenido mínimo de proteína ruta. La O.M. establece que los productos con más de 13% de grasa en materia seca deberán denominarse ricos en grasas. La atenta lectura de las definiciones muestra cambios de consideración en la presencia de cascos, cuernos, pelos, plumas, cerdas, sangre y contenido intestinal. Desde “... el producto deberá estar prácticamente exento de pelo, cuernos, cascos,...” en la O.M. del 5 de diciembre de 1988, a la O.M. del 4 octubre de 1989 en la que se establece “... no debiendo contener mayor cantidad de pelos, lumas, cuernos, pezuñas... que las que acompañen naturalmente a las materias primas de las que proceda”, lo cual sólo excluye a pelos, plumas, cuernos, pezuñas, etc., como ingredientes en la fabricación de la harina de carne, pero no como componentes de las “distintas partes de los animales” utilizados en la fabricación. Para terminar, en la O.M. del 30 abril de 1993 se vuelve a la exención de pelo, cuernos, etc.

El producto resultante posee un mayor valor nutricional si se realiza a temperaturas bajas (Flores, 1986, citado por Velásquez, 2008), ya que si la temperatura supera los 120 °C se afecta la digestibilidad y el valor nutritivo (Morrison, 1977 citado por Velásquez, 2008). Así mismo, la presión y calentamiento excesivo en la etapa del secado, afecta la biodisponibilidad de lisina y cistina (NRC, 1994).

La Harina de carne y hueso es una excelente fuente de minerales con una alta disponibilidad. Es así que el porcentaje de disponibilidad para calcio, fósforo, Magnesio, Manganeso, Zinc y Cobre es de 90 por ciento, 93 por ciento, 84 por ciento, 73 por ciento, 79 por ciento y 74 por ciento respectivamente (Bul-Bul y Bragg, 1981). Sin embargo, la harina

de carne y hueso es deficiente en Metionina y Triptófano (Mc Donald *et al*, 2010). Existe una correlación entre la cantidad de Calcio y Fósforo contenida en las harinas de carne y hueso, incrementándose el calcio 2.08 % por cada incremento de un punto porcentual de fósforo. Así mismo, el nivel de fósforo disminuye 0.106 por ciento por cada punto porcentual de incremento de proteína cruda (Knabe, 1995).

La harina de carne y hueso según (AAFCO 1996, citado en Harina de...1996) se define como un producto obtenido por la extracción de las grasas de los tejidos de mamíferos, incluyendo los huesos pero sin añadir sangre, pelos, pezuñas, cuernos, cueros, excrementos y los contenidos estomacales y del rumen, excepto en las cantidades que puedan ocurrir inevitablemente aun con las mejores prácticas de proceso. El alimento debe contener un mínimo de 4.0% de fósforo (P) y el nivel de calcio (Ca) no debe ser más de 2.2 veces el nivel actual de fósforo (P). No deberá contener más de 12% de pepsina indigestible. La etiqueta deberá garantizar la cantidad mínima de proteína, la cantidad mínima de grasa cruda, la cantidad máxima de fibra cruda, la cantidad mínima de fósforo (P) y las cantidades mínima y máxima de calcio (Ca). Si contiene un nombre y descripción del tipo, composición u origen, el producto debe corresponder a tal descripción.

Uno de los patógenos que más se asocia a las harinas de origen animal es la *Salmonella sp* y se le atribuye erróneamente el origen a estos productos. Sin embargo, se ha demostrado que *Salmonella sp* puede estar presente en productos que contienen proteínas de origen vegetal y granos utilizados en la alimentación animal (Beumer y Van Der Poel, 1997, Sreenivas, 1998, McChesney, 1995). Además, Oliveira (1996) citado por Macavilca (2013) afirma que el tratamiento térmico que reciben las harinas de origen animal elimina a *Salmonella* y que el manejo posterior al proceso de producción puede ser la causa de la contaminación.

La NRC (Consejo Nacional de Investigación), citado en Alvarez (1998), reporta que la HCH, contiene 2528 kcal/kg de energía metabolizable, 93% de materia seca, 10% de grasa, 50,4% de proteína, 10,3% de calcio y 28,6% de cenizas; estos porcentajes pueden variar según los procesos utilizados en la preparación de harina de carne y hueso. Carpenter y Clegg, citados en Sartorelli *et al.* (2003), menciona que una EM (energía metabolizable) de 2150 kcal/kg, es característico de una muestra que contiene 50,4% de proteína y 10,0% de extracto etéreo.

Según la AAFCO (American Association of Feed Control Officials), citado en Ravindran *et al.* (2005), la HCH es un producto que se obtiene de la extracción de las grasas de los tejidos de mamíferos, donde se incluye los huesos sin añadir los pelos, sangre, pezuñas, cueros, cuernos, excrementos, contenidos estomacales y del rumen, con excepción de algunas cantidades que puedan adicionarse inevitablemente en las prácticas de proceso.

La Association of American Feed Control Officials (AAFCO) regula los estándares de todos los ingredientes legales utilizados en alimentación, incluyendo las harinas de subproducto de origen animal. Los productos principales son la harina de carne y hueso y la harina de carne. La harina de carne y hueso está definida como el producto procesado de tejidos de mamíferos incluyendo hueso, pero excluyendo sangre, pelo, pezuñas, cuernos, estiércol y contenido ruminal. Así mismo, no debe contener más de 12 por ciento de residuo indigestible a la pepsina y no más del nueve por ciento de la proteína debe ser indigestible a la pepsina; de lo contrario el animal no podrá digerir el ingrediente. La harina de carne y hueso es utilizada en la alimentación de cerdos, aves, peces y animales de compañía (AAFCO, 2006).

Se ha demostrado que el proceso de producción de harinas de subproducto disminuye la capacidad infectiva del prion causante de la Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB). Aunque con ningún método actual se ha logrado inactivarlo totalmente (Traylor *et al.*, 1995 citado por Meeker y Hamilton, 2006), debido a esto la FDA prohíbe el uso de productos subproductos de origen rumiante en la alimentación de bovinos (Meeker y Hamilton, 2006).

La cantidad de hueso puede afectar el valor nutritivo del HCH, ya que entre mayor presencia de hueso mayor es la proporción de ceniza, además afecta la disponibilidad de aminoácidos por el aumento de colágeno presente en huesos, ligamentos y tendones. La harina de carne y hueso que contenga menos de 50% de proteína puede tener colágeno suficiente para reducir la concentración de lisina y otros aminoácidos esenciales (Otárola 2008).

En algunos países, la prohibición de la alimentación de animales con harina de carne y hueso de origen rumiante ha sido el primer paso, para evitar el contagio de los animales de Encefalopatía Espongiforme Bovina. Posteriormente se han realizado prohibiciones de harina de carne y hueso de origen mamífero por la dificultad para diferenciarlas de una de origen rumiante, según la FAO (2009).

Aunque la harina de carne y hueso no sea incorporada voluntariamente en el alimento de los animales, existe el riesgo de reciclar el agente mediante contaminación cruzada en la fabricación de alimentos y alimentación cruzada en granjas. Se ha demostrado que pequeñas cantidades de harina de carne y hueso son suficientes para infectar al ganado, las cuales pueden ser resultado de una contaminación cruzada de HCH de residuos con alimento para cerdos o pollos que contienen harina de carne y hueso, en fábricas de alimento que producen este tipo de materia prima en la misma línea de producción (FAO 2009).

1.1.3. Uso de la proteína animal en la alimentación de rumiantes

Claramente, el uso continuo de los productos reciclados de origen animal como suplementos de proteína para las dietas del ganado y las ovejas depende de las reglamentaciones actuales y futuras de la FDA. Aunque la harina de carne y hueso de rumiantes se ve afectada por la prohibición de la FDA, la harina de sangre y la harina de plumas no se ven afectadas. Además, todavía está permitido alimentar al ganado con harina de carne y hueso que se origine de productos de cerdo o de aves. Como resultado, ha crecido el interés en alimentar más productos avícolas reciclados al ganado, como se analizará más adelante. Las restricciones adicionales de la FDA van a determinar el alcance y los tipos de productos reciclados de origen animal disponibles como suplementos de proteína para las raciones de ganado y las ovejas (www.renderers.org).

La alta concentración de PNDR se debe al tratamiento térmico de los productos reciclados para eliminar la humedad y facilitar la extracción de grasa. El calor desnaturaliza las proteínas y disminuye su hidrosolubilidad, lo que reduce sustancialmente la tasa de proteólisis microbiana. A una tasa de paso de partículas de alimento a través del rumen dada las tasas proteolíticas más lentas se traducen en un mayor escape de proteína del alimento de la descomposición microbiana. Un estudio reciente mostró que el valor de PNDR de los productos reciclados de origen animal sigue siendo alto en toda la amplia gama de tasas de alimentación (Legleiter et al., 2005).

Con la actual prohibición de la FDA de alimentar harina de carne y hueso (reciclada de rumiantes) de vuelta al ganado y ovejas, y la incertidumbre que rodea a las futuras restricciones de la FDA sobre los subproductos reciclados de origen animal, ha habido un creciente interés en los beneficios nutritivos de los productos avícolas en alimentos para

rumiantes. Un esfuerzo reciente fue la reevaluación del valor nutritivo de la harina de plumas como ingrediente para alimentos de ganado de engorda (Cotanch et al., 2006). Se tomaron muestras representativas de harina de plumas cada día durante cinco días de 15 plantas que cubrían aproximadamente el 85 por ciento de la producción total de harina de plumas de Estados Unidos. Se registró la información del proceso, entre lo que se incluían las condiciones térmicas (tiempo, temperatura y presión), porcentaje de sangre añadida y procesamiento por lotes comparado con el de flujo continuo.

Otro esfuerzo reciente de utilizar los nutrientes avícolas reciclados de manera más eficiente para las dietas de rumiantes ha sido el desarrollo de un nuevo proceso para recuperar nutrientes de las aguas de proceso de las plantas de procesamiento avícola. Las aguas de proceso de las plantas de procesamiento avícola contiene una cantidad considerable de nutrientes orgánicos que se deben de capturar, almacenar, tratar y eliminar de tal manera que se prevenga la contaminación ambiental. Como alternativa, se pueden reciclar los nutrientes en las aguas de proceso como un suplemento alimenticio para rumiantes. Debido a que las aguas de proceso avícola presentan un alto contenido de grasa que contiene ácidos grasos insaturados, existe la preocupación de que pudiera inhibir la fermentación ruminal, lo que causaría una reducción de la digestibilidad del alimento. Recientemente se desarrolló en Simmons Foods, Inc. (Siloam Springs, AR, EUA) un nuevo proceso para recuperar nutrientes de las aguas de proceso mediante la reacción de la materia orgánica para que rinda un producto seco de libre flujo llamado PRO*CAL, que posiblemente pueda reducir o eliminar los efectos negativos sobre la fermentación. El producto final contiene alrededor del 47 por ciento de proteína cruda que es consistentemente más que el 70 por ciento del PNDR. Los estudios en animales muestran que se puede alimentar PRO*CAL a vacas lecheras lactantes como una fuente avícola de proteína y grasa de sobrepaso sin los efectos negativos sobre el consumo de alimento o la producción de leche (Freeman et al., 2005). Además, PRO*CAL tiene la ventaja adicional, en comparación con otros suplementos de proteína de sobrepaso, de mejorar el rendimiento de la leche, es de suponer debido a mayores valores de grasa y energía. Se han hecho estudios adicionales en cultivos continuos de microorganismos ruminales mixtos que muestran que PRO*CAL no afecta la fermentación ruminal y que presenta una biohidrogenación más baja de los ácidos grasos insaturados al compararse con una cantidad equivalente de aceite de soya (Jenkins y Sniffen, 2004). De esta manera, a diferencia de la grasa avícola que tiene una concentración mayor de ácidos

grasos insaturados, el producto PRO*CAL podría usarse como suplemento de alimentos para ganado lechero sin efectos negativos significativos sobre la fermentación ruminal.

1.1.4. Uso de la proteína animal en la alimentación de aves

El uso de los productos de proteína reciclada se ha limitado en el pasado debido a una gran variedad de razones. Las investigaciones más antiguas indicaban una disminución del crecimiento si se excedían ciertos límites, tales como el 7.5 por ciento de la dieta. Esta disminución en el crecimiento sucedió principalmente a causa de una reducción de la digestibilidad de muchos productos en relación a la harina de soya. Los datos antiguos del laboratorio indican que hay casi un 10 por ciento menos de lisina digestible en la HCH que en la harina de soya (Firman, 1992).

Se ha hecho un trabajo considerable con la HCH, particularmente en el área de proteínas y aminoácidos. Firman (1992) encontró que la digestibilidad de aminoácidos de la harina de carne no difiere en pavos de diferente edad o sexo y lo imprescindible del reciclaje que es similar al modelo de gallo que comúnmente se usa. La lisina y la metionina son altamente disponibles para el metabolismo, pero una cantidad significativa de cistina no está biodisponible (Wang y Parsons, 1998a). Esto es importante porque el triptofano y los aminoácidos azulfurados totales (TSAA) son los más limitantes en la HCH, seguidos de la treonina, isoleucina, fenilalanina + tirosina, lisina, valina e histidina (Wang et al., 1997). En varios informes se ha encontrado que varía mucho la calidad de la proteína de la HCH. Parsons y colaboradores (1997) encontraron que el contenido de cenizas se correlaciona a la calidad de la proteína. Se cree que está causado por la relación de proteína a cenizas en el alimento. Conforme aumentan las cenizas, disminuye la proteína. La digestibilidad de aminoácidos probablemente no disminuye (Shirley y Parsons, 2001). El método para determinar la digestibilidad también puede tener efecto, que por lo general rinde diferentes resultados (Johns et al., 1987). Las adiciones de grasa a los alimentos también han probado ser un factor, ya que se ha mostrado una mayor digestibilidad en presencia de niveles altos de grasa. El aumento en el componente de grasa de la dieta puede disminuir la motilidad intestinal, lo que deja más tiempo para la absorción. Las micelas en sí mismas pueden ayudar también a transportar los aminoácidos a la pared intestinal (Firman y Remus, 1994). La digestibilidad también puede verse afectada por la presencia de otros ingredientes, como la harina de soya (Angkanaporn et al., 1996). Se ha mostrado que la formulación de alimentos con base en los niveles de aminoácidos digestibles o biodisponibles proporciona mejores

resultados que cuando se formulan con base en aminoácidos totales (Wang y Parsons, 1998b).

1.1.5. Uso de la proteína animal en la alimentación de porcinos

En las dietas porcinas se pueden usar numerosos productos reciclados de origen animal. En general, estos subproductos de la industria del empaque de carne y del reciclaje son buenas fuentes de aminoácidos, calcio, fósforo y otros minerales así como de vitaminas del complejo B. Los principales subproductos de origen animal usados en dietas porcinas son la harina de carne, harina de carne y hueso, harina de pescado, productos deshidratados de sangre (harina de sangre, plasma secado por aspersión y glóbulos sanguíneos secados por aspersión) harina de hueso al vapor y grasas animales recicladas (sebo, grasa y mezclas de grasas animales). También se usan pequeñas cantidades de harina de subproductos avícolas y harina de plumas hidrolizadas, pero en un menor grado. Este capítulo es una revisión de la composición de estos productos y su valor nutritivo para los cerdos (Cromwell, 1992).

El tankage de la harina de carne y el de la harina de carne y hueso es similar a la harina de carne y a la harina de carne y hueso, respectivamente, excepto que también contienen sangre o harina de sangre. Para la mayor parte de los ingredientes de alimentos balanceados, los porcentajes de varios aminoácidos tienden a aumentar conforme aumenta el nivel de proteína cruda en dicho ingrediente; sin embargo, a menudo es relativamente mala la correlación entre las dos. Un análisis de 73 muestras de harina de carne y de harina de carne y hueso (Knabe, 1995), muestra que la lisina aumenta en 0.06 por ciento por cada uno por ciento de aumento en la proteína cruda. La lisina en la harina de carne es tan alta, o incluso ligeramente más alta, que la lisina en la harina de soya (cuadro 3). Sin embargo, la biodisponibilidad de la lisina es ligeramente menor que en la harina de soya. Tanto la harina de carne como la harina de carne y hueso son relativamente bajas en triptofano; algunas investigaciones han mostrado que la biodisponibilidad (es decir, la digestibilidad ileal) del triptofano y de algunos otros aminoácidos es un poquito más baja (Knabe, 1987; NRC, 1998). El bajo contenido de triptófano se debe al hecho de que el colágeno es una de las principales proteínas en huesos, tejido conectivo, cartílagos y tendones (Eastoe e Eastoe, 1954), y que el colágeno está prácticamente desprovisto del triptófano (Eastoe y Long, 1960).

Algunos de los primeros experimentos de alimentación con harina de carne y hueso indican que el desempeño del crecimiento se reduce en los cerdos en crecimiento y finalización cuando los niveles crecientes de harina de carne y hueso se sustituyen con harina de soya en las dietas a base de maíz (Peo y Hudman, 1962, Evans y Leibholz, 1979). Estos primeros estudios indican que la cantidad máxima de harina de carne o de harina de carne y hueso no debería de exceder el dos o tres por ciento de la dieta. Sin embargo, los estudios más recientes en la Universidad de Kentucky han mostrado que se pueden incluir niveles más altos de harina de carne o harina de carne y hueso en dietas de crecimiento y finalización para cerdos sin reducir el desempeño si también se suplementa triptófano (Cromwell et al., 1991).

La harina de carne y la harina de carne y hueso son las dos fuentes de proteína de origen animal que más comúnmente se usan en las dietas porcinas. Durante muchos años se han usado ampliamente ambos subproductos en alimentos porcinos (Franco y Swanson, 1996). Estos productos se describen oficialmente como subproductos reciclados de tejidos de mamíferos que incluyen huesos pero excluyen cualquier adición de sangre, pelo, pezuñas, cuernos, recortes de cuero, estiércol, estómago y contenido ruminal, excepto aquellas cantidades que puedan darse inevitablemente en las buenas prácticas de procesamiento (AAFCO, 2006). La cantidad de fósforo es el principal criterio para distinguir ambos productos. Si el nivel de fósforo es del 4.0 por ciento o mayor, el producto se designa como harina de carne y hueso. Si el nivel de fósforo es menor al 4.0%, el producto se designa como harina de carne. De acuerdo con la definición oficial, el nivel de calcio no debe de ser de más de 2.2 veces el nivel de fósforo. Aunque no se incluye en la definición oficial, la proteína cruda de la harina de carne y hueso es de aproximadamente el 50 por ciento y de la harina de carne es de aproximadamente de tres a cinco por ciento unidades más alto en proteína.

Con frecuencia se hacen preguntas con respecto a qué factores pueden afectar el valor nutritivo de la harina de carne y la harina de carne y hueso en cerdos. Desde luego, el sobrecalentamiento de las harinas durante el procesamiento ha mostrado que reduce la biodisponibilidad de varios de los aminoácidos (Batterham et al., 1986, Knabe, 1987). Sin embargo, el calor en exceso de las harinas no parece reducir la biodisponibilidad del fósforo de acuerdo a los estudios de Traylor et al. (2005b). De la misma forma, el tamaño de partícula de la harina dentro de los límites que comúnmente se usan en la industria no afectan la disponibilidad del fósforo (Traylor et al., 2005b).

1.1.6. Uso de la proteína animal en la alimentación de mascotas

Nutricionalmente, la harina de carne y hueso sigue siendo una buena fuente de proteínas de origen animal con un nivel de proteína bastante consistente del 50 por ciento (Parsons et al., 1997, Pearl, 2004). Esto es nivel adecuado para las dietas tradicionales de alimentos para mascotas con niveles de proteína entre el 18 por ciento y el 26 por ciento. Como muchas otras proteínas de origen animal, es probable que la metionina, la cistina y los aminoácidos azufrados sean los primeros en ser limitantes. La composición de grasa va del 10 por ciento hasta un nivel alto del 25 por ciento, dependiendo del proveedor. El perfil de ácidos grasos puede variar algo y se parece a la composición del animal del que se originó la harina, por ejemplo, los ácidos grasos de res son proporcionalmente más saturados que los del cerdo. A propósito, con frecuencia se encuentran cantidades mensurables de ácidos grasos omega 3 en la harina de carne y hueso de origen rumiante. Debido a la naturaleza más saturada de los ácidos grasos en la harina de carne y hueso es intrínsecamente más resistente a la oxidación que muchas otras de las harinas de carne recicladas. El nivel más alto de cenizas (alrededor del 25 por ciento) en la harina de carne y hueso puede representar un desafío al formular en comparación con otras harinas de proteínas. Las especificaciones de la AAFCO restringen indirectamente las cenizas al establecer límites en los niveles de calcio y fósforo y su relación. Los niveles típicos de calcio y fósforo en la harina de carne y hueso son de 7.5 por ciento y 5.0 por ciento, respectivamente, y están fácilmente disponibles. Sin embargo, este nivel de minerales se hace problemático cuando se formulan alimentos con proteínas más altas (mayores al 30%) y bajo contenido de cenizas, como los que se hacen para gatos.

El aumento de los niveles de las cenizas en la harina de carne y hueso no ha mostrado que baje la digestibilidad de la proteína (Johnson et al., 1998, Shirley y Parsons, 2001). Sin embargo, tal vez esto no se deba directamente al efecto de las cenizas sobre la digestibilidad (Johnson y Parsons, 1997), sino más bien, se debe a la cantidad y calidad del tejido conectivo presente. El colágeno de baja calidad afecta la calidad de la proteína en la que una proporción más baja de aminoácidos esenciales y una proporción más alta de aminoácidos no esenciales, tales como la hidroxiprolina (Eastoe y Long, 1960) pueden ser los culpables de una digestibilidad más baja. El requerimiento (AAFCO) de residuo de pepsina indigestible de menos del 12 por ciento sirve parcialmente para controlar esto. Los sistemas de procesamiento y las temperaturas excesivas han mostrado también que afectan negativamente la digestibilidad de aminoácidos de la harina de carne y hueso (Wang y

Parsons, 1998, Batterham et al., 1986). Pero en general, la digestibilidad de la harina de carne y hueso para animales de compañía es comparable a la de la harina de cordero y la harina de subproductos avícolas (Johnson et al., 1998). En las dietas para perros y gatos, no se ha notificado que la harina de carne y hueso afecte negativamente la flora intestinal, la consistencia de las heces o el volumen de éstas. Sin embargo, a menudo se culpa a la carne de res por la hipersensibilidad de alimentos por lo que la harina de carne y hueso es uno de los primeros ingredientes que se eliminan en un régimen de dieta por “eliminación”. Sin importar esta circunstancia especial, la palatabilidad, la aceptabilidad y la utilización de las dietas que contienen harina de carne y hueso en perros y gatos es bastante buena.

La harina de carne y hueso ha sido la proteína básica en los alimentos para mascotas y todavía muchos la usan hasta el día de hoy. Sin embargo, su popularidad ha disminuido en los últimos años debido a varias cuestiones. Probablemente la más importante es que la harina de carne y hueso ya no se le considera como “apta para la etiqueta”. Lo que esto significa específicamente, es que la nomenclatura es demasiado genérica para el cliente exigente de hoy en día. Los consumidores han sido enseñados para no confiar en algo que simplemente se le llama “carne”. Una harina de carne y hueso estrictamente de res o de cerdo probablemente sería mucho más aceptable para los consumidores, pero hasta hace poco no se encontraban fácilmente a disposición. Estas harinas están ahora a disposición a un precio mayor y se usan ampliamente en alimentos para mascotas. Para añadir algo más a los desafíos, se encuentran también su relación con los alimentos para ganadería más que con los alimentos para consumo humano, los recurrentes asuntos con la encefalopatía esponjiforme bovina (BSE), inspecciones y mantenimiento de registros de todas las harinas de rumiantes y las preocupaciones de brotes de enfermedades tales como la fiebre aftosa. Estos problemas continúan presionando hacia abajo la popularidad de la harina de carne y hueso (Aldrich, 2015).

1.2. El Rendering (reciclaje) de los subproductos de origen animal

El reciclaje de subproductos de origen animal (rendering) es una de las actividades más antiguas que ha practicado la civilización humana (Woodgate y Van der Veen, 2004) aunque no se hubiera desarrollado hasta constituir una industria como la que conocemos hasta hace relativamente poco. Además, Woodgate (2005) concluyó que el reciclaje era “la industria imprescindible”. Por lo tanto, un mundo sin reciclaje es algo difícil de contemplar y describir. Según un informe de la FAO sobre la industria del rendering, ésta ha estado y continua

estando integrada de cerca con la producción animal y de carne en países donde dichas industrias están bien establecidas. En una perspectiva global el “rendering” provee un servicio importante a la sociedad y a las industrias de alimentación para animales. (FAO, 2005).

Hamilton y Kirstein (2002) también muestran el valor del proceso del reciclaje como un mecanismo de control de riesgos de los patógenos microbianos, así como de otros riesgos, al mencionar datos proporcionados en un estudio del Departamento de Salud del Reino Unido (U.K. Department of Health, 2001). Se encontró que el riesgo de la exposición en humanos a los riesgos biológicos era insignificante cuando los animales muertos (mortalidad) y los subproductos se procesaban mediante el reciclaje, la incineración, o la pira funeraria. Sin embargo, se han presentado informes de que la incineración y las piras causan exposición de moderada a alta a los riesgos químicos relacionados con la quema. Solamente los materiales que se han reciclado tienen una exposición insignificante a los riesgos biológicos y químicos. El agente que causa la BSE fue la única excepción, el cual se encontró que representaba un riesgo insignificante al ser humano cuando posteriormente se incineran los productos sólidos del reciclaje.

El proceso de reciclaje de subproductos de origen animal (conocido en inglés como rendering) es un proceso de transformación física y química que utiliza una gran variedad de equipo y procesos (Meeker y Hamilton, 2009).

Con el rendering, los subproductos provenientes de la faena de bovinos (huesos, grasas, sangre, etc.) pueden ser transformados en productos con valor comercial (sebo, harina de carne). El rendering es un proceso secundario de los frigoríficos y se realiza para estabilizar los subproductos y convertirlos en productos con valor comercial. Es necesario que el proceso cumpla con los estándares ambientales actuales, además que estos sean adecuados al área donde está localizada la planta (Alonso, 2017).

El proceso de reciclaje de subproductos de origen animal (conocido en inglés como rendering) es un proceso de transformación física y química que utiliza una gran variedad de equipo y procesos. Todos los procesos de reciclaje incluyen la aplicación de calor, la extracción de la humedad y la separación de la grasa (Hamilton, 2004).

La palabra rendering en inglés significa el reciclaje de tejidos crudos provenientes de animales destinados al consumo humano, así como de grasas y aceites residuales de cocinar de todos los tipos de restaurantes, para producir una gran variedad de productos con valor agregado. Durante el proceso de reciclaje, se aplican calor, tecnología de separación y filtrado al material para destruir la población microbiana, eliminar la humedad, extraer la grasa de la proteína y eliminar la humedad y el material proteínico de la grasa (Bisplinghoff, 2009).

Conjuntos de instalaciones y equipos utilizados para el aprovechamiento industrial de decomisos y desechos destinados a la alimentación animal (Gobierno de Costa Rica, 2001).

1.2.1. El rendering. Aporte a la bioseguridad alimentaria animal y humana

El papel de la industria del reciclaje de subproductos de origen animal en los alimentos para consumo animal y humano implica la formulación y administración de programas avanzados bajo los auspicios de la Animal Protein Producers Industry (APPI), el brazo de bioseguridad de la industria del reciclaje. Aunque las pruebas de *Salmonella* del producto final han tenido un papel histórico en los esfuerzos de la industria de garantizar la seguridad de los ingredientes de alimentos balanceados de origen animal, la industria reconoce que los desafíos actuales y futuros de la seguridad de alimentos para animales y humanos necesitan de innovación y de nuevos modelos. La industria ha aprobado un vigoroso Código de Práctica que exige compromiso y responsabilidad a largo plazo, al tiempo que acepta que el éxito de tal programa sólo se puede lograr a través de una auditoría de certificación integral por parte de terceros. El fin primordial es la producción de ingredientes seguros para la fabricación de alimentos para el ganado, aves, acuicultura y mascotas (Franco, 1992).

El reciclaje es la mejor tecnología de control que en el presente tiene la sociedad para atacar el problema de la eliminación de los subproductos de origen animal y de los animales muertos o mortalidad. El análisis de las características, como los controles de proceso, infraestructura, reducción del volumen y procesamiento oportuno, que son inherentes a la industria, junto con los requisitos reglamentarios, tales como la rastreabilidad y las reglamentaciones ambientales, validan esta declaración y hacen que el reciclaje de subproductos de origen animal sea el método preferido para la recolección, transporte y

procesamiento de subproductos de origen animal y animales muertos. La industria del reciclaje está estructurada de manera particular para brindar los componentes críticos necesarios para manejar todas las materias primas animales de manera segura y responsable, entre los que se incluyen aquellos que están considerados, podría ser desde el punto de vista científico o por la percepción, por no ser aptos para usarse en alimentos para animales (Hamilton, 1992).

Ha habido una cantidad sustancial de datos que indican que las harinas de proteínas recicladas son libres de *Salmonella*, y otros géneros de bacterias, hongos y virus, al salir del cocedor. Esto se puede mantener si el producto se maneja para prevenir la recontaminación y el potencial de crecimiento microbiano después del procesamiento. El aspecto más pertinente de la recontaminación es el control de la humedad. De manera ideal, las harinas contienen niveles de humedad de 4 por ciento al 7 por ciento, por lo que la actividad acuosa de la proteína animal sería demasiado baja como para sustentar el crecimiento microbiano. Para que organismos como la *Salmonella* y otros patógenos crezcan, el contenido de humedad de la harina debe estar alrededor del 40 por ciento. De tal manera que, incluso si el material contaminado (*Salmonella*) se introduce accidentalmente en el producto cocido, la proliferación no se realizará a menos que esté húmeda la harina (Meat Research Corporation, 1997).

Durante el periodo entre 1978 y 1989, investigadores de la Universidad de Minnesota informaron de hallazgos de diez de las *Salmonellas* más frecuentemente aisladas en la HCH: *S. montevideo*, *S. cerro*, *S. senftenberg*, *S. johannesburg*, *S. arkansas*, *S. infantis*, *S. anatum*, *S. ohio*, *S. oranienburg* y *S. livingstone* (Franco, 1999). Se compararon con los cuatro principales serotipos aislados de ganado, que representan el 64.3 por ciento del total de aislados durante julio de 1992 y junio de 1993, y ninguno fue compatible. Se hizo una comparación similar de aislados de HCH de los cuatro serotipos principales de cerdo durante el mismo periodo, que representaban el 82.9 por ciento del total de aislados clínicos porcinos, y de la misma forma no hubo compatibilidad con los aislados de HCH. Se hizo lo mismo con aislados clínicos de pollos del mismo periodo (julio de 1992 a junio de 1993), que representaban el 54.9 por ciento del total de aislados, y tampoco hubo compatibilidad con los aislados de HCH de Minnesota (Franco, 1999). Una evaluación de los aislados encontrados durante la iniciativa de investigación de 11 años en Minnesota se comparó con los hallazgos en Japón y el Reino Unido durante el mismo tiempo aproximado, de los cuales

los únicos dos serotipos aislados de HCH en los tres países fueron *S. livingstone* y *S. senftenberg*.

Esto se convierte en una consideración importante el continuo debate sobre las comparaciones de serotipos. La pregunta es la siguiente: ¿contribuye la HCH en los alimentos balanceados, a niveles de inclusión que varían del tres por ciento al cinco por ciento, a la salmonelosis clínica en ganado y aves? Los datos existentes no apoyan la extrapolación de que la *Salmonella* en la HCH es la causa de la salmonelosis en animales para consumo humano. En realidad, los principales serotipos aislados de la HCH en todo el mundo parecen ser relativamente inocuos y no contribuyen a la salmonelosis clínica en animales, ni son importantes en las enfermedades de origen alimentario en humanos.

El programa de reducción de *Salmonella* de la APPI incluye un programa muy riguroso de pruebas de *Salmonella* en las harinas de proteínas animales. Ésta ha sido una iniciativa continua durante más de 20 años, que demuestra un programa progresista a largo plazo que utilizó HACCP o conceptos similares que mejoran la seguridad de los ingredientes y del alimento balanceado. No obstante, este es un reconocimiento de que los productos agrícolas crudos se pueden contaminar con microbios que incluyen a la *Salmonella*, pero que los procesos como la extrusión, el acondicionamiento con presión, el tratamiento de alta temperatura, tiempo corto y la peletización que emplea la fabricación de alimentos balanceados, sirven como controles adicionales para garantizar la seguridad del alimento balanceado (Sreenivas, 1998).

El trabajo integral de investigación de Davies y Funk (1999) en epidemiología de la *Salmonella* y su control indica que aunque los alimentos para animales de origen animal tienden a recibir el mayor escrutinio, con frecuencia lo que se pasa por alto es el grado de contaminación que tienen los ingredientes de proteínas vegetales. Aunque los serotipos de *Salmonella* identificados exceden los 2,300, solamente unos pocos están vinculados con las manifestaciones clínicas en animales y en el humano, a pesar de la aceptación de que todos los ingredientes para alimentos balanceados se pueden contaminar con *Salmonella*. Además, los organismos de *Salmonella* no son altamente resistentes a ninguno de los agentes físicos o químicos, ya que se eliminan a los 55° C en una hora o a 60° C en 15 a 20 minutos (Franco, 1999).

En 2000, esto impulsó a la APPI a explorar la factibilidad de un Código de Práctica para que la industria del reciclaje de subproductos de origen animal de Estados Unidos “promoviera la seguridad de las proteínas animales y grasas recicladas para alimentos balanceados que se usan a través del establecimiento de los programas recomendados de la industria y un proceso de acreditación”. Un grupo dedicado estudió con sumo cuidado esta propuesta, que trabajó de manera diligente a través de los años considerando las opciones, modificando el “Código” y asesorándose con diversas fuentes con interés en la materia. La iniciativa se aprobó formalmente por la mesa directiva de la organización en octubre de 2004 (APPI, 2004). El quid del Código de Práctica era el de instituir un sistema de controles de proceso para eliminar riesgos, conceptualmente similar al principio HACCP, que se vincularía a requisitos de acreditación con los siguientes objetivos:

- Promover la seguridad de los productos reciclados
- Legitimizar el Código de Práctica
- Proporcionar credibilidad a las industrias
- Promover la consistencia y conformidad con las prácticas aceptadas de la industria
- Preservar los mercados existentes y facilitar el desarrollo de nuevos mercados
- Proporcionar seguridad a los organismos regulatorios

La preocupación acerca de la BSE ha sido una de las cuestiones más serias que ha afectado el uso de los productos reciclados de origen animal en los últimos 10 años. Debido a que la FDA promulgó la regla de alimentos balanceados, el valor del uso restringido (prohibido como alimento para animales rumiantes) de la HCH ha disminuido un promedio de \$18.13 dólares por tonelada, en comparación con la HCH exenta derivada solamente de animales no rumiantes (Sparks, 2001).

La restricción del uso de los subproductos reciclados en los alimentos balanceados puede resultar sin querer en graves problemas económicos y ambientales, la diseminación de enfermedades al ser humano y animales, y la pérdida de nutrientes de mucho valor con los consecuentes riesgos a la salud en animales, especialmente en animales jóvenes y en producción intensiva (FAO, 2002).

1.3. Subproductos de origen animal para su procesamiento

Aproximadamente el 49 por ciento del peso vivo del ganado, 44 por ciento del peso vivo de los cerdos, 37 por ciento del de los pollos de engorda y 57 por ciento del de la mayoría de las especies piscícolas son materias que no consume el ser humano. Algunas tendencias

modernas, como los productos cárnicos preempacados listos para servir, aumentan la cantidad de materia prima para el proceso de reciclado. Las materia primas varían, pero una aproximación general de contenido sería del 60 por ciento de agua, 20 por ciento de proteína y minerales, y 20 por ciento de grasa antes del proceso de reciclado (Meeker y Hamilton, 2009). Añaden que el ser humano no consume de una tercera parte a la mitad de cada animal producido para carne, leche, huevos y fibra. Estas materias primas se someten al proceso de reciclado que da como resultado muchos productos útiles. La harina de carne y hueso, harina de carne, harina de carne de aves, harina de pluma hidrolizada, harina de sangre, harina de pescado y grasas animales son los principales productos que resultan del proceso de reciclaje. El uso más importante y valioso de estos subproductos de origen animal es como ingrediente en alimentos para ganado, aves, acuicultura y animales de compañía.

En Estados Unidos, se generan al año aproximadamente 24.5 millones de toneladas (54,000 millones de lb) de tejidos animales no comestibles, lo cual representa alrededor del 37 al 49 por ciento del peso vivo de cada animal sacrificado para consumo humano. El reciclaje de subproductos de origen animal es el método más seguro y económico de inactivar microbios causantes de enfermedades, al tiempo que se recuperan miles de millones de dólares de productos comercializables (Bisplinghoff, 2009).

Entre los productos que son considerados como no comestibles están las glándulas, la sangre, los pelos, los cuernos, las pezuñas, el estiércol, el contenido gastrointestinal, los decomisos, la piel, los sebos y las grasas. Las glándulas de los animales se destinan en procesos tradicionales para consumo humano, a algunas se les atribuyen efectos estimulantes; las glándulas endocrinas constituyen alrededor del 0,28% del peso vivo del animal. (Ockerman y Hansen, 1994) Un bovino tiene entre 300 y 400 gr. de bilis con un 9% de sólidos representados por ácido cólico y desoxicólico, es alcalina siendo un líquido viscoso de color amarillo verdoso oscuro y de sabor muy amargo, los pelos o borla, se lava y se seca; el volumen que se obtiene es variable, el mercado es restringido, no existe mayor demanda, sus principales compradores son artesanos, fabricantes de cepillo, churruscos y brochas entre otros; este producto tiene mayor valor si no se presenta enredado y está limpio. (Burgos 1998). Los cuernos y pezuñas algunas empresas procesadoras de materias primas que los recogen y los incorporan en sus procesos para la elaboración de harinas de sangre y de carne, después de haber sido incinerados. El contenido gastrointestinal es el alimento que está siendo procesado en los estómagos del bovino (rumen, retículo, omaso y abomaso), así

mismo como en el intestino delgado y el intestino grueso; debido a los procesos de fermentación ruminal se producen diferentes gases que son eliminados a través del eructo, es muy rico en microorganismos. El tránsito de los alimentos con buena digestibilidad puede tardar alrededor de 30 horas en el sistema digestivo. Los animales son llevados a los corrales hasta el momento de su beneficio, en esta espera en la planta, se calcula que un bovino adulto puede producir hasta 16 Kg. de estiércol al día, esto hace necesario el tratamiento del mismo para evitar malos olores, propagación de infecciones y contaminación del agua. Según Falla (1994), el contenido ruminal tiene un rendimiento del 10% al ser secado, una humedad de 85%, 9.60 % de proteína cruda, 2.84% extracto etéreo y 27.06 % de fibra. Los decomisos están representados básicamente por los fetos encontrados en las hembras que van preñadas al sacrificio, los órganos y las porciones de canales que se decomisan en el momento de la inspección veterinaria y se declaran no aptos para el consumo humano. A estos productos se les somete a un tratamiento en un “cooker” o digestor para la obtención de harinas con destino a la nutrición animal. De acuerdo con la normatividad colombiana, se prohíbe el uso de éstas harinas para la alimentación de rumiantes debido a los problemas que han conducido a la formación y propagación de enfermedades como la E.E.B. La piel está representada aproximadamente en un 7% del peso del animal vivo, es una materia prima fundamental en la industria de la marroquinería, en algunos casos los compradores se llevan las pieles sin ningún tratamiento (Quiroga y García, 2008) Las empresas que reciben las pieles crudas, les retiran el sebo y pedazos de carne para dejarlas listas para curtir, proceso que realizan en las curtiembres. Las grasas y sebo corresponden al 12% de un bovino sacrificado. Se divide en sebo fino y sebo corriente, siendo el más solicitado el fino por su mayor precio y calidad. Lo compran principalmente para fines comestibles, para la fabricación de alimentos concentrados para animales y la elaboración de jabones. (Burgos, 1998).

Para estimar la cantidad de materias primas disponibles para elaboración de harinas de carne, se deben tener en cuenta los censos ganaderos, los rendimientos medios en canal de las distintas especies, y las producciones de carne. De esta cifra, hay que deducir las pieles y la lana en vacuno y ovino y total o parcialmente los intestinos y las grasas comestibles. Así mismo, hay que añadir los animales muertos en granja, los decomisos en matadero, y los huesos y recortes generados en el despiece. El cálculo es complejo por la variabilidad de las cifras correspondientes a cada uno de los epígrafes anteriores.

En este estudio se evaluó al sacrificar vacunos con pesos de 550, 540, 588, 590, 487 kg, los pesos en canal fueron de 285, 323, 335, 343, 281 kg, con pesos en piel de 12, 9, 16, 16, 44 kg, contenido intestinal de 100, 70, 66, 67, 85 kg, Despojos para h. carne de 114, 87, 121, 103, 42 kg, para Para consumo humano (% PV) 54, 61, 60, 61, 67; Para piensos (% PV) 21, 17, 21, 18, 9; piel (% PV) 7, 9, 8, 10, 6; residuos (% PV) 18, 13, 11, 11, 18 que varían según la raza del vacunos (Miller, 1988).

II. MÉTODOS Y MATERIALES

La elaboración de harina de carne y huesos considera una serie de fases a seguir y que se detallan a continuación

2.1. Metodología de los procesos

2.1.1. Reciclaje de los subproductos procedentes de los camales

La recogida de materias primas para fabricar harina de carne es complicada por la dispersión de la oferta, la disponibilidad de pequeñas cantidades y porque se trata de materiales de manipulación difícil y poco agradable. En cada caso se emplea el medio de transporte de tamaño adecuado, cuyo coste se ve afectado por la mano de obra requerida para la recogida y por el número de éstas. La recogida y el tratamiento de las materias primas debe hacerse con rapidez, para evitar la producción de olores desagradables, lo cual se favorece en los días calurosos, y también la pérdida de calidad proteica de las harinas de carne, como resultado de la actividad microbiana. Las características analíticas de las materias primas son las siguientes: Humedad de 25 a 45, 38 y 50 a 78%; tenor graso de 45 a 72, 15 y 10 a 17%; sólidos no grasos de 3 a 10, 47 y 12 a 33% en grasas, huesos y desechos, respectivamente (Foxcroft, 1984).

2.1.2. Metodologías del procesamiento de la HCH

2.1.2.1. Recepción de subproductos

El transporte de las materias primas se realiza en vehículos estancos e isoterms, dedicados a este fin de forma exclusiva. Disponen de sistemas de carga mecánicos y descarga basculante. Las materias primas se basculan sobre tolvas semienterradas, construidas en acero dulce o inoxidable, dotadas de dispositivos de transporte tipo tornillo sin fin. Dependiendo del tamaño de la tolva, los sin fines de descarga pueden ser dobles,

triples o de más elementos. Las tolvas deben permitir almacenar la capacidad de tratamiento de la fábrica durante 24-48 horas.

2.1.2.2. Trituración

Esta operación tiene por objeto reducir los fragmentos de las materias primas a unas dimensiones que permitan un tratamiento térmico uniforme, completo y al menor coste. Se considera que el tamaño máximo de los fragmentos no debe superar los 50 mm de diámetro, lo cual permite estandarizar el tratamiento térmico de las materias primas, dada la gran variedad de tamaños de las diferentes piezas. En el caso de que entre las materias primas haya cadáveres de animales, la trituración se hace en dos fases, pretrituración y trituración fina. Si la materia prima proviene de despojos de matadero, se puede realizar la trituración directamente al tamaño de partícula adecuado. Las trituradoras, constan de una parte móvil, accionada por un motor y una parte fija sujeta a la estructura soporte. Ambas poseen cuchillas que encajan unas con otras. La distancia entre éstas, determina el tamaño de partícula. La forma, disposición y velocidades de las cuchillas son variables. La entrada del triturador está protegida por imanes, para evitar los problemas que pueden ocasionar a la instalación la presencia de piezas metálicas.

2.1.2.3. Cocción

En esta operación se realiza el procesado térmico de las materias primas. Existen varios sistemas de tratamiento: por vía seca, por vía húmeda, en ambos casos por cargas, proceso discontinuo o en proceso contínuo.

En los procesos por vía seca, la humedad de la materia prima se elimina totalmente por evaporación aplicando calor y en los procesos por vía húmeda la eliminación de humedad se hace parcialmente por medio de centrifugación o decantación y finalmente por evaporación.

El objetivo de todos los sistemas de tratamiento, es alcanzar 133 °C como mínimo en el interior de los fragmentos de materia prima, de diámetro inferior a 50 mm durante 20 min., a una presión de 3 bares, para conseguir la esterilización del material tratado y la fusión de la grasa contenida en el mismo, para facilitar su separación posterior. La necesidad de alcanzar 133 °C a 3 bares de presión, ha dado lugar a disputas entre la administración comunitaria y las organizaciones de fabricantes de harina de carne, que desean que la frase “... a 3 bares de presión” se sustituya por “... o 3 bares de presión”, para no excluir los procesos continuos que alcanzan esa temperatura pero a presión atmosférica.

Cocedor discontinuo por vía seca

Consta de un recipiente cilíndrico que lleva en el eje una serie de palas agitadoras. Tiene una puerta de carga superior y una puerta de descarga inferior en la parte delantera. El conjunto del cocedor está provisto de un sistema de calefacción, a base de camisa de vapor o aceite térmico. El cocedor se puede poner a presión superior a la atmosférica y también se puede hacer el vacío. Las cargas de material a tratar se someten a calentamiento a presión durante el tiempo necesario. Se produce así la fusión de las grasas y la cocción, liberándose en el proceso vapor de agua procedente de la materia prima. Luego, se abre la salida de gases para su evacuación al exterior y se continúa calentando la masa cocida para eliminar la humedad hasta llegar a un nivel del 6%. Se obtiene así un chicharrón y una grasa que se separan posteriormente. El volumen de los cocedores utilizados oscila entre 2 y 20 m³.

Cocedor continuo por vía seca

En líneas generales la descripción es similar a la del cocedor discontinuo, a excepción de que el recipiente no está cerrado. La entrada de material a tratar se produce por la zona inferior de la parte trasera, y la salida tiene lugar por medio de un rotor de canchales en la zona superior de la parte delantera. La cocción se produce en un “lecho” de grasa, en el que es esencial el control preciso de los caudales de entrada y salida para conseguir que se alcancen 133 °C en el interior de los fragmentos de materia prima, durante el tiempo establecido, para conseguir los mismos efectos que en el caso del cocedor discontinuo. La eliminación de humedad se produce de forma continuada durante el proceso de cocción. Hay equipos con recirculación que impiden el avance del producto si no ha sufrido el tratamiento.

2.1.2.4. Sedimentación

Es la operación que tiene por objeto, la separación de los sólidos y los líquidos obtenidos al final del proceso de cocción. Al acabar la cocción, en el proceso de vía seca por cargas, se produce la eliminación de humedad y queda un chicharrón, material sólido impregnado de grasa y una parte líquida que es grasa.

En el proceso continuo por vía seca la humedad se va eliminando a medida que el material a tratar avanza desde la entrada a la salida, obteniéndose también chicharrón y grasa. En el proceso discontinuo por vía seca la separación de chicharrón y grasa se produce pasando la mezcla de ambos por una tolva equipada con chapas perforadas que permiten

escurrir parte de la grasa. En el proceso continuo por vía seca la mezcla se pasa por un tornillo sin fin dotado de carcasa de chapa perforada y con la rosca del sin fin de paso decreciente, para producir un aumento de presión y favorecer la separación de la grasa. El chicharrón pasa a la operación siguiente y lo mismo la grasa, que contiene partículas sólidas en suspensión.

2.1.2.5. Centrifugación

La separación fina de sólidos y líquidos se lleva a cabo en la operación de centrifugación. En los procesos por vía seca, en la prensa y la sedimentación se separan los chicharrones de la grasa y en los procesos por vía húmeda se separan los chicharrones húmedos de la mezcla de grasa y agua.

En ambos casos, la grasa de prensa o de sedimentación y la mezcla de agua y grasa se centrifuga para separar la grasa, el agua y las partículas de chicharrón en suspensión en la grasa de entrada para su reincorporación a la harina de carne.

2.1.2.6. Prensado

Esta operación permite eliminar gran parte de la grasa que impregna el chicharrón para obtener una harina de carne con un contenido de grasa que facilite la manipulación del producto en una fábrica de piensos. El chicharrón entra a la prensa con 25-30% de grasa y se obtiene un producto con 12-15%.

Las prensas son máquinas muy robustas que constan de un eje de forma cónica equipado con una hélice discontinua de paso decreciente alojada en un tamiz tubular que provoca una fuerte elevación de presión en el chicharrón al avanzar a lo largo del eje de la prensa, que puede llegar a alcanzar los 200 kg/cm² a la salida. La grasa se separa a través del matiz y el tornillo hace salir la torta prensada.

2.1.2.7. Control de calidad, ensacada y etiquetado

El producto final deberá ser sometido a un severo control en su composición química, organoléptico y microbiológico para luego ensacarse y la etiqueta correspondiente

2.2. Materiales y equipos

Las distintas fases del procesamiento para la obtención de la harina de carne y huesos requerirán el empleo de, básicamente, lo siguiente:

- Carros recolectores y de transporte de subproductos de camal
- Digestores y/o equipos de cocción
- Tanques de sedimentación
- Prensas
- Filtros
- Calderos
- Molinos
- Centrífugas
- Bandejas de recolección
- Empaquetadoras
- Carretillas
- Palas, etc.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. De la importancia del rendering en el entorno ecológico

El reciclaje de desperdicios provenientes de los camales ha demostrado ser una vía efectiva para garantizar la conservación del medio ambiente en una región como Lambayeque donde no existen las condiciones mínimas para tratamiento de residuos orgánicos como los sobrantes de los animales beneficiados en los camales de la zona.

Al tomar en cuenta todos los subproductos animales que no están destinados al consumo humano, hay una gama de oportunidades de procesamiento que se pueden considerar de acuerdo con el estatus de la materia prima y la demanda de los productos producidos. En el cuadro 2 se muestra una gama de usos de los productos producidos ya sea por el reciclaje convencional o por los procesos “alternativos” después del reciclaje.

Cuadro 1. Operaciones con los productos reciclados de origen animal

Proteínas de origen animal		Grasas de reciclaje	
Procesada			
Convencional	Alternativa	Convencional	Alternativa
Alimentos balanceados	Combustible	Alimentos balanceados	Combustible
Alimentos para mascotas	Agregados	Jabón	Biodiesel
Fertilizante Oleoquímicos Plásticos	Apatita (hidroxifosfato de calcio)	Oleoquímicos	Plásticos

Stephen L. Woodgate

Por lo tanto, si el reciclaje no se hubiera inventado o de repente ya no existiera, se requerirían entonces de alternativas para procesar parte de estas materias primas o el material se tiraría en basureros ilegales.

Entre las áreas exploratorias más recientes de investigación para el uso de los subproductos de origen animal se encuentran la acuicultura. Sin embargo, debido a una serie de restricciones, la investigación en acuicultura frecuentemente se realiza a escala de laboratorio, por lo que también siempre existe la incertidumbre de si los resultados de estos estudios son válidos a escala comercial. Por otro lado, con el crecimiento que ha habido en acuicultura en la última década y dado el espectacular incremento en la proporción del consumo de la harina y de aceite de pescado del sector de los alimentos acuícolas, la mayor parte de la investigación dentro de la industria se ha enfocado al uso de fuentes de proteína alternas. Entre las alternativas, se ha estudiado la harina de carne y la harina de plumas, cuyo potencial ya se ha establecido como componente importante en las dietas acuícolas para peces y camarones para reemplazar total o parcialmente la harina de pescado (Smith et al., 2001, Kureshy et al., 2000, Abdel-Warith et al., 2001).

3.2. Potencialidad del rendering en Lambayeque

El departamento de Lambayeque, en lo que se refiere a la ubicación de sus tres provincias, específicamente sus capitales de provincia son bastante cercanas y, en población humana capitalina llevan un orden de mayor a menor entre Chiclayo, Lambayeque y Ferreñafe.

Después de Lima, Lambayeque representa a escala nacional la segunda región que más concentra o acopia ganado bovino que llega de todas partes del territorio nacional, donde entre 8,000 a 10,000 cabezas de ganado son movilizados al mes hacia esta zona, procedente de las regiones San Martín, Amazonas, Cajamarca y Piura, entre otras localidades y de los cuales un 40 por ciento se sacrifica en esta ciudad y el resto es decir un 60 por ciento sale a otras regiones del país (Chimbote, Lima, Trujillo, Tumbes, entre otras ciudades, es trasladado vivo y debería ser enviado sacrificado para un mayor rendimiento (SENASA, 2018)

El problema radica en que los supermercados para poder comercializar carnes rojas tienen obligatoriamente que traer la carne de canales que tenga implementado buenas prácticas de faenado o sistema HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control)

y en Lambayeque no tenemos ningún camal con estos requisitos, y las cadenas comerciales se ven obligadas a comprar carne procedente de Lima, Trujillo o carne importada de Argentina o Colombia. Se espera que en Lambayeque se invierta en la instalación de un moderno camal privado.

En Lambayeque existen alrededor de 17,000 pequeños ganaderos que se concentran en los distritos de Monsefú y Chiclayo, distritos que aglutinan la mayor población de ganado bovino.

Se detalla asimismo, que la ganadería lechera de Lambayeque se encuentra mayormente en Chiclayo, Leonardo Ortiz y Monsefú, en tanto la de carne está en Olmos donde existe una buena población que alcanza unas 10,000 cabezas de ganado; esperándose un crecimiento ganadero de este distrito con el desarrollo del Proyecto Olmos .

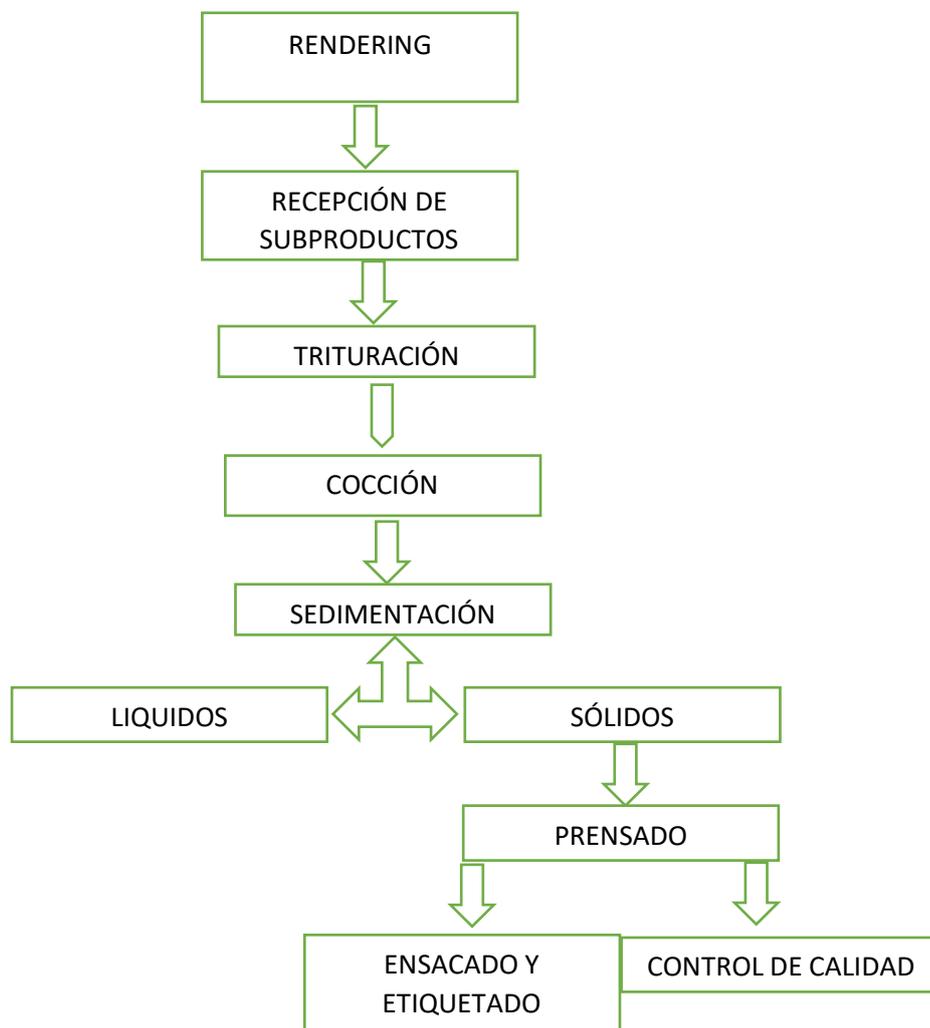
3.3. El estándar en la comercialización de la harina de carne y huesos (HCH)

Tradicionalmente los fabricantes de harina de carne suministraban harinas clasificadas por su contenido en proteína bruta, expresado normalmente como un rango, siendo las harinas de carne 40-45%, 45-50% y 50-55% los tipos habitualmente ofrecidos al mercado. Posteriormente los fabricantes de pienso comenzaron a referirse a harinas identificadas por su contenido en PB, GB y cenizas.

Las conclusiones de Bremner, están de acuerdo con las obtenidas por Herbert et al. (1974), que trabajaron con harinas de carne sobrecocidas y Kondos y McClymont (1972) que encontraron que tratamientos a temperaturas de hasta 138 °C no afectaban a la disponibilidad biológica de los aminoácidos de las harinas de carne, determinadas por medio de ensayos de crecimiento de pollos. Sin embargo, los procesos de cocción realizados a temperaturas entre 140 y 160 °C reducían la disponibilidad de algunos aminoácidos en 39 a 56%, siendo lisina, histidina y metionina los más afectados.

Bensink (1979) estudió las posibles vías de contaminación de las harinas de carne con salmonelas en dos fábricas con características de diseño y con niveles de higiene diferentes. Se estableció un protocolo de muestreo en diferentes partes del proceso y se muestreó también el aire y los insectos. De un total de 374 muestras, 151 contenían uno o más serotipos de salmonelas.

Se considera que, un flujo general en la elaboración de carne y huesos deberá comprender:



IV. CONCLUSIONES

La información consultada permite concluir:

1. Lambayeque no cuenta con fábricas para el rendering y obtención de harina de carne para su uso en la alimentación animal, especialmente de aves, cerdos y mascotas a nivel regional o en otras regiones cercanas y con gran desarrollo en la explotación de aves y cerdos
2. La ausencia del “rendering” en la región Lambayeque estaría ocasionando grave daño al ecosistema con serias repercusiones en su deterioro y contra la salud humana
3. A nivel nacional, después de Lima, representa la región con mayor potencialidad para establecer fábricas para la elaboración de suplementos proteicos como la harina de carne y huesos, sangre y otros con alta probabilidad de empleo en la formulación de raciones para animales
4. Existe amplia información científica que permitiría definir los estándares de calidad para la elaboración de harinas de carne y huesos.

V. RECOMENDACIONES

1. Realizar, con carácter prioritario, un estudio de factibilidad para la instalación de una fábrica en elaboración de suplementos proteicos por rendering de animales beneficiados en los camales municipales del Departamento de Lambayeque

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- AAFCO (Association of American feed control Officials), 2006 Official publication of the Association of American feed control Officials
- ABDEL-WARITH A., P. RUSSELL, and S. DAVIES. 2001. Inclusion of a commercial poultry by-product meal as a protein replacement of fish meal in practical diets for African catfish *Clarias gariepinus*. *Aquaculture Research*. 32(1):296-305.
- ALDRICH, C., and L. DARISTOTLE. 1998. Petfood and the economic impact. Proc. California Animal Nutrition Conference, Fresno, CA. pp. 140-148.
- ALONSO, M. 2017. Relatorio de impacto ambiental (rima), Frigorifico Concepcion s.a, Asunción, Paraguay. 35 pg.
- ALVAREZ, P. 1998. Sustitución de Harinas de Carne y Hueso o de Subproductos Avícolas (tortave) por aceite ácido de palma africana en alimentación de pollos de engorde. Lic. Ing. Arg. con énfasis en zootecnia. Costa Rica. UCR. 49 p.
- ANGKANAPORN, K., V. RAVINDRAN, and W. BRYDEN. 1996. Additivity of apparent and true ileal amino acid digestibilities in soybean meal, sunflower meal, and meat and bone meal for broilers. *Poultry Sci*. 75:1098-1103.
- ANÓNIMO. S.f. El proceso de la harina de pescado. Publicación, 21 pp.
- ARVELO, R. 2011. El uso de las plumas de pollo para aumentar la tenacidad del yeso. Universidad Politécnica de Madrid. España. pp. 22-24.
- AZCONA, J., M. SCHANG y O. CORTAMIRA. 2003. Pellets de girasol baja fibra: caracterización químico-biológica. Cuadernillo Informativo N° 4. Usos Alternativos del girasol en alimentación animal. ASAGIR. <http://www.asagir.org.ar>

- BATTERHAM, E., R. DARNELL, L. HERBERT and E. MAJOR. 1986. Effect of pressure and temperature on the availability of lysine in meat and bone meal as determined by sloperatio assays with growing pigs, rats and chicks and by chemical techniques. *Br. J. Nutr.* 55:441-453.
- BENSINK, J.C. y P. BOLAND. 1979. *Australian Vet. J.* 55.
- BEUMER, H. Y A.F VAN DER POEL, 1997. Effects on hygienic quality of feeds examined. *Feedstuffs. Estados Unidos.* 36 – 51 pg.
- BREMNER, H.A. 1976. *J. Sci. Food Agric.* 27, 307.
- BRENES, A. y J. BRENES. 1993. Tratamiento tecnológico de los granos de leguminosas: Influencia sobre el valor nutricional. IX Curso de Especialización FEDNA. Barcelona, CORPOICA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, FEDECAN. Bogotá. pp. 20-28.
- BULBUL, S. y D. BRAGG. 1981. Availability of mineral in meat and bone meal to the growing chick. *Poultry Science North Dunlap Ave, Savoy, IL 61874: Poultry Science Assoc Inc.* 31
- BURGER, J., M. CHAPMAN y J. BURKE. 2008. Molecular insights into the evolution of crop plants. *American Journal of Botany.* 95, 2, 113–122.
- BURGOS, J. 1998. Diagnóstico sobre el aprovechamiento de subproductos de matadero en Santafé de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- CALDERÓN, M. A. 2000. Efecto de tres tiempos de hidrolizado sobre el contenido de proteína y digestibilidad de la harina de pluma y sangre. pp. 1-3.
- CASARTELLI, E., R. FILARDI, O. JUNQUEIRA, A. LAURENTIZ, V. ASSUENA, E. DUARTE. 2006. Avaliação nutricional e energética do farelo de girassol para aves

sunflower meal in commercial layer diets formulated on total and digestible amino acids basis. *Braz. J. Poult. Sci.*, 8:167-171.

CHEEKE, P. 1999. *Applied Animal Nutrition: feeds and feeding*. Editorial Prentice Hall. Segunda Edición. United States of América.

CHIBA, L. 2001. Protein Supplements. In: Austin J. Lewis and L. Lee Southern. 2nd ed. in *Swine Nutrition*. New York. p.p 803-836.

CLIFFORD, M., S. KNIGHT y N. KUHNERT. 2005. Discriminating between the Six Isomers of Dicafeoylquinic Acid by LC-MSn *J. Agric. Food Chem.* 53, 10, 3821-3832.

COELLO, N., C. BERNAL, A. BERTSCHI, O. ESTRADA, Y. MOCCÓ, M. HASEGAW 2003. Las Plumas como residuo agroindustrial: su utilización biotecnológica para producir insumos de interés industrial. *Revista de la Facultad de Ingeniería (Universidad Central de Venezuela)*. 18 (3): pp. 119-126.

COSTA RICA. 2001. Reglamento Sanitario y de Inspección Veterinaria de Mataderos, Producción y Procesamiento de Carnes, San José, Costa Rica. 19 pg.

CROMWELL, G. L. 2002. Feeding Swine. *Livestock Feeds and Feeding*, 5th ed., Kellems, R. O., and D. C. Church, Eds. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ. pp. 248-290.

CROMWELL, G. L., T. S. STAHLY, and H. J. MONEGUE. 1991 Amino acid supplementation of meat meal in lysine-fortified, corn-based diets for growing finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 69:4898-4906.

DA SILVA, C., J. PINHEIRO, N. FONSECA, L. CABRERA, V. NOVO, M. DA SILVA, R. CANTERI E E. HOSHI. 2002. Farelo de girassol na alimentação de suínos em crescimento e terminação: digestibilidade, desempenho e efeitos na qualidade de carcaça. *Rev. Bras. Zootec.*(Suppl2): 31.Viçosa.

DAVIES, P.R. and J.A. FUNK. 1999. Proc. 3rd International Symposium on the Epidemiology and Control of *Salmonella* in Pork. August 5-7; 1-11.

- DE CARVALHO, D., J. DE FREITAS, E. FIALHO, R. FONSECA, H. OLIVEIRA, P. AZEVEDO, Z. DE SOUZA E J. VIEIRA. 2005. Evaluation of sunflower meal on growth and carcass traits of finishing pigs. *Ciênc. Agrotec. Lavras.* 29: 208-215.
- DINUSSON, W. 1990. Sunflower meal. In: P. A. Thacker and R. N. Kirkwood. Eds. *Nontraditional Feed Sources for use in Swine Production.* Butterworths. Boston. USA. 465-472 pp.
- EASTOE, J.E., and J.E. LONG. 1960. The amino-acid composition of processed bones and meat. *J. Sci. Food Agric.* 11:87-92.
- EVANS, D. F., and J. LEIBHOLZ. 1979. Meat meal in the diet of the early-weaned pig. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 4:33-38.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2001. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO.
- FAO. 2002. Executive Summary; Expert Consultation and Workshop on Protein Sources for the Animal Feed Industry. Food and Agriculture Organization in association with the International Feed Industry Federation. Bangkok, Thailand, April 29 – May 2.
- FAO. 2005. Protein sources for the animal feed industry: real and perceived issues involving animal proteins (en línea). Rome. Ed. C.R. Hamilton. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/007/y5019e/y5019e0g.htm>
- FAO. 2009. Medidas para proteger la sanidad animal. <http://www.rlc.fao.org/es/transfron/eeb/>
- FDA 2005. Introduction and Profile of the Meat Animal Producing, Slaughtering and Rendering Industries (en línea). Consultado en 25 de septiembre de 2007. Disponible en <http://www.fda.gov/cvm/Documents/bse2.pdf>

FARRO, H. 1996. Industria Pesquera. edit. Industrial Grafica. Lima. 297 p.

FEATHER MEAL: A biological waste, its processing and utilization as a feedstuff for poultry. Biological Wastes. Department of Animal Nutrition, Agricultural University, 6708 PM, Wageningen, The Netherlands. pp. 39-74.

FIALHO, E. y B. PINTO. 1997. Alimentos alternativos para suínos. FAEPE:UFLA, p.95-104, Lavras

FERREIRA, G. 2007. Semilla de algodón en la alimentación de vacas lecheras, pero cuidado con los excesos. http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/72.

FIRMAN, J.D. 1992. Amino acid digestibilities of soybean meal and meat meal in male and female turkeys of different ages. *J. Appl. Poultry Res.* 1:350-354.

FIRMAN, J.D., and J.C. REMUS. 1994. Fat additions increase digestibility of meat and bone meal. *J. Appl. Poultry Res.* 3:80-82.

FOXCROFT, P. 1984. Symp. Society of Feed Technologists.

FRANCO, D.A. 1999. The Genus *Salmonella*. Proceedings of the Animal Protein Producers Industry. Institute for Continuing Education. 1-22.

FRANCO, D. 1992. El papel de la industria del reciclaje de subproductos de origen animal en la seguridad de alimentos para consumo animal y humano, Center for bio-security, food safety and public health, lake worth, Florida, EUA

FREEMAN, S.J., P.J. MYERS, C.J. SNIFFEN, AND T.C. JENKINS. 2005. Feed intake and lactation performance of Holstein cows fed graded amounts of a poultry-based protein and fat supplement (PRO*CAL). *J. Dairy Sci.* (Suppl. 1) 83:394.

- GALLARDO, M., M. MONTAÑA, M. VALLADOLID. 2015. Dos procedimientos para el estudio de las plumas en microscopía óptica. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. Sección biológica, 109, p 65-69.
- GARCÍA, M. 2006. Estudio de factibilidad de una fábrica productora de harina vial a partir de la pluma de pollo. Tesis Ingeniero Industrial, Universidad de Guayaquil. 226 pp.
- GOMEZ, T. 2007. Extrusión de Semilla de Algodón – Fuente de aminoácidos y vitaminas. www.engormix.com/extrusion_semilla_algodon.
- GONZÁLEZ-PÉREZ, S., J. REIJKEN. 2008. Sunflower proteins: overview of their physicochemical, structural and functional properties. *J Science of Food Agric*.
- GORRACHATEGUI, M. 1992. La harina de girasol calidad y posibilidades de empleo en la fabricación de piensos compuestos. *Rev. Mundo Ganadero*. 3:72-81. Consultado May. 25, 2010. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo>.
- HAMILTON, C.R. and D. KIRSTEIN. 2002. National Renderers Association technical review.
- HAMILTON, C.R., 2005. Protein sources for the animal feed industry renders. FAO, Corporative
- HERBERT, L.S.; DELLON, J.F.; MCDONALD, M.W. Y SKURRAY, G.R. (1974) *J. Sci. Food Agric*. 25, 1063.
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual).1986.NTP.204.039:1986. Almacenamiento de Harina de Pescado. Lima. 4 p.
- JENKINS, T.C., and C.J. SNIFFEN. 2004. Fermentation characteristics and fatty acid biohydrogenation in continuous cultures of mixed ruminal microorganisms fed diets containing poultry products and nutrients reclaimed from the process water of processing plants. *J. Dairy Sci*. 87 (Suppl. 1): 211.

- JOHNS, D., C. LOW, J. SEDCOLE, M. GURNSEY, and K. JAMES. 1987. Comparison of several *in vivo* digestibility procedures to determine lysine digestibility in poultry diets containing heat treated meat and bone meals. *Br. Poultry Sci.* 28:397-406.
- JOHNSTON, J. y COON, C.N. 1979. A Comparison of six protein quality assays using commercially available protein meals. *Poultry Science*
- JOHNSON, M.L., and C.M. PARSONS. 1997. Effects of raw material source, ash content, and assay length on protein efficiency ratio and net protein ratio values for animal protein meals. *Poult. Sci.* 76:1722-1727.
- JOHNSON, M.L., C.M. PARSONS, G.C. FAHEY JR., N.R. MERCHEN, and C.G. ALDRICH. 1998. Effects of species raw material source, ash content, and processing temperature on amino acid digestibility of animal by-product meals by cecectomized roosters and ileally cannulated dogs. *J. Anim. Sci.* 76:1112-1122.
- KNABE, D. A. 1995. Survey of the content and digestibility of protein and amino acids in animal protein coproducts. *Proc. Carolina Swine Nutrition Conf., Raleigh, NC.* N. Carolina State Univ., Raleigh. pp. 15-37.
- KONDOS, A.C. y G. MCCLYMONT. 1972. *Aus. J. Agric. Res.* 23, 913.
- KOWATA, K., M. NAKAOKA, K. NISHIO, A. FUKAO, A. SATOH, M. OGOSHI, S. TAKAHASHI, M. TSUDZUKI, S. TAKEUCHI. 2012. Identification of a feather β -keratin gene exclusively expressed in pennaceous barbule cells of contour feathers in chicken. *Gene*, 542, p. 23-28.
- KURESHY, N., D.A. ALLEN, AND C.R. ARNOLD. 2000. Partial replacement of fish meal with meat-and-bone meal, flash-dried poultry by-product meal, and enzyme-digested poultry by-product meal in practical diets for juvenile red drum. *North American Journal of Aquaculture.* 62:266-272.
- LAWHON, J. T.; GLASS, R. W.; MANAK, L. J.; LUSAS, E. W. (1982). Whitecolored protein isolate from sunflower: processes and products. *Food Technol.* 36, 86-87.

LÁZARO, R. et al. **Whole soybeans in diets for poultry**. Disponible en:[Link](#).

LEESON, S.; SUMMERS, J.D.; DIAZ, G.J. **Nutrición aviar comercial**. Bogotá, Colombia: Gonzalo J. Diaz González, 2000.

LEGLEITER, L.R., A.M. MUELLER, and M.S. KERLEY. 2005. Level of supplemental protein does not influence the ruminally undegradable protein value. *J. Anim. Sci.* 83:863-870.

LEHNINGER, A. (1987). *Bioquímica: Las bases moleculares y función celular*. Segunda Edición. Ediciones Omega, S.A, Barcelona, España. p. 68.

MACAVILCA, Y.P. 2013. Evaluación del concentrado proteico de subproducto de camal avícola utilizando tres programas de alimentación en pollos de carne. Tesis Ing. Zootec. Lima-Perú. 68 Pág.

MARQUES, V. & FARAH, A. (2009). Chlorogenic acids and related compounds in medical plants and infusions. *Food Chemistry* 113, 1370–1376.

MARTÍNEZ-VALVERDE, I., PERIAGO, M.J., ROS, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 50, 1, 5-18.

McCHESNEY, J. 1995. The promise of natural products for the development of new pharmaceuticals and agrochemicals. In *Chemistry of the Amazon Symposium Series*, American Chemicals Society: D.C.; 54

Mc NAUGHTON, F. and F. REECE. 1980. Full-fat soy beans: The feeding for poultry and swine and efecto of processing. U.S. Department of Agriculture. A.R.S. 31 pp.

McDONALD, P. *Nutrición Animal*. Sexta Edición. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 2006.

- MEAT RESEARCH CORPORATION. 1997. Prevention of Post-processing Contamination of Stock Meal with *Salmonella* and Other Pathogens. Australian Meat Corporation, Admin. 1912.
- MEC E.I.R.L. Consultoría e ingeniería integral. 2014. Diagnóstico Ambiental Preliminar Planta de Harina de Plumas de Pesquera Isidora S.A.C. pp. 10-15.
- MEEKER, D. L., Y C.R HAMILTON. 2006. Essential rendering. Published by National Renderers Association, Arlington, Virginia.
- MEEKER, D. y C. HAMILTON. 2009. Perspectiva general de la industria del reciclaje de subproductos de origen animal. Lo Imprescindible del Reciclaje. Todo sobre la industria de los subproductos de origen animal. 16-35 pg.
- MONARI, S. 1999. Fullfat soya handbook. Washington, USA: American Soybean Association, 1999. 44p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) 1994. Nutrient Requirement of Poultry 9th Rev Edic National Academy press, Washington D.C.
- NATIONAL RESEARCH COOUNCIL. 1998. *Nutrient Requirements of Swine*, 10th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- NAVARRO, A. Y BENÍTEZ, H. (1995). El dominio del aire, plumas y plumajes. Consultado el 23 de abril de 2015. p. 1.
- NETTO, J. Soja integral na alimentação de aves e suínos. **Avicultura Industrial**, v. 82, n. 988, p. 4-15, 1992.
- OCKERMAN, H. y C. HANSEN.1994. Industrialización de subproductos de origen animal. Editorial Acribia S.A. Zaragoza (España).
- ONEPROCESO.2011. Proceso de Harina de Pescado. Disponible en <http://oneproceso.webcindario.com/indexpro2.html>

- OTÁROLA, J. 2008. Formulación de Dietas de Pollos de Engorde con y sin Harinas de Origen Animal con Aminoácidos Totales y Digestibles medidos por NIRS. Lic. Ing. Arg. con énfasis en zootecnia. Costa Rica. UCR. 90 p.
- PANIAGUA, M., OSSA, A., Y RUIZ, G. (2008). Características de adhesión entre fibras de queratina y poliéster insaturado. Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, 46, p.15-23.
- PARSONS, C.M., F. CASTANON, and Y. HAN. 1997. Protein and amino acid quality of meat and bone meal. *Poult. Sci.* 76:361-368.
- PEARL, G. 2004. Tech Topics: Meat and bone meal usage in modern swine diets. *Render.* 33(2):50-53,57.
- PEO, E. R., Jr., and D. B. HUDMAN. 1962. Effect of levels of meat and bone scraps on growth rate and feed efficiency of growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 21:787-790.
- PIZARDI, C. 1992. Producción de Harinas Especiales. Seminario: Tecnología Moderna en la Elaboración de Harina de Pescado. Colegio de Ingenieros del Perú. Lima.
- PRASAD, D. T. (1990). Proteins of the phenolic extracted sunflower meal: I. Simple method for removal of polyphenolic components and characteristics of salt soluble proteins. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 23, 229-235.
- PRODUCE (Ministerio de la Producción, PE). 2015. Boletín Estadístico Pesquero. Ministerio de la Producción. Lima 66p.
- QUIROGA, G. 1998. Manejo y aprovechamiento competitivo y sostenible de subproductos y residuos de matadero en Colombia. Proyecto presentado al ICTA.
- RAVINDRAN, V; HENDRIKS, WH; THOMAS, DV; MOREL, PCH; BUTTS, CA. 2005. Comparison of the Ileal Digestibility of Amino Acids in Meat and Bone Meal of Broiler

Chickens and Growing Rats (en línea). Poultry Science 4(4):192-196. Disponible en <http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/ijps>

RIVERO G. 1980. Harina de pescado para consumo humano. Seminario I. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias. Departamento de Tecnología de Alimentos. pp.30. Rodríguez B. 1980. Análisis de alimentos. Tomo I. Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. pp. 396.

RODRÍGUEZ B. 1980. Análisis de alimentos. Tomo I. Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. pp. 396.

ROSTAGNO, H., L. ALBINO, J. DONZELE, P. GOMES, R. OLIVEIRA, D. POES, A. FERREIRA y A. BARRETO. 2005. Tabelas brasileiras para aves e suínos, Composição de alimentos e exigências nutricionais. 2a Ed. Universidade Federal de Viçosa. 186p.

SALAZAR, M. (2013). Determinación del método para la obtención de queratina cosmética a partir de plumas gallináceas. (Trabajo de grado Químico Farmacéutico). Facultad de Ciencia, Universidad Central del Ecuador, Quito.

SARTORELLI SA; BERTECHINI AG; FASSANI EJ; KATO RK; FIALHO ET. 2003. Nutritional and Microbiological Evaluation of Meat and Bone Meal Produced in the State of Minas Gerais (en línea). Brazilian Journal of Poultry Science 5(1):51-60. Consultado 2 feb. 2010. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/rbca/v5n1/16654.pdf>

SASTRY, M. C. S.; SUBRAMANIAN, N. (1984). Preliminary studies on processing of sunflower seed to obtain edible protein concentrates. J. Am. Oil Chem. Soc. 61, 1039-1042.

SHIRLEY, R.B., and C.M. PARSONS. 2001. Effect of ash content on protein quality of meat and bone meal. Poult. Sci. 80:626-632.

SMITH, D.M., G.L. ALLAN, K.C. WILLIAMS, AND C.G. BARLOW. 2001. *Fishmeal replacement research for shrimp feed in Australia*. World Aquaculture Society. Louisiana State University. Baton Rouge, LA.

- SPARKS COMPANIES Inc. 2001. The Rendering Industry: Economic Impact of Future Feeding Regulations. National Renderers Association, Alexandria, VA.
- SREENIVAS, P.T. 1998. *Salmonella* Control Strategies for the Feed Industry. *Feed Mix*. Vol. 6. No. 5. 8-11.
- SRIPAD, G.; NARASINGA RAO, M. S. (1987). Effect of methods to remove polyphenols from sunflower meal on the physicochemical properties of the proteins. *J. Agric. Food Chem.* 35, 962-967.
- TORNES E, GEORGE P. 1970b. Algunos aspectos de la producción de harina y aceite de pescado. 422 Calidad físico-química de la harina... Proyecto de investigación y desarrollo pesquero. MAC-PNUD-FAO. Informe Técnico N° 3. Caracas, Venezuela. pp. 33.
- TRAYLOR, S. L., G. L. CROMWELL, and M. D. LINDEMANN. 2005B. Effects of particle size, ash content, and processing pressure on the bioavailability of phosphorus in meat and bone meal for swine. *J. Anim. Sci.* 83:2554-2563.
- UNITED KINGDOM DEPARTMENT OF HEALTH. 2001. A rapid qualitative assessment of posible risks to public health from current foot and mouth disposal options -Main Report. www.doh.gov.uk/fmdguidance.
- VÍLCHEZ, S. (2005). *Nuevos tratamientos de lana con enzimas*. Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales de Barcelona. Universidad de Barcelona. Disponible en: http://digital.csic.es/bitstream/10261/32604/2/Vílchez_Susana_2.pdf.
- WANG, X., and C.M. PARSONS. 1998. Effect of raw material source, processing systems, and processing temperatures on amino acid digestibility of meat and bone meals. *Poult. Sci.* 77:834-841.

- WANG, X., and C.M. PARSONS. 1,998a. Bioavailability of digestible lysine and total sulfur amino acids in meat and bone meals varying in protein quality. *Poultry Sci.* 77:1003-1009.
- WANG, X., and C.M. PARSONS. 1997. Effect of processing systems on protein quality of feather meals and hog hair meals. *Poultry Sci.* 76:491-496.
- WANG, X., and C.M. PARSONS. 1998b. Dietary formulation with meat and bone meal on a total versus a digestible or bioavailable amino acid basis. *Poultry Sci.* 77:1010-1015.
- WANG, X., F. CASTANON, and C.M. PARSONS. 1997. Order of amino acid limitation in meat and bone meal. *Poultry Sci.* 76:54-58.
- WHALSTROM, R.G. LIBAL AND R. THALER.1985. Efficacy of tryptophan, threonine, isoleucine and metionine for wealing pigs fed a low-protein, lysine-supplemented, corn-sunflower meal diet. *J.Anim.Sci.* 60:720-724.
- WINDSOR M. 1984. Introducción a los subproductos de pesquería. Editorial Acribia, Zaragoza, España. pp. 204