



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**“MORINGA (*Moringa oleífera* Lam.) EN DIFERENTES
CONCENTRACIONES EN DIETAS PARA POLLOS
DE ENGORDA, EN HIDALGO”**

TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN PRODUCCIÓN
PECUARIA TROPICAL**

PRESENTA

MARTHA ELISA MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. OSCAR DEL ÁNGEL PIÑA

CODIRECTOR DE TESIS

MC. ARMANDO ARRIETA GONZÁLEZ



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FORMATO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN
DE TESIS DE POSGRADO

Tantoyuca, Ver., a 10 de enero del 2020.

C. Martha Elisa Martínez Hernández.

PRESENTE:

De acuerdo al dictamen emitido por el jurado asignado para la revisión de su Trabajo Profesional, integrado por los siguientes catedráticos:

Presidente: Dr. Oscar del Ángel Piña
Secretario: MC Armando Arrieta González
Vocal: Dra. Karla Lissette Silva Martínez.
Suplente: MC. Eloisa Ortega Vargas

Y considerando que cumple con todos los requisitos del reglamento de titulación en vigor del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, doy a usted la autorización para que proceda a imprimir su Trabajo de Posgrado para titulación por la:

Opción de "TESIS" cuyo nombre del trabajo es:

"Moringa (Moringa oleífera Lam.) en diferentes concentraciones en dietas para pollos de engorda, en Hidalgo".

Lo anterior lo hago de su conocimiento para los fines correspondientes a su Examen de Grado de **Maestro en Producción Pecuaria Tropical**, por lo cual deberá entregar al encargado de Titulación de Posgrado un ejemplar de su documento final de tesis empastado en color vino con letras plateadas y cuatro CD's (debidamente rotulados) en archivo PDF, así como donar un libro (nuevo) de su LGAC al Centro de Información (Biblioteca).

Esperando que el logro del mismo sea congruente con sus deseos profesionales.

ATENTAMENTE

Director Académico

C.c.p. Servicios Escolares.
Titulación de Posgrado





DECLARATORIA

El trabajo de investigación contenido en esta tesis fue efectuado por la Ing. Martha Elisa Martínez Hernández con el número de control M173S0008, como estudiante de la Maestría en Producción Pecuaria Tropical del Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca en el periodo agosto 2017 y julio 2019, bajo la dirección del Dr. Oscar del Ángel Piña y la codirección del MC. Armando Arrieta González.

Candidato: Ing. Martha Elisa Martínez Hernández.

Director de tesis: Dr. Oscar del Ángel Piña

Codirector de tesis: MC. Armando Arrieta González



DEDICATORIAS

A la gran mujer que me ha dado la vida, mi madre María Agustina Hernández Hernández, con todo mi amor y cariño.

A: Lorely, Xóchitl, David, Joshua y Yerik a quienes amo con todo mi corazón y que son mi inspiración día a día.



AGRADECIMIENTOS

A Jesucristo, por su gran amor y fortaleza espiritual y que, a pesar de las dificultades de la vida él me guía con las personas correctas.

Al Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente en sus instalaciones haciendo realidad una de mis metas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento parcial de la investigación.

A mi comité de tesis:

Director: MC. Oscar del Ángel Piña

Codirector: MC. Armando Arrieta González

Revisora: MC. Karla Lissette Silva Martínez

También un agradecimiento especial

A la MC. Eloísa Ortega Vargas y al Dr. Claudio Vite Cristóbal

Gracias por todo el apoyo brindado en este trabajo



DATOS BIOGRAFICOS

Martha Elisa Martínez Hernández nacida el 11 de septiembre de 1980 en Ahuatitla Orizatlán Hidalgo. Se graduó como Técnico Superior Universitario en Agricultura Tropical en la Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense en la generación 1998- 2000, para la titulación realizó el trabajo: “Aislamiento de esporas endomicorrízicas en café (*Coffea arábica*) y naranja (*Citrus sinensis*)”, también se graduó como ingeniera en Biotecnología en la misma universidad, en la generación 2012-2014 donde para la tesis realizó la investigación “Influencia de fertilizante orgánico, inorgánico y su combinación en lechuga (*Lactuca sativa*)”. Con respecto a la experiencia laboral trabajo como Facilitador del ICATIH, en 2015 brindó cursos del cultivo de Jamaica; también como prestador de servicios profesionales en el componente de extensionismo desarrollo de capacidades y Asociatividad productiva de la SAGARPA desde el año de 2014 a 2017 en las cadenas productivas; maíz de temporal y cítricos, así como también ha sido de apoyo a pequeñas empresas. Así mismo cuenta con certificaciones por la certificadora CONOCER; en marzo de 2016 en el estándar de competencias (ECO) 020 (Formulación de diseños de proyectos de inversión del sector rural), en septiembre de 2016 en el (ECO 093) Cosecha de cítricos, en mayo de 2017 en el (ECO 818) Facilitación de procesos de innovación de mejora competitiva con personas, grupos sociales y organizaciones económicas y en abril de 2018 por el International Project Management Association (IPMA) y el CONOCER se certificó en el estándar Técnico en dirección de proyectos nivel D; también participó como ponente en el VIII Simposium internacional de avicultura familiar y de traspatio Veracruz 2019 con el tema: Evaluación de la Moringa (*Moringa oleífera* Lam.) como complemento alimenticio en el comportamiento productivo de la etapa de crecimiento de pollos de engorda, en la Huasteca Hidalguense y es presidenta de SIHUAMEJ TEKITINE SC de RL de CV donde el objeto social es la producción y valor agregado de la Moringa.



Resumen

En México, la carne de pollo representa una de las principales fuentes de proteína para la alimentación familiar, la accesibilidad por su costo en el mercado lo hace uno de los preferidos en la dieta diaria, sin embargo, los insumos para la alimentación de pollos criados en confinamiento, son caros y basados en granos. Bajo este esquema y con el objetivo de evaluar el comportamiento productivo de pollos de engorda alimentados con dietas con moringa, se realizó la presente investigación en la Huasteca Hidalguense, para ello, se elaboraron dietas con la inclusión de 0% (TSM), 10% (T10M) y 20% (T20M) de moringa en un alimento base, se utilizó el diseño completamente al azar, con tres tratamientos, cuatro repeticiones y siete pollos por unidad experimental. Los datos obtenidos se analizaron con el paquete estadístico SAS versión 9.1, con el procedimiento GLM. Los resultados mostraron que el tratamiento con 20 % de moringa presentó mayor consumo, el tratamiento sin moringa mayor ganancia de peso y el tratamiento con 10 % de moringa la mejor conversión alimenticia. Se Concluyó que la inclusión de moringa en dietas para pollos de engorda en etapa de crecimiento en cantidades mayores al 10%, incrementa el consumo de alimento, sin embargo, la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia disminuyen, por lo que se recomienda a los productores de traspatio no incluir más del 10% para evitar pérdidas de producción y poder aprovechar las propiedades de la moringa como la proteína.

Palabras clave: dieta, moringa, pollos de engorda, crecimiento.



Abstract

In Mexico, chicken meat represents one of the main sources of protein for family feeding, accessibility for its cost in the market makes it one of the favorites in the daily diet, however, the inputs for the feeding of raised chickens in confinement, they are expensive and grain-based. Under this scheme and with the objective of evaluate the productive behavior of broilers fed with diets with moringa, this research was carried out in Huasteca Hidalguense, for this, diets were prepared with the inclusion of 0% (TSM), 10% (T10M) and 20% (T20M) of moringa in a base food, the completely randomized design was used, with three treatments, four repetitions and seven chickens per experimental unit. The data obtained were analyzed with the SAS statistical package version 9.1, with the GLM procedure. The results showed that the treatment with 20% of moringa presented greater consumption, the treatment without moringa greater weight gain and the treatment with 10% of moringa the best nutritional conversion. It was concluded that the inclusion of moringa in diets for broilers in growth stage in amounts greater than 10%, increases food consumption, however, weight gain and feed efficiency decrease, so it is recommended to Backyard producers do not include more than 10% to avoid production losses and to take advantage of the properties of moringa such as protein.

Keywords: diet, moringa, broilers, growth

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
Preguntas de investigación.....	2
Objetivos de investigación	2
Hipótesis	3
Estructura de la tesis	4
I. MARCO TEÓRICO	5
1.1. Principios de nutrición animal.....	5
1.2. Composición de los alimentos.....	7
1.3. Importancia del análisis químico de los alimentos para animales.....	9
1.4. Nutrientes requeridos por los animales	23
1.5. Requerimientos nutricionales de los pollos de engorda.....	23
1.6. Sistema digestivo de las aves	26
1.7. Metabolismo de nutrientes.....	27
1.8. Formulación de dietas	29
1.9. Moringa (<i>Moringa oleífera</i> Lam.).....	29
1.9.1. Origen de la Moringa	29
1.9.2. Distribución.....	29
1.9.3. Generalidades de la Moringa	31
1.9.4. Usos y Características botánicas.....	32
1.9.5. Contenidos nutricionales.....	32
1.9.6. Estudios realizados de moringa en pollos de engorda y gallinas.....	34
II. MARCO REFERENCIAL	36
2.1. Pollos de Engorda.....	36
2.1.1. Historia de las aves.....	36
2.1.2. Evolución del pollo de engorda	37
2.1.3. El pollo de hoy	39
2.1.4. Razas y líneas de pollos de engorde	39
2.1.5. Consumo de pollo en México	40
2.1.6. Producción.....	41
2.1.7. Comercialización	41
2.2. El Sistema de producción de traspatio	42

III. METODOLOGÍA	47
3.1. Ubicación del estudio	47
3.2. Manejo del experimento	47
3.2.1. Construcción de la infraestructura y equipos	47
3.2.2. Cuidados del cultivo de moringa	48
3.2.3. Cosecha y deshidratación de la moringa	48
3.2.4. Obtención de harina de hoja de Moringa	48
3.2.5. Estimación de los requerimientos nutricionales	49
3.2.6. Balanceo de las dietas	49
3.2.7. Elaboración de dietas	49
3.2.8. Manejo y alimentación de las aves	51
3.2.9. Tratamientos en estudio	51
3.2.10. Diseño Experimental y análisis estadístico	51
3.2.11. Descripción de las variables en estudio	52
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
4.1. Resultado del análisis químico proximal	53
4.2. Contenido de minerales	58
4.3. Evaluación de los parámetros productivos	60
V. CONCLUSIONES	65
VI. LIMITANTES Y RECOMENDACIONES	66
VII. LITERATURA CITADA	67
VIII. ANEXOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos nutricionales de los pollos de engorde como porcentajes o unidades por kilogramo de dieta (90 por ciento de materia seca).	25
Tabla 2. Clasificación taxonómica de la moringa	31
Tabla 3. Análisis bromatológico de Hojas y Tallos de Moringa de 54 días de edad.....	33
Tabla 4 Análisis bromatológico de Hojas y Tallos jóvenes y desarrollados de árboles de 6 años de moringa.	34
Tabla 5. El progreso genético del pollo.	38
Tabla 6. Proporción de ingredientes de tres dietas con diferentes concentraciones de moringa (g/ kg de dieta).	50
Tabla 7. Contenido nutricional de tres dietas con la inclusión de diferentes concentraciones de moringa (0%, 10%, 20%).	50
Tabla 8. Contenido de proteína en la harina de las hojas de moringa comparado con los resultados de diferentes autores.....	54
Tabla 9. Contenido de fibra bruta en la harina de las hojas de moringa comparado con los resultados de diferentes autores.	55
Tabla 10. Contenido de grasa cruda en la harina de las hojas de moringa comparado con los resultados de diferentes autores.	55
Tabla 11. Contenido de cenizas en la harina de las hojas de moringa comparado con los resultados de diferentes autores.	56
Tabla 12. Contenido de Carbohidratos en la harina de las hojas de moringa comparado con los resultados de diferentes autores.	57
Tabla 13. Análisis proximal (% MS) de harina de hoja de moringa.	57



Tabla 14. Contenido de minerales en la harina de hojas de moringa comparado con los resultados de diferentes autores..... 60

Tabla 15. Respuesta de pollos de engorda en etapa de crecimiento alimentados con diferentes concentraciones de moringa, en la primera semana de estudio. 61

Tabla 16. Respuesta de pollos de engorda en etapa de crecimiento alimentados con diferentes concentraciones de moringa en la segunda semana de estudio. 62

Tabla 17. Respuesta de pollos de engorda en etapa de crecimiento alimentados con diferentes concentraciones de moringa, en la tercera semana de estudio. 62



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de la tesis.....	4
Figura 2. Los cinco principales nutrientes y sus funciones en los animales.....	6
Figura 3. Elementos y compuestos que es posible encontrar en el alimento.....	8
Figura 4. Anatomía del sistema digestivo de las aves.....	26
Figura 5. Ubicación de los países donde se produce la moringa.....	30
Figura 6. Evolución de pollo de engorda.....	37
Figura 7. Los principales estados productores de aves.....	41



INTRODUCCIÓN

La producción de carne de pollo para el consumo humano es una de las tareas de mayor importancia económica en México, ya que hasta el año 2015, contaba con una población de 119,938,473 habitantes (INEGI, 2015) por lo que se demanda la generación de alimentos de calidad nutricional, ricos en proteína, vitaminas y minerales, situación que es preocupante, debido a que la oferta se vuelve insuficiente, conllevando a acelerar, tecnificar y mejorar el proceso productivo de la carne.

En el 2018 a nivel mundial se produjo 92 millones de toneladas de pollo, los países que mayor producción obtuvieron son; Estados Unidos, Brasil, Unión Europea, China, India y Rusia, de dicha producción, México participó con el 3.8 %, ubicándose en el séptimo lugar a nivel internacional (SAGARPA et al. 2018), hasta el 2017, la producción avícola en México fue de 3,211,686 ton y el ritmo de crecimiento medio anual fue de 2.8 % en el lapso de 2012 a 2017, los principales estados productores son; Jalisco, Veracruz, Aguas calientes, Querétaro Durango (SIAP, 2018).

Por otro lado, México es el segundo país con mayor nivel de consumo de pollo en América Latina después de Brasil (SAGARPA et al. 2018), ya que según el SIAP (2018) el consumo anual per cápita fue de 30.6 kg, debido a ello es que a pesar de la producción que se obtuvo, México figuró como uno de los principales importadores de dicho producto con un 9.1%, del consumo total en 2017 y donde los principales proveedores fueron Brasil y Tailandia.

En el año 2018, Hidalgo produjo 73,459.73 ton de carne de pollo según INFOSIAP (2018), así mismo en el estado 30.1 % de las aves se encuentran en las viviendas o en unidades de producción en grupos menores a 100, los pollos de engorda implican el 76.0 % de las aves de Hidalgo, con lo cual se aprecia que el estado es básicamente un productor de aves para carne y no de huevo para plato, ya que este sistema solo representa el 13.3 % del total, municipios ubicados al sur del estado, concentra el 86.1 % de las aves de corral; estos municipios son: Epazoyucan, Nopala de Villagrán, San Agustín Tlaxiaca, Tecozautla, Tula de Allende, Tulancingo de Bravo y Zempoala; de todos, Tecozautla con 760 000 cabezas, es el municipio con mayor vocación para la producción de aves (INEGI 2007). Sin embargo, la UNAM y SAGARPA (2012), refieren que, del costo total de esta actividad, la alimentación representa el 66.99 %, situación que afecta de manera más directa al pequeño productor, quien busca de

nuevas alternativas de alimentación animal que permitan reducir los costos y obtener mayores utilidades de su sistema productivo. Bajo este contexto y además de conocer las propiedades nutricionales de la moringa (*Moringa Oleifera* Lam) como un forraje con una importante aportación proteica, y que es una especie forrajera reconocida por sus beneficios en la alimentación animal, como son los bovinos, ovinos, así como en pollos en zonas tropicales; su alta diseminación ha permitido su uso en forma de harinas reportando altos contenidos nutricionales de su follaje.

En el contexto local de la Huasteca Hidalguense, existen zonas rurales donde se cultiva la moringa en condiciones de traspatio, donde su principal uso es el terapéutico-medicinal, desaprovechando grandes cantidades de follaje arbóreo el cual tiene potencial para aprovecharse en la alimentación avícola. Bajo este esquema, el objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento productivo mediante las variables de consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y eficiencia alimenticia, de pollos de engorda en etapa de crecimiento alimentadas con dietas a base de diferentes concentraciones de moringa (0, 10 y 20 %) y para dar cumplimiento a dicho objetivo se elaboró la harina de hoja de moringa el cual fu analizada químicamente para conocer sus propiedades de manera específica.

Preguntas de investigación

¿El contenido nutricional de la hoja de moringa producida en la Huasteca Hidalguense es similar a la de otros estados de México y otros países?

¿Es viable el uso de la hoja de Moringa como fuente de proteína en pollos de engorda en la Huasteca Hidalguense?

¿Cuál es el nivel de inclusión de moringa más adecuado para la engorda de pollos?

Objetivos de investigación

General

Evaluar el uso de la harina de hojas de moringa (*Moringa oleífera* Lam.) en raciones alimenticias en pollos de engorda para buscar una alternativa como un insumo alternativo en la alimentación en sistemas de traspatio.

Específicos

1. Determinar las características nutricionales de la harina de hoja de moringa, para conocer las propiedades de las plantas cultivadas en la Huasteca Hidalguense.
2. Evaluar la harina de la hoja de moringa, a través de parámetros productivos de pollos de engorda en etapa de crecimiento, alimentados con raciones de diferentes porcentajes de inclusión de harina, para identificar si su uso ofrece ventajas productivas

Hipótesis

El contenido nutricional de las hojas de moringa cultivada en la Huasteca Hidalguense es similar a la obtenida en otros estados de México, así como de otros países.

El uso de la harina de la hoja de moringa incluida en las dietas para pollos de engorda, mejora los parámetros productivos.

Estructura de la tesis

La tesis está integrada por ocho apartados como se muestra en la figura 1, en el primer apartado corresponde a la introducción en donde se plantea la situación actual de la producción de pollo de engorda, así como la problemática, objetivos e hipótesis; en el segundo apartado se presenta el marco teórico en el que desglosan los principios y conceptos básicos que se necesitaron para llevar a cabo la investigación, en el tercero, el marco referencial en el que se presenta un panorama general nacional e internacional de la producción de las aves, en el cuarto se da conocer la metodología utilizada para la evaluación de la moringa en dietas para pollos de engorda, en el quinto se muestran los resultados obtenidos de cada objetivo planteado así como la discusión de los mismos, en el sexto se concluye los resultados encontrados, en el séptimo las recomendaciones y limitaciones a partir de las experiencias adquiridas mediante el presente trabajo y por último el apartado octavo es de los anexos en el que se exponen evidencias fotográficas de la investigación.

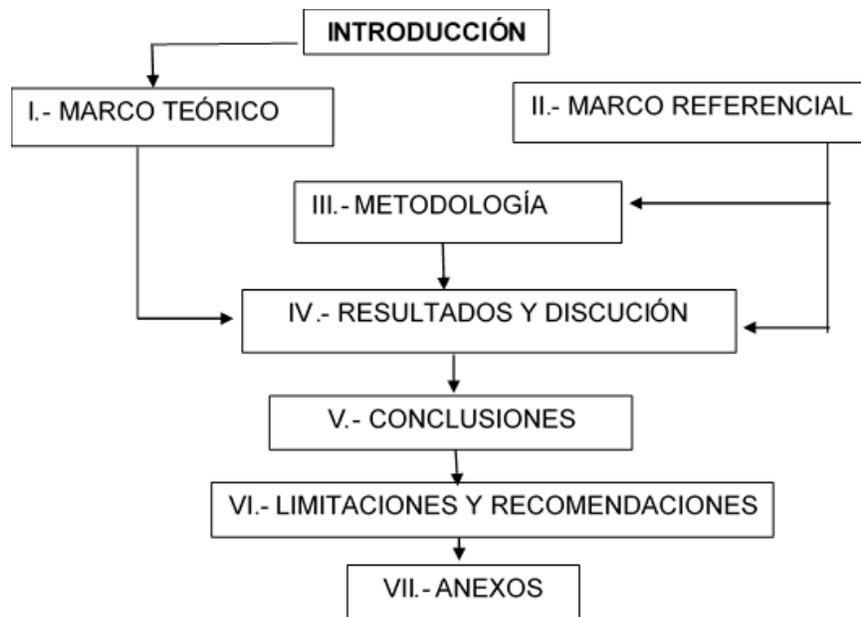


Figura 1. Estructura de la tesis

Fuente: Elaboración propia

I. MARCO TEÓRICO

1.1. Principios de nutrición animal

Nutriente

Según Pond, Church y Pond (2002) un nutriente es cualquier elemento o compuesto químico de la dieta que sostiene la reproducción, el crecimiento y la lactancia normales o el mantenimiento de los procesos vitales, también que las seis clases de nutrientes que existen son: agua, proteínas y aminoácidos, carbohidratos, lípidos, vitaminas y elementos inorgánicos, así como la energía necesaria en la alimentación de todos los animales, la proporcionan las grasas, los carbohidratos y los esqueletos de carbono de los aminoácidos, después de que el nitrógeno ha sido removido, así mismo los nutrientes satisfacen las necesidades de las células en cuanto a agua, combustible, constituyentes estructurales (piel, músculo, hueso, nervios y grasa) y regulación metabólica.

Alimento

Mc Donald y Greenhalgh (1999) en su libro refieren que los alimentos son sustancias que, al ser ingeridas por los animales, pueden ser digeridas, absorbidas y utilizadas en un sentido más amplio, se emplea la palabra “alimento” para denominar a todos los productos comestibles, por ejemplo, la hierba y el heno se consideran alimentos, aunque no todos sus componentes son digestibles. Por otro lado, JICA e INATEC (2016) reportan, que el alimento es el medio a través del cual se realiza la transferencia de componentes químicos (nutrientes) al cuerpo animal, en general, es todo material (sólido o líquido) por medio del cual el ser vivo satisface sus requerimientos nutricionales.

Según Pond et al. (2002) la Dieta es una mezcla de alimentos que se emplea para suministrar nutrientes a un animal, la Ración es la provisión diaria de alimento o forraje y el forraje se refiere a todos los alimentos destinados a los animales.

Nutrición

Según Shimada (2003) la nutrición es la disciplina que estudia el consumo de alimento, los procesos físicos y químicos a que se somete éste durante su paso por el tubo digestivo la absorción de los nutrimentos liberados a través de las paredes gastrointestinales y el transporte y posterior utilización celular de los nutrimentos por medio de los procesos metabólicos.

Alimentación

Para Shimada (2003) la alimentación es la serie de normas o procedimientos a seguir para proporcionar a los animales una nutrición adecuada, por tanto, la alimentación se refiere a lo que se ofrece de comer (cantidades y presentaciones) mientras que la nutrición comprende las transformaciones a que se somete el alimento desde el momento de ingerirlo.

Valor nutritivo

Según JICA et al. (2016) es la cantidad adecuada de los nutrientes en un alimento, que permitan satisfacer los requerimientos o necesidades para la crianza de los animales.

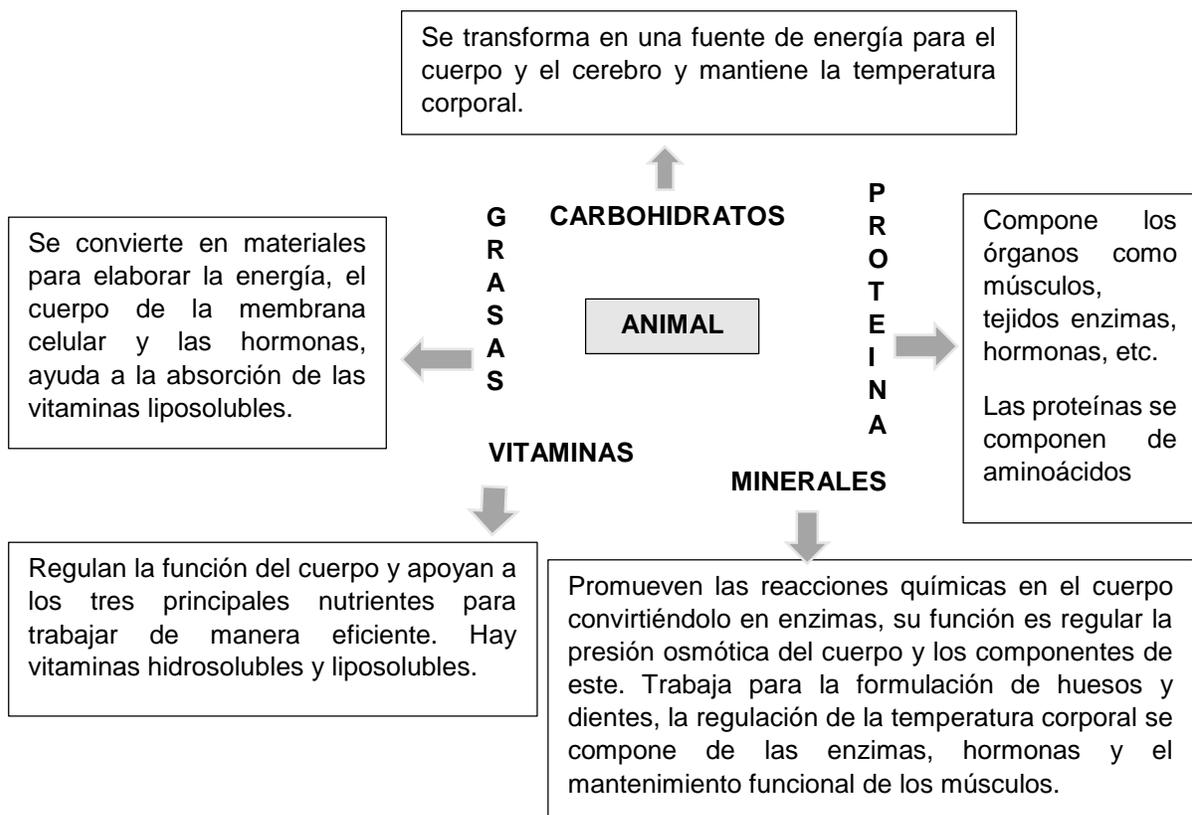


Figura 2. Los cinco principales nutrientes y sus funciones en los animales.

Fuente: Elaboración propia con información de JICA et al. (2016).

Digestión

Se define en términos sencillos como la preparación de los alimentos para la absorción. "En un sentido amplio, incluye fuerzas mecánicas (la acción de masticar o mastigar; las contracciones musculares del aparato digestivo), actividad química (HCL del estómago; bilis en el intestino delgado) o hidrólisis del alimento ingerido por enzimas que se producen en el tubo digestivo o por microorganismos que habitan en diversas porciones de éste. La función global de los diversos procesos consiste en reducir los alimentos a un tamaño molecular o a un estado de solubilidad que permita la absorción y el empleo por las células de los nutrientes individuales que se liberan en el proceso (Pond et al. 2002).

Absorción

La absorción incluye los procesos que resultan en el paso de moléculas pequeñas desde la luz del tubo digestivo a través de las células de la mucosa que recubre la superficie de dicha luz a los vasos sanguíneos o linfáticos (Pond et al. 2002).

1.2. Composición de los alimentos

El productor y el fabricante de alimentos balanceados manejan ingredientes alimenticios que tienen una determinada concentración de algún nutrimento específico, ya sea una proteína, energía, calcio y otros, estos alimentos se clasifican como proteicos (pastas de oleaginosas, harinas de origen animal y marino), energéticos (granos de cereales, harinas de tubérculos, aceites), minerales (roca fosfórica, piedra caliza, concha de ostión) etc., así su nombre proviene del nutrimento predominante, sin tomar en cuenta los otros componentes del ingrediente, es importante reconocer todos los nutrimentos que se encuentran en cada alimento, para saber la utilidad global de un ingrediente dado, y las interacciones, y posibles efectos tanto sinérgicos como antagónicos entre diversos alimentos y sus nutrimentos (Shimada, 2003). Pond et al. (2002) refiere que el alimento que un animal consume varía de compuestos muy simples, como Sal (Na Cl) o glucosa, a las mezclas extremadamente complejas que suministran algunas plantas y la mayoría de los productos de origen animal así mismo no todos los componentes son nutrientes susceptibles de aprovechar, ya que una parte del material consumido podría ser insoluble

o indigerible, o ambas cosas a la vez, y otra podría ser tóxica en ciertas condiciones. En la siguiente figura se abrevian elementos y compuestos químicos que podrían estar presentes en los alimentos para los animales, recalcando que el agua es un componente importante de la mayor parte de las dietas de los animales.

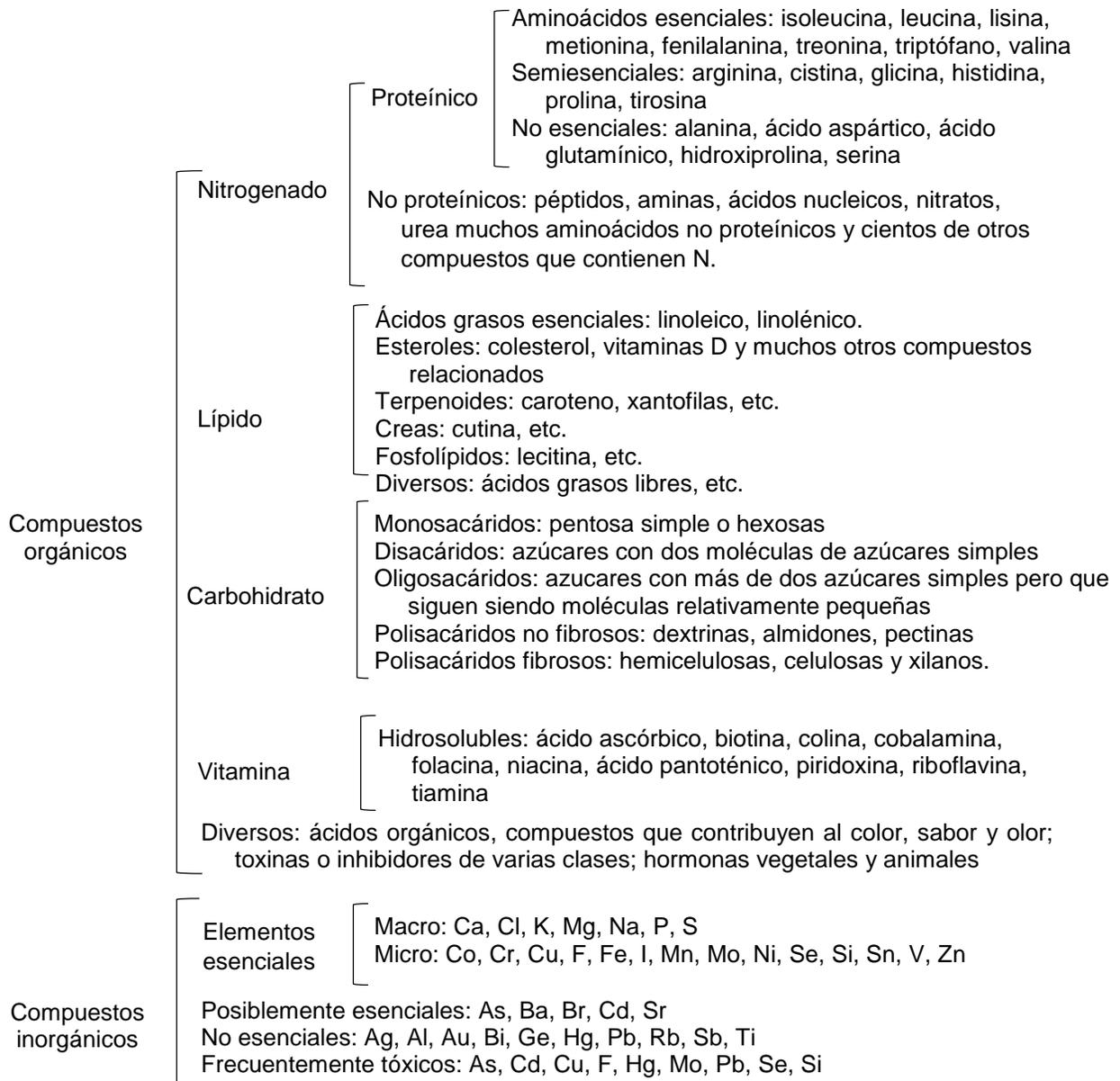


Figura 3. Elementos y compuestos que es posible encontrar en el alimento

Fuente: (Pond et al. 2002).

1.3. Importancia del análisis químico de los alimentos para animales

La composición de los alimentos debe ser la base sobre la cual se deciden los ingredientes que deben usarse y sus combinaciones, la información composicional pueden obtenerse de dos formas a partir de valores tabulados o por el análisis químico de los alimentos los primeros son útiles para tener una idea general sobre la composición del alimento con la desventaja de que se elaboran mediante promedios, por lo que no puede determinarse si el ingrediente con el que se cuenta esta dentro de ese promedio o fuera de él. Los datos que se obtienen por medio de los análisis químicos si bien son más exactos y para que estas puedan ser representativos dependen de que la muestra analizada se haya tomado correctamente (Shimada, 2003).

Lo siguiente son los métodos analíticos utilizados comúnmente en los laboratorios de alimento.

Análisis químico proximal

Comprende la determinación de los porcentajes de (humedad, grasa, fibra, cenizas, carbohidratos solubles y proteína en los alimentos). Para ello existen diversos métodos que se pueden utilizar.

Materia seca

Acero (2017) refiere la siguiente metodología para la determinación de materia seca mediante el Método de estufa con aire forzado, esta técnica se basa en la evaporación total, de agua entre 100 y 105 °C hasta peso constante. Se considera que la pérdida de peso es agua.

Procedimiento:

1. Lavar las cajas de aluminio perfectamente con agua y detergente.
2. Enjuagarlas con agua destilada y posteriormente con éter.
3. Introducir las cajas de muestra en la estufa (100 -115 °C hasta peso constante por 4 horas aproximadamente) colocando la tapa en la base de la caja.
4. Enfriarlas en desecador para evitar la hidratación.

5. Pesar las cajas de aluminio en la balanza analítica.
6. Depositar dentro de la caja de 1 a 1.5 g de la muestra y registrar su peso exacto.
7. Secar en la estufa de 100 a 105 °C hasta peso constante (aproximadamente 24 horas).
8. Colocando la tapa en la base de la caja.
9. Retirar la caja con su contenido, tapanla y enfriarla en el desecador.
10. Pesarla en la balanza analítica, usar pinzas en todas las manipulaciones.

Cálculos.

$$\% \text{ de humedad total} = \text{pérdida de peso en gramos} \div \text{gramos de muestra} \times 100$$

$$\% \text{ de materia seca parcial} = 100 - \% \text{ de humedad}$$

Extracto etéreo o grasa cruda

Acero (2017) reporta la siguiente metodología del método Goldsfich.

Procedimiento

1. Pesar por diferencia 2 g de muestra e introducirlo en el dedal y tapanlo con un trozo de algodón seco.
2. Colocar el dedal que contiene la muestra dentro del porta dedal y fijarlo bajo del condensador del aparato de extracción.

3. Pesar el vaso que se encuentra en el desecador usando pinzas para manipularlo y depositar dentro del mismo 30 a 40 ml éter, unirlo a la rosca y colocarlo debajo del condensador cerrado herméticamente.
4. Abrir la llave del agua y subir las parrillas hasta que queden en contacto con el vaso.
5. Iniciar el calentamiento y observar durante los primeros diez minutos de ebullición si hay fugas de éter. Cuando el nivel de éter permanezca constante puede dejarse solo el aparato y observarse periódicamente.
6. A partir del inicio de la ebullición extraer durante 2 a 8 h como mínimo, dependiendo de la muestra que se trate.
7. Cuando se finalice el tiempo de extracción bajar las parrillas y dejar que el dedal termine de gotear, desenroscar el vaso de extracción y quitar el dedal que contiene la muestra, colocar en el lugar del dedal un recolector de vidrio, volver a colocar el vaso de vidrio y subir las parrillas calientes.
8. Destilar el éter que se encuentra en el vaso de extracción y poco antes de que éste se evapore hasta sequedad, bajar las parrillas y retirar el vaso.
9. Vaciar el éter de los tubos colectores a un recipiente especial para éter usado.
10. Colocar el vaso en la estufa a 100 °C durante 40 minutos, enfriar en el desecador y posteriormente pesar.

Cálculos:

$$\% \text{ E.E.} = \frac{(\text{Peso del vaso con la grasa}) - (\text{Peso del vaso solo})}{\text{gr. de muestra}} \times 100$$

gr. de muestra.

Materiales y equipos

- ✓ Aparato extractor tipo Goldsfich
- ✓ Vasos de extracción G (peso constante)
- ✓ Dedales de extracción de celulosa.
- ✓ TFE2000 equipo determinador de extracto etéreo (SFC9)

Reactivos:

Éter de petróleo (Acero 2017).

Fibra Cruda o Fibra Bruta

Acero (2017) refiere la determinación de fibra cruda o fibra bruta mediante el Método de Weende.

Principio

La fibra cruda es la pérdida de la calcinación del residuo seco después de la digestión de la muestra con soluciones de 1.25 % (peso /volumen) de Ácido sulfúrico y 1.25 % de Hidróxido de sodio, se aplica en muestras que previamente fueron desgrasadas, y se aplica en granos, carne, alimentos, y materiales fibrosos y alimentos para mascotas.

Aparatos

Al efectuar la digestión ácida se disuelve parte de la hemicelulosa y al efectuar la digestión alcalina se disuelve parte de la lignina; por lo tanto, el producto final no puede considerarse como la totalidad de la fibra cruda y los resultados obtenidos son menores que reales.

Desarrollo de la práctica

Preparación de las bolsas de filtración.

1. Pesar las bolsas de filtración en balanza analítica (W1).
2. Pesar directamente en la bolsa de filtración 1.0 g de muestra (W2), de tamaño de partícula 1 mm pesar un blanco con una bolsa vacía incluirla en la digestión para determinar la corrección de bolsa (C1).
3. Sellar la bolsa a una distancia de 0.5 cm de la abertura.

4. Acomodar la muestra uniformemente dentro de la bolsa.
5. Si la muestra contiene grasa se recomienda colocar las bolsas con muestra en un frasco con 500 ml de acetona, agitando el frasco 10 veces dejar reposar 10 minutos. Repetir el procedimiento con acetona nueva el procedimiento. Y posteriormente sacar las bolsas de la acetona y ponerlas al aire durante 5 minutos para eliminar el residuo.
6. Colocar las 24 bolsas en las 8 charolas del suspensor de bolsas (tray), colocando 3 bolsas por tray acomodadas a 120 grados, en relación uno con otra. El tray 9 se deja libre y actúa como el tope del tray 8. Acomodar el tray dentro de la cámara del equipo.
7. Adicionar 1900 a 2000 ml de la solución de ácido sulfúrico (0.255 N) a temperatura ambiente en el vessel (contenedor de los tray), acomode el contrapeso y cierre, programe el tiempo de digestión 45 minutos, encienda agitación y calentamiento y Star para iniciar la digestión ácida.
8. Transcurrido el tiempo se apaga la agitación y calentamiento. Se abre la válvula de salida de la solución caliente para reducir la presión interna. Y se abre la parte superior de la cámara. Se vuelve a cerrar la válvula de salida, se agregan 1900 a 2000 ml de agua caliente (90 a 100 °C) encienda agitación durante 3 a 5 minutos, se abre la válvula de salida de líquido y se repite este procedimiento 3 veces.
9. Digestión alcalina se agregan 1900 a 2000 ml solución de hidróxido de sodio a (0.313 N) a temperatura ambiente se programa tiempo de digestión 45 minutos se enciende agitación y calentamiento y Star.
10. Transcurrido el tiempo se elimina la solución alcalina por la válvula de salida y se realiza el enjuague como en el punto 8.
11. Retirar las bolsas de los tray y presiona ligeramente para eliminar el líquido que haya quedado atrapado, sumerja durante 3 minutos las bolsas en un vaso de precipitado de 500 con 250 ml acetona, remueva las bolsas y elimine el exceso. Deje secar a la intemperie para eliminar la acetona. Más tarde para secar las bolsas se somete la

muestra a 105°C durante 2 a 4 horas, enfriar en el desecador y pesar este peso corresponderá al (W3).

12. Colocar la bolsa en un crisol que este a peso constante, y calcinar durante 2 horas a 550 °C, enfriar en un desecador y pesar (W4).

$$FC = (W5 - (W1 \times C2)) \times 100 / W2 \times DM$$

W1= peso de la bolsa sola.

W2= peso de la muestra.

W3= peso de la bolsa con la fibra digerida.

W4= peso de la bolsa con la fibra digerida y calcinada.

W5= peso de la materia orgánica (M0) =W3- W4

C2= cenizas corregidas de la bolsa (blanco).

DM. materia seca.

Materiales y equipos utilizados

- ✓ Aparato de digestión ANKOM 200 fiber analizar.
- ✓ Filtración Ankom technology F57 Filter bags (bolsas de filtración)
- ✓ Selladora de bolsas (Ankom technology 1915/1920).
- ✓ Desecador

Reactivos

- ✓ Solución de ácido sulfúrico .255 N Valorada.
- ✓ Solución de hidróxido de sodio .313 N Valorada.
- ✓ Solución indicadora de fenolftaleína
- ✓ Solución indicadora de naranja de metilo.

Cenizas o materia inorgánica

Según Acero (2017) esta determinación se basa en someter la muestra de alimento a combustión entre 500 y 600 °C, la materia orgánica es oxidada, y al residuo que contiene la materia mineral se le llama cenizas.

Muestra 600 °C

(Materia Orgánica e Inorgánica) -----> CO₂ + H₂O + materia inorgánica (cenizas)

Materiales y equipos

- ✓ Crisoles de porcelana (peso constante).
- ✓ Mufla.
- ✓ Pinzas cortas y largas.
- ✓ desecador
- ✓ Balanza analítica.
- ✓ Muestra

Carbohidratos Disponibles

La FAO (1993) informa que el método Clegg-Anthrone, determina la cantidad de carbohidratos totales, basándose en su contenido de almidones hidrolizables y azúcares solubles.

Reactivos

- ✓ Solución de ácido perclórico al 52 %. 279ml de ácido perclórico (grado específico 1.70) en 100 ml de agua destilada; deje enfriar antes de usar.
- ✓ Solución de ácido sulfúrico. 760ml de H₂SO₄ (grado específico 1.84) en 330 ml de agua destilada; deje enfriar antes de usar.
- ✓ Reactivo Anthrone. Prepare suficiente reactivo Anthrone preparando una solución de ácido sulfúrico al 0.1 % con el fin de usarla el mismo día.
- ✓ Solución estándar de glucosa. Disuelva 100 mg de glucosa en 100 ml de agua.
- ✓ Solución estándar de glucosa diluida. Diluya 10 ml del estándar de glucosa a 100 ml de agua destilada (1ml = 0.1mg de glucosa).

Materiales y Equipo

- ✓ Espectrofotómetro.
- ✓ Papel filtro Wathman no. 542 o Schleicher y Schill no. 150.
- ✓ Procedimiento

Extracción:

1. Pese con aproximación de 0.001 g 1.0 g de muestra seca o 2.5 g de muestra húmeda conteniendo aproximadamente de 60 a 300 mg de carbohidratos totales disponibles.
2. Transfiera cuantitativamente a una probeta graduada de 100 ml con tapón.
3. Adicione 10 ml de agua y agite con una varilla de vidrio para dispersar la muestra.
4. Adicione 13 ml de la solución de ácido perclórico. Agite constantemente con la varilla de vidrio durante 20 minutos.
5. Enjuague la varilla con agua destilada y lleve el volumen a 100 ml. Mezcle y filtre a un matraz volumétrico de 250 ml.
6. Enjuague la probeta graduada con agua destilada y adicione al matraz volumétrico. Afore el matraz con agua destilada y agite.

Determinación:

1. Diluya 10 ml del extracto a 100 ml con agua destilada. Con una pipeta pase a un tubo de ensaye 1 ml del filtrado diluido.
2. Tome con la pipeta dos muestras de 1 ml de agua destilada que servirán como blancos por duplicado y coloque cada uno de ellos en un tubo de ensaye.
3. Tome dos blancos duplicados de 1 ml usando la solución de glucosa diluida.
4. Agregue rápidamente a todos los tubos 5ml de reactivo de Anthrone recién preparado. Tape los tubos y mezcle vigorosamente. Colóquelos en un baño maría y caliente durante 12 minutos.
5. Enfríe rápidamente a temperatura ambiente. Transfiera la solución a celdas para espectrofotómetro de 1 cm. El color verde es estable sólo por 2 horas.
6. Lea la absorbancia a 630 nm contra el blanco.

Cálculos

Carbohidratos totales disponibles (% de glucosa) = $(25 \times b) / (a \times W)$

Donde

W = Peso en g de la muestra.

a = Absorbancia del estándar diluido1.

b = Absorbancia de la muestra diluida.

Proteína Bruta

Determinación de proteína bruta según Cabrera (2014).

Material

- ✓ 5 Matraces Kjeldahl
- ✓ Digestor y destilador Kjeldahl
- ✓ 2 Espátulas
- ✓ 10 perlas de vidrio
- ✓ 10 granalla de zinc
- ✓ 1 Perilla de succión
- ✓ 4 vasos de precipitado de 50 o 100 ml
- ✓ 4 matraces de Earlen Mayer de 250 y 500 ml
- ✓ 4 vasos de precipitado de 40 ml.
- ✓ 2 buretas de 25 ml
- ✓ 2 pinzas para fijar Buretas
- ✓ 1 soporte Universal
- ✓ Masking tape
- ✓ Lápiz graso
- ✓ 350 ml de agua destilada
- ✓ 1.5 a 2 gr de muestra

Reactivos

- ✓ 16 ml ácido sulfúrico concentrado 93-06%
- ✓ 50 ml de ácido bórico al 4 %
- ✓ 12 gotas de indicador rojo de metilo
- ✓ 40 ml de hidróxido de sodio
- ✓ Ácido clorhídrico al 0.1 normal

Procedimiento

1. Pesar 1-2 g de muestra la cual deberá caer al fondo del matraz, evitando que se queden residuos adheridos a las paredes del cuello del matraz, Agregar una cucharada cafetera de mezcla digestora y adicionar 14 ml de H₂SO₄ concentrado. En las parrillas de digestión, digiera a calor bajo hasta que el humo cese. Girar los matraces para evitar espuma. Girar la perilla a calor alto y dejar que alcance hervor por $\frac{3}{4}$ de hora después de que el color del contenido haya girado a verde. Dejar enfriar por alrededor de minutos y agregue cuidadosamente 450 ml de agua. Cuando el contenido del matraz este completamente frio y todo el material en solución, iniciar el proceso de destilación.

2. Agregar 4 perlas de vidrio a cada matraz y 50 ml de solución de NaOH al 50 % al matraz Kjeldahl, conectar el tapón de destilación al matraz y agitar el contenido hasta que vire azul o café no continuar y agregar más NaOH. Girar la perilla a calor medio o bajo cuando empiece el hervor.

3. Encender las parrillas de destilación a calor alto, deje que se calienten, abra el agua del condensador y espere hasta que el termómetro marque menos de 70 0C. Llenar los matraces de titulación con la solución de ácido bórico al 4% al cual se le agregan 12 gotas de indicador rojo de metilo se disuelve bien tomando una coloración rojo o fiushia y colocarlos en su lugar.

4. Una vez completado el proceso se enciende la hornilla, se coloca en la temperatura más alta y se debe observar la separación de las fases dentro del matraz, esto indica que el proceso está correcto, cuando inicia la ebullición se baja la temperatura a 7, 7.5 u 8 de la escala de la perilla según se requiera.

5. Con la primera gota de destilado que se recupera comienza a virar una coloración amarillo intenso y conforme recupere más virara completamente. Se deben recuperar aproximadamente 200 ml de destilado, posteriormente se apaga la hornilla y se puede retirar el matraz de recuperación.

6. La titulación se realiza con una solución de ácido clorhídrico al 0.1 normal, que se coloca en buretas de 25 ml y se agrega el destilado agitando el matraz para mezclar bien el ácido. Conforme se va titulando el contenido va regresando a la coloración rosa original y una vez que se alcanza se toma la lectura de la cantidad de ml.

Cálculos

PC = Proteína Cruda

MI = Mililitros gastados de ácido

N = Normalidad de ácido

MS = Materia seca

gM = Gramos de muestra = 1.5

$$\% \text{ PC BH} = \frac{(\text{ml} \times \text{N} \times 0.014 \times 6.25)}{\text{Gr A}} \times \text{MS}$$

$$\% \text{ PC BH} = \frac{\% \text{ PC BHA} + \% \text{ PC BH B}}{2}$$

$$\% \text{ PC BS al } 100\% = \frac{\% \text{ PC BH} \times 100}{\text{MS}}$$

$$\% \text{ PC BC al } 90\% = (\% \text{ PC BS al } 100\%) \times 0.90$$

Proteínas Totales (Método Kjeldahl)

Peralta, Maldonado y Centeno (2015) refieren que el contenido total de proteínas en los alimentos está conformado por una mezcla compleja de proteínas, estas existen en una combinación con carbohidratos o lípidos, que pueden ser físicos o químicos, el procedimiento Kjeldahl determina la materia nitrogenada total, que incluye tanto las no proteínas como las proteínas verdaderas. En esta técnica se digieren las proteínas y otros componentes orgánicos de los alimentos en una mezcla con ácido sulfúrico en presencia de catalizadores. Durante el proceso de digestión ocurre la deshidratación y

carbonización de la materia orgánica combinada con la oxidación de carbono a dióxido de carbono. El nitrógeno orgánico transformado en amoníaco, se retiene en la disolución como sulfato de amonio. La mezcla digerida se neutraliza con una base y se destila posteriormente. El destilado se recoge en una solución de ácido bórico. Los aniones del borato así formados, se titulan con HCl (o H₂SO₄) estandarizado para determinar el contenido de nitrógeno del alimento.

Materiales, equipos y reactivos

- ✓ 1 Equipo digestor Kjeldahl
- ✓ 1 Equipo destilador Kjeldahl
- ✓ 1 Balanza analítica
- ✓ 1 Bureta automática
- ✓ Agua destilada
- ✓ Ácido bórico al 3 %
- ✓ Ácido sulfúrico concentrado
- ✓ Ácido clorhídrico al 0.1 N
- ✓ Hidróxido de sodio al 40 %
- ✓ Pastillas catalíticas
- ✓ Perlas de cristal
- ✓ Municiones de zinc
- ✓ Indicador mixto (rojo de metilo + azul de metileno)
- ✓ 3 matraces Erlenmeyer de 250 ml
- ✓ Tubos Kjeldahl
- ✓ 1 Matraz volumétrico aforado de 1000 ml
- ✓ 1 Pipeta de 10 ml
- ✓ 1 Frascos de cristal oscuro con tapón de rosca

Procedimiento

Preparación de soluciones:

1. Antes de comenzar: se deben de tomar en cuenta las medidas de seguridad para el manejo de sustancias corrosivas y ácidas. El NaOH genera una reacción exotérmica por lo que se deben usar guantes aislantes al calor.

2. Solución de NaOH al 40 %. Pesar 400 g de NaOH, colocarlos en un matraz aforado de 1000 ml y adicionar agua destilada hasta el aforo. Una vez preparada la solución, dejar enfriar y guardar en un frasco con tapón de rosca.

3. Ácido clorhídrico al 0.1 N. Medir con la ayuda de una pipeta 8.30 ml de HCl aparte, en un matraz volumétrico colocar 100 ml de agua destilada y agregar poco el HCl. Aforar a un litro y guardar la solución en un frasco con tapón de rosca, preferentemente oscuro o color ámbar.

4. Ácido bórico al 3 %. Pesar 30 g de ácido bórico, colocarlo en un matraz volumétrico aforado de 1000 ml y agregar agua destilada hasta aforar. Para una mejor dilución, utilice un termoagitador.

5. Indicador mixto. Pesar 2 g de rojo de metilo y disolverlos en 1000 ml de alcohol etílico del 96% y 1 g de azul de metileno a cada uno de ellos por separado. Mezclar en proporción 2:1, respectivamente. Es decir, dos partes de solución de rojo de metilo al 0.2 % con una parte de azul de metileno al 0.2 %. Guardar en un frasco ámbar.

Método Kjeldahl

1. Triturar y mezclar de 5 a 10 g de la muestra para homogeneizar; luego, pesar entre 1 y 2 g de muestra colocándola en papel. En muestras con contenidos de nitrógeno muy pequeño. Tomar la muestra suficiente para que contenga como máximo 5 mg de nitrógeno.

2. Colocar perlas de cristal dentro del tubo Kjeldahl y añadir el papel con la muestra.

3. Agregar entre 15 y 20 ml (Tubo macro) de H₂SO₄ concentrado y una pastilla catalítica (8 g). En caso de utilizar tubos micro, el máximo de H₂SO₄ de 5 ml.

4. Colocar los tubos en el digestor Kjeldahl y hacer lo siguiente:

- a. En función del contenido de agua de la muestra, empezar la digestión a 150 °C por 30 minutos.

- b. Después de ese tiempo, elevar la temperatura del digestor a 270 °C. y 300 °C entre 15 o 30 minutos para reducir la producción de humos blancos.
- c. Posteriormente continuar la digestión a 400 °C entre 60 y 90 minutos.
- d. Sacar los tubos del digestor y dejar enfriar a temperatura ambiente.
- e. Añadir con precaución 25 ml de agua destilada en cada tubo y hacer una agitación suave para que no se solidifique la muestra. Si es necesario calentar ligeramente el tubo.
- f. Dejar enfriar de nuevo el tubo hasta temperatura ambiente. Para evitar pérdidas de nitrógeno y reacciones violentas no introducir el tubo todavía caliente al destilador.
- g. Situar un matraz Erlenmeyer de 250 ml a la salida del refrigerante del equipo destilador Kjeldahl con 50 ml de ácido bórico al 3 % y tres gotas del indicador mixto.
- h. Colocar en el dosificador un matraz que contenga el NaOH al 40 % e introducir el tubo Kjeldahl en el equipo.
- i. Destilar hasta recoger de 150 a 250 ml de la muestra destilada. Recuerde que 50 ml corresponden al ácido bórico.
- j. Realizar los cálculos de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\% N = \frac{V \times N - V' \times N'}{M} \times 100$$

Donde:

% N= Contenido de nitrógeno de la muestra, expresado en %.

V= Volumen, en ml de ácido titulado.

N= Normalidad de ácido titulado

V´= Volumen de base titulada empleado en la valoración

N´=Normalidad de la base empleada en la valoración

m= masa pesada de muestra, miligramos

1.4. Nutrientes requeridos por los animales

Según Pond et al. (2002) para una eficiente producción en la ganadería es importante conocer los requerimientos nutricionales de la especie que permitirá otorgarle un alimento con las características nutritivas requeridas por la especie en interés. Según la edad y la especie, los animales requieren una fuente de nitrógeno (N) en forma de aminoácidos esenciales, grasa en forma de ácidos grasos esenciales, elementos minerales esenciales, una fuente de energía que puede variar de grasas y proteínas, la cantidad y proporción que se requieren dependen del tipo de conducto gastrointestinal, la edad del animal, su nivel de productividad, de qué tipo de productividad se trata (mantenimiento de tejidos corporales, trabajo crecimiento, leche, huevo, crías, etc.). Los animales requieren más de 40 nutrientes para satisfacer las necesidades alimenticias podría ser difícil, lo que depende de la disponibilidad de los alimentos apropiados.

1.5. Requerimientos nutricionales de los pollos de engorda

El Consejo Nacional de investigación NRC (1994) informa que los requerimientos dietéticos para los pollos tipo carne varían según si las aves se están iniciando y cultivando para pollos y gallinas, o machos reproductores de pollos de engorde. Los pollos de las variedades de engorde se han seleccionado para un rápido aumento de peso y una utilización eficiente de la alimentación. Los pollos se permiten alimentar sobre una base ad libitum para garantizar un rápido desarrollo hasta el tamaño del mercado, aunque se ha expresado cierto interés para controlar el consumo de alimento en un intento por minimizar el desarrollo de grasa excesiva de la carcasa. Los pollos se comercializan en un amplio Rango de edades y pesos corporales. Las hembras pueden crecer hasta 900 a 1,000 g de peso corporal para suministrar gallinas de Cornualles, los sexos mixtos pueden criarse entre 1,8 y 2 kg para usarlos como aves enteras y partes especializadas, y los machos pueden crecer entre 2,8 y 3 kg Para carne deshuesada. Por lo tanto, es difícil establecer un único conjunto de requisitos que sea apropiado para todos los tipos de pollos de engorde. Además, los requerimientos de nutrientes pueden variar de acuerdo con el criterio de adecuación. En el caso de los aminoácidos esenciales, se pueden requerir mayores concentraciones en la dieta para optimizar la eficiencia de la utilización del alimento de lo que sería necesario para maximizar el

aumento de peso. También hay evidencia de que el requisito dietético de la lisina para maximizar los rendimientos de carne de pechuga de pollos de engorde es mayor que el necesario para maximizar el aumento de peso y que existen diferencias entre las cepas de pollos de engorde con respecto a esta necesidad de Más lisina. La expresión de un requerimiento para cualquier nutriente es relativa, y muchos factores deben ser considerados. Muchos nutrientes son inter dependientes, y es difícil expresar los requisitos para uno sin tener en cuenta la cantidad del otro.

Otros factores que pueden afectar los requisitos incluyen la edad y el género del animal.

Los requerimientos para muchos nutrientes parecen disminuir con la edad, pero para la mayoría de los nutrientes ha habido pocos estudios de investigación diseñados para estimar con precisión los requisitos para todas las edades, Períodos, especialmente para los mayores de 3 semanas de edad. Cualquier expresión de requerimientos de nutrientes puede ser solo una guía que representa un consenso de informes de investigación. Estas pautas deben ajustarse según sea necesario para adaptarse a la gran variedad de edades, sexos y cepas de los pollos de engorde.

Los valores dados en las Tablas del NRC (1994) son generalmente niveles mínimos que satisfacen actividades productivas generales y (o) evitan Síndromes de deficiencia.

Los requisitos se presentan para períodos de edad específicos. Estos periodos de edad se basan en la cronología.

Se necesitan concentraciones relativamente altas de aminoácidos en la dieta para apoyar el rápido crecimiento de los pollos tipo carne. El peso corporal de los pollos comerciales tipo carne aumentará de 50 a 55 veces en 6 semanas después de la eclosión. El aumento de peso es tejido de contenido sustancial de proteínas. Por lo tanto, una nutrición adecuada de aminoácidos es vital para el éxito.

Tabla 1. Requerimientos nutricionales de los pollos de engorde como porcentajes o unidades por kilogramo de dieta (90 por ciento de materia seca).

Nutrient	Unit	0 to 3 Weeks ^a ; 3,200 ^b	3 to 6 Weeks ^a ; 3,200 ^b	6 to 8 Weeks ^a ; 3,200 ^b
Protein and amino acid				
Crude protein ^c	%	23	20	18
Arginine	%	1.25	1.1	1
Glycine + serine	%	1.25	1.14	0.97
Histidine	%	0.35	0.32	0.27
Isoleucine	%	0.8	0.73	0.62
Leucine	%	1.2	1.09	0.93
Lysine	%	1.1	1	0.85
Methionine	%	0.5	0.38	0.32
Methionine + cystine	%	0.9	0.72	0.6
Phenylalanine	%	0.72	0.65	0.56
Phenylalanine + tyrosine	%	1.34	1.22	1.04
Proline	%	0.6	0.55	0.46
Threonine	%	0.8	0.74	0.68
Tryptophan	%	0.2	0.18	0.16
Valine	%	0.9	0.82	0.7
Fat				
Linoleic acid	%	1	1	1
Macrominerals				
Calcium ^d	%	1	0.9	0.8
Chlorine	%	0.2	0.15	0.12
Magnesium	Mg	600	600	600
Nonphytate phosphorus	%	0.45	0.35	0.3
Potassium	%	0.3	0.3	0.3
Sodium	%	0.2	0.15	0.12
Trace minerals				
Copper	Mg	8	8	8
Iodine	Mg	0.35	0.35	0.35
Iron	Mg	80	80	80
Manganese	Mg	60	60	60
Selenium	Mg	0.15	0.15	0.15
Zinc	Mg	40	40	40
Fat soluble vitamins				
A	IU	1,500	1,500	1,500
D3	ICU	200	200	200
E	IU	10	10	10
K	Mg	0.5	0.5	0.5
Water soluble vitamins				
B12	Mg	0.01	0.01	0.007
Biotin	Mg	0.15	0.15	0.12
Choline	Mg	1,300	1,000	750
Folacin	Mg	0.55	0.55	0.5
Niacin	Mg	35	30	25
Pantothenic acid	Mg	10	10	10
Pyridoxinc	Mg	3.5	3.5	3
Riboflavin	Mg	3.6	3.6	3
Thiamin	Mg	1.8	1.8	1.8

NOTE: Where experimental data are lacking, values typeset in bold italics represent an estimate based on values obtained for other ages or related species. ^a The 0 to 3, 3 to 6, and 6 to 8 week intervals for nutrient requirements are based on chronology for which research data were available; however, these nutrient requirements are often implemented at younger age intervals or on a weight of feed consumed basis. ^b These are typical dietary energy concentrations, expressed in Kcal ME/kg diet. Different energy values may be appropriate depending on local ingredient prices and availability. ^c Broiler chickens do not have a requirement for crude protein peruse. There, however, should be sufficient crude protein to ensure an adequate nitrogen supply for synthesis of onessential amino acids. suggested requirements for crude protein are typical of those derived with corn soybean meal diets and levels can be reduced when synthetic amino acids are used. ^dThere Calcium requirement may be increased when diets contain higt levels of phytate phosphorus (Nelson, 1984).

Fuente: NRC (1994).

1.6. Sistema digestivo de las aves

Según JICA et al. (2016) las aves tienen órganos digestivos relativamente cortos en comparación con otros animales. La boca carece de dientes, tienen un ensanchamiento en el esófago llamado buche, le sigue el estómago glandular (proventrículo) o verdadero donde se realiza la digestión enzimática de los alimentos, posteriormente el alimento pasa al estómago muscular (molleja) donde los alimentos son fraccionados a partículas más pequeñas que faciliten su absorción, pasando al intestino delgado donde los nutrientes son absorbidos, las partículas no degradadas pasan al intestino grueso y se alojan en el ciego donde se descomponen para su posterior aprovechamiento.

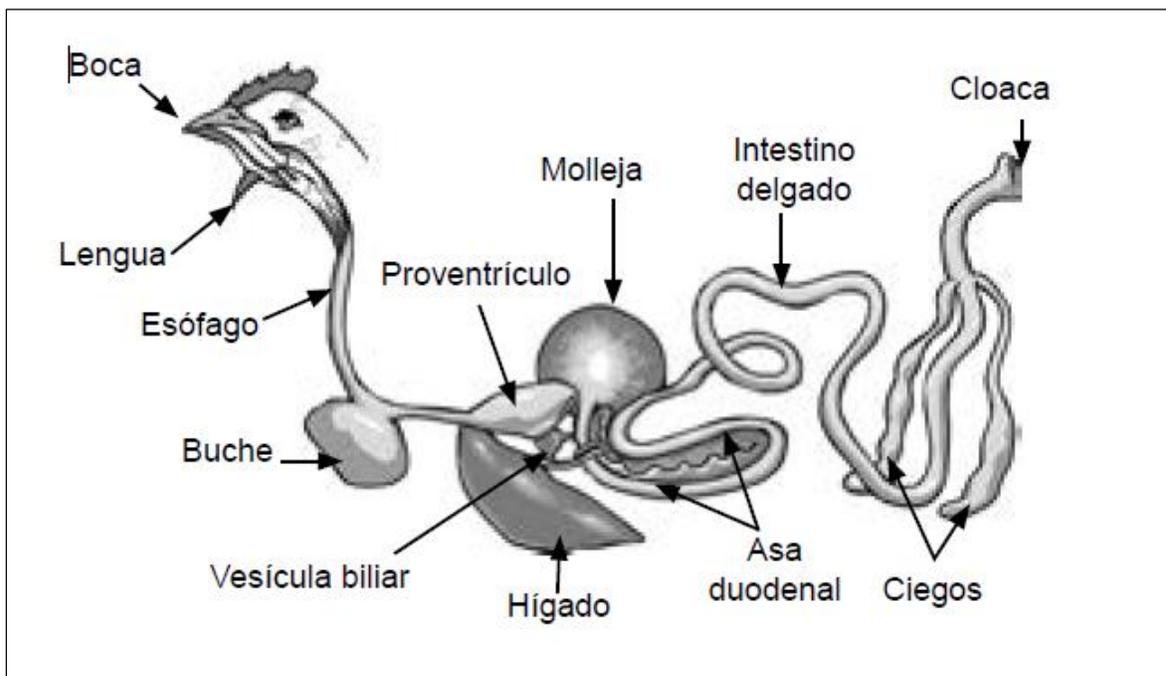


Figura 4. Anatomía del sistema digestivo de las aves.

Fuente: (JICA et al. 2016).

Boca: Carece de dientes

Esófago: es un ensanchamiento

Estomago glandular (proventrículo): es donde se realiza la digestión enzimática de los alimentos

Molleja: es el estómago muscular

Intestino delgado: donde los nutrientes son absorbidos

Intestino grueso: aquí pasan las partículas degradadas

Ciego: donde se descomponen para su posterior aprovechamiento (JICA et al. 2016).

1.7. Metabolismo de nutrientes

Absorción de agua

La absorción del agua y productos disueltos se realiza de forma activa por vía intracelular atravesando la membrana celular apical y membrana basolateral y de forma pasiva por vía intercelular. El tamaño de los poros en la membrana apical condiciona el transporte intracelular del agua y electrolitos. Estos poros son de mayor tamaño en el intestino delgado que en el grueso (Angulo, 2009).

Absorción de Minerales y Vitaminas

La absorción de minerales es muy compleja y depende varios factores como la forma de presentación (tipos de sales), pH y de transportadores. Las vitaminas: Las vitaminas liposolubles (A, D, E, K) son absorbidas con más lentitud siguiendo los mecanismos propios de la absorción de lípidos (Angulo, 2009).

Sodio: Mediante un proceso activo, puede entrar en los espacios intercelulares a través de las membranas basolaterales de los enterocitos, pero de forma pasiva también pueden entrar de forma independiente o mediante transportadores (hexosas, aminoácidos) que son específicos al intestino delgado también pueden darse mecanismos de contratransporte para la exclusión luminal de iones de hidrógeno del enterocito en intercambio por el sodio (Angulo, 2009).

Calcio: Se hace mediante portadores de proteínas que fijan el calcio a la membrana apical, pero la absorción es activa en la membrana basolateral. Las proteínas fijadoras de calcio son controladas por la acción de la 1.25 dihidroxicalciferol o dihidroxivitamina D₃' que es uno de los metabolitos activos de dicha vitamina (Angulo, 2009).

Hidratos de carbono: la mayor parte de los hidratos de carbono tienen los procesos de digestión y absorción en el intestino delgado. Existe un hidrólisis de los almidones gracias a la acción de la amilasa con producción de oligosacáridos, pero los

carbohidratos fibrosos como celulosa y hemicelulosa permanecen intactos. En el glucocaliz de los enterocitos se hidrolizan los polisacáridos pasando a monosacáridos como glucosa, galactosa y fructuosa. La glucosa y la galactosa son absorbidas por un transporte activo (donde la concentración de sodio juega un papel destacado) en el yeyuno por difusión facilitada. Los enterocitos tienen capacidad para transformar la fructuosa en glucosa y otros azúcares, como manosa, xilosa y arabinosa, tienen una absorción más lenta y también relativamente más limitada. Los monosacáridos abandonan los enterocitos por difusión a través de la membrana basal y penetran en el espacio intercelular antes de entrar en los capilares de la circulación portal (Angulo, 2009).

Proteína: La digestión de las proteínas tiene su inicio en las porciones proximales del aparato digestivo (proventrículo y molleja) y la absorción tiene lugar principalmente en el intestino delgado. La actuación de las enzimas pancreáticas e intestinales produce aminoácidos y oligopeptidos. La acción de las oligopeptidasas de la mucosa del glucocaliz de los enterocitos produce una mezcla de aminoácidos, dipeptidos y tripéptidos. En la absorción de los aminoácidos en el duodeno y yeyuno (en menor medida en el íleon) parece jugar un papel importante el sodio (igual que pasa con la absorción de la glucosa) y los dipeptidos y tripéptidos son absorbidos por los enterocitos del yeyuno directamente para posteriormente actuar las peptidasas intercelulares que hidrolizan los péptidos en aminoácidos. La forma L-aminoácidos resultantes son absorbidos más rápidamente que las formas D. Los aminoácidos intracelulares se difunden a través de la membrana basolateral y llegan al espacio intercelular y por último a los capilares portales (Angulo, 2009).

Lípidos: La digestión y absorción de los lípidos tienen lugar principalmente en el duodeno y yeyuno, pero en menor medida en el íleon, los lípidos emulsionados por las sales biliares entran en contacto con las lipasas que se encuentran en el duodeno produciendo monoglicéridos y ácidos grasos. Los monoglicéridos y los ácidos grasos de cadena corta son absorbidos de forma directa por difusión por la mucosa del intestino delgado siendo transportados por la circulación portal. Los monoglicéridos y ácidos grasos insolubles forman micelas gracias a la acción de las sales biliares,

transportándose estas micelas al glucocaliz del enterocito, donde se liberan y difunden a través de la membrana apical de la célula. Ya dentro de la célula, se reesterifican y vuelven a formarse triglicéridos, que pueden combinarse con el colesterol, lipoproteínas, fosfolípidos. Las sales biliares regresan a la luz intestinal para ser absorbidas casi por completo mediante un mecanismo activo en el íleon y reaparece en la bilis (circulación entero hepática de las sales biliares (Angulo, 2009).

1.8. Formulación de dietas

Los métodos de formulación son un mecanismo práctico, donde se combinan el conjunto de procedimientos que se deben tomar en cuenta para poder balancear una ración en forma científica, económica y productiva. Es importante conocer el costo de la alimentación en cualquier especie, estos costos varían entre el 60 y el 75 %; de esto se puede deducir la importancia que tiene el manejo adecuado de la alimentación y su repercusión económica sobre el rendimiento total de la explotación. La ración ideal eleva al máximo la producción a un costo mínimo. Es decir que, aunque la ración más costosa puede producir excelentes resultados productivos en el animal, el costo por unidad producida puede hacer que resulte excesivo para realizarla. Del mismo modo, la ración más barata no siempre es la mejor, porque puede no conducir a una producción máxima.

1.9. Moringa (*Moringa oleífera* Lam.)

1.9.1. Origen de la Moringa

La Moringa oleífera, siendo esta la especie más conocida del género Moringa, se conoce como un árbol que tuvo origen en el sur del Himalaya, el noreste de la India, Bangladesh, Afganistán y Pakistán, se encuentra diseminada en una gran parte del planeta, y en América Central fue introducida en los años 1920 como planta ornamental y para cercas vivas (Pérez, Sánchez, Armengol y Reyes, 2010).

1.9.2. Distribución

Se conoce que la moringa se cultiva en lugares con climas tropicales secos en varias regiones del mundo, y crece en altitudes que van desde 0 hasta los 1800 m, con precipitaciones de 500 a 1500 mm al año, se distribuye en países como Pakistán, Grecia,

Egipto, China, Nigeria, Etiopía, Mozambique, Ghana, Argentina, Colombia, Venezuela, Cuba, Nicaragua, Guatemala y México, entre otros lugares con un clima tropical seco los cuales tienen la característica de coincidir con el registro de personas con mala nutrición (Figura 4) de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Dirección de Estadística En México, el cultivo de la planta se encuentra establecido en regiones con climas tropicales secos, que se encuentran desde el estado de Sonora hasta Chiapas, por toda la costa del Pacífico.

En el estado de Chihuahua, algunos municipios propicios para el cultivo son Guadalupe y Calvo, Batopilas, Morelos, Uruachi y Magurichi, ya que presentan las condiciones edafoclimáticas ideales para el establecimiento de la planta, por lo que representan un área potencial para su cultivo, correspondiendo, además, a una región donde existe desnutrición entre los pobladores por consecuencia de la extrema pobreza, (Estrada-Hernández, Hernández-Rodríguez y Guerrero-Prieto, 2016).

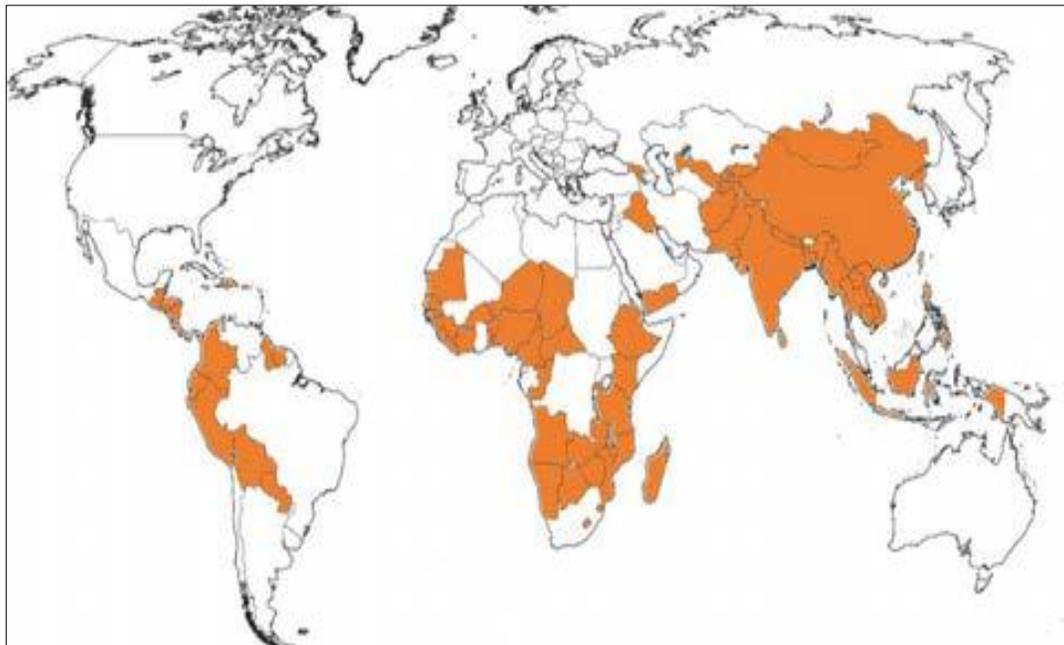


Figura 5. Ubicación de los países donde se produce la moringa.

Fuente: (Estrada-Hernández et al. 2016).

1.9.3. Generalidades de la Moringa

Según Liñán (2010) la clasificación taxonómica muestra que pertenece a la familia de las *Moringáceas*, orden de los *Capparidales* clase *magnoleopsida*. Es la conocida del género *Moringa* que cuenta con 13 especies.

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la moringa

Clasificación taxonómica de la Moringa	
<i>Familia</i>	<i>Moringáceas</i>
<i>Origen</i>	<i>Capparidales</i>
<i>Clase</i>	<i>Magnoleopsida.</i>
<i>Genero</i>	<i>Moringa</i>
<i>Especies</i>	<i>arbórea</i> <i>concanensis</i> <i>drocanensis</i> <i>drouhardii</i> <i>hildebrandtii</i> <i>pygmeae</i> <i>peregrina</i> <i>ovalaifolia</i> <i>rospoliana</i> <i>stenopetala</i> <i>rivae</i> <i>oleífera</i> <i>borziana</i>

Fuente: (Pérez et al. 2010).

También se identifica como *M. oleífera* Lamon los siguientes sinónimos (syns. *M. pterygosperma* Gaert., *M. moringa* (L.). Millsp., *M. nux-ben* Perr., *Hyperanthera moringa* Willd., y *Guilandina moringa* Lam.) así como se conoce además con otros nombres comunes, como palo jeringa, ben, acacia y jazmín francés. Es un árbol de hasta 9 m de altura. Las hojas son compuestas y están dispuestas en grupos de folíolos, con cinco pares de estos acomodados sobre el pecíolo principal y un folíolo en la parte terminal. Las hojas son alternas tripinnadas, con una longitud de 30-70 cm (Pérez et al. 2010).

1.9.4. Usos y Características botánicas

Hojas: Estas son las que tienen más usos, y sirven tanto como fuente de alimento humano como animal, pues los contenidos nutricionales de la planta y el bajo costo de la producción de biomasa son ideales para la alimentación de ovinos, aves, peces y cerdos (Pérez, De la Cruz, Vázquez y Francisco, 2010).

Tallo: Se utiliza como carbón vegetal, la corteza fresca funciona como antídoto contra la picadura de algunos insectos, contra el veneno de serpientes y también es diurético y antiescorbútico (Mora y Gacharná, 2015).

Flores: Sirven como alimento en algunos platillos y son útiles para tratar problemas urinarios. También favorecen la calidad y el flujo de la leche materna (Mora et al. 2015).

Semillas: Desempeñan un papel fundamental, ya que estas contienen un 40 % en peso de aceite, del cual un 73 % es aceite oleico, un buen sustituto del aceite de oliva, la cantidad de aceite favorece la elaboración de agrocombustibles, lubricación de mecanismos, fabricación de jabón y cosméticos (Pérez et al. 2010).

Raíz: Se puede usar para la elaboración de algunos platillos y como condimento, ya que tienen un sabor picante como el rábano rustico; además, al igual que el tallo, es diurético y antiescorbútico, la raíz de la moringa es gruesa y profunda, con un sistema extenso de raíces laterales tuberosas, de esta manera es una gran reserva de agua para épocas de sequía, lo cual genera una mejor retención de suelo, también su implantación para la prevención de deslizamientos de tierra es de suma utilidad (Mora et al. 2015).

1.9.5. Contenidos nutricionales

Los estudios ya realizados han permitido conocer su contenido nutricional con mayor seguridad se han efectuado diversos análisis como el bromatológico de hojas y tallos, en países como Cuba, Colombia, México por mencionar algunos.

Uno de los estudios realizados fue por Garavito (2008) tabla 3, en “Melgar Tolima, a los 54 días después de la siembra, los resultados fueron; 21.52 % de proteína, 5.29 % de grasa y 26.49 % de fibra. Así mismo al deshidratar el producto de 54 días, comprobaron que las hojas representaron un 63.03 %, mientras que los tallos representaron un 36.97 % del total de la biomasa producida, obteniendo el siguiente análisis bromatológico.

Tabla 3. Análisis bromatológico de Hojas y Tallos de Moringa de 54 días de edad.

Moringa de 54 días, deshidratada y molida (harina)			
Contenido	Hojas	Tallos	Hojas y tallos
Materia seca	89.60	88.87	89.66
Proteína (nx6.25)	24.99	11.22	21.00
Extracto etéreo (grasa)	4.62	2.05	4.05
Fibra cruda	23.60	41.90	33.52
Cenizas	10.42	11.38	10.18
Extracto no nitrogenado	36.37	33.45	31.25
TDN (calculado)	63.72	45.17	55.12
Energía digestible (D.E.)	2.81	1.99	2.43
Energía Metabolizable	2.30	1.63	1.99

Fuente: Garavito (2008).

Este mismo autor realizó seguimiento y obtuvo que las hojas y tallos de la moringa a los 30 días de la siembra ofrecen hasta un 30 % de proteína, 6 % de grasa y 15 % de fibra, además de vitaminas y minerales, por encima de muchos otros productos de consumo humano realizando comparaciones con otros alimentos obtuvo lo siguiente: tiene la proteína del huevo, 2 veces la proteína de la leche, 3 veces el potasio del banano, 3.6 el calcio de la leche, 7 veces la vitamina C de la naranja, 3.6 la vitamina A de la zanahoria (Garavito, 2008). También realizó un segundo análisis a Hojas y Tallos jóvenes y desarrollados de árboles de 6 años de moringa sembrados sexualmente (propagación mediante semilla), en etapa de producción de fruta, los resultados bromatológicos que arrojaron se muestran en la siguiente tabla 4.

Tabla 4. Análisis bromatológico de Hojas y Tallos jóvenes y desarrollados de árboles de 6 años de moringa.

Contenido	Hojas y tallos jóvenes	Hojas y tallos Desarrollados
Materia seca	66.86	34.90
Proteína	21.59	26.74
Extracto etéreo	3.73	3.80
Fibra cruda	13.63	3.06
Cenizas	9.83	10.63
Extracto no nitrogenado	51.13	45.79
TDN	67.92	66.38
Energía digestible	2.99	2.93
Energía Metabolizable	2.45	2.39

Fuente: Garavito (2008).

Los datos anteriores nos confirman las características y potencialidades de la moringa oleífera, ya que ofrece una alternativa para la alimentación humana y animal “debido a que es capaz de adaptarse a las más diversas condiciones de suelo y clima. Su valor nutricional y los elevados rendimientos de biomasa, la hacen un recurso fitogenético de importancia en los sistemas de producción” (Pérez et al. 2010).

1.9.6. Estudios realizados de moringa en pollos de engorda y gallinas.

Un estudio realizado por Gómez, Rébak, Fernández, Sindik, y Sanz (2016) en el Comportamiento productivo de pollos parrilleros en Formosa, Argentina, con la incorporación de harina de hojas de Moringa oleífera al alimento terminador sobre variables productivas, (rendimientos de faena y de cortes comerciales, así como porcentaje de panículo adiposo en pollos parrilleros), en la cual concluyeron que la harina de hojas de moringa puede ser incluida hasta un 8 % en la dieta sin producir efectos adversos sobre la performance productiva, de faena y cortes.

Por otra parte, otro estudio realizado en Bolivia por Mendiola y Aguirre (2015) que consistió en la evaluación de la adición de moringa oleífera en la alimentación de pollos parrilleros de la línea Cobb, en las diferentes fases en su alimentación normal, las

variables fueron (consumo de alimento, ganancia de peso corporal, conversión alimenticia y mortalidad) concluyeron que la moringa en el alimento balanceado, se obtuvo una mayor conversión alimenticia, así como un menor porcentaje de mortalidad en los pollos, pero ambos porcentajes están dentro de los rangos de mortalidad aceptable en la producción de pollos parrilleros.

También, Sarmiento-Franco, Santos-Ricalde y Solorio-Sanchez (2011) determinaron el efecto de la inclusión dietética de harina de hojas de *Leucaena leucocephala* (HLL) y *Moringa oleífera* (HHMO) en la producción y calidad de huevos de gallinas Rhode Island Red; correspondieron con los cuatro tratamientos dietéticos que contenían 0 (control), 5, 10, y 15 % de HLL, respectivamente; al mismo tiempo, el segundo experimento, con el uso de HHMO en lugar de HLL. En este estudio concluyeron que la HHMO y la HLL pueden ser aceptables como recurso alimenticio sostenible hasta 10 % en las dietas de gallinas ponedoras.

II. MARCO REFERENCIAL

2.1. Pollos de Engorda

La producción de pollo es una de las actividades pecuarias que ha venido en desarrollo en los últimos años a nivel nacional e internacional (SAGARPA et al. 2018) esto debido a su buena aceptación en el mercado por ser una de las fuentes principales de proteína para la alimentación familiar, la accesibilidad de este alimento por su costo lo hace uno de los preferidos en la dieta diaria, así mismo la variabilidad de alimentos concentrados comerciales ha permitido que los avicultores logren mayor rentabilidad; otras de las ventajas para el productor son las razas y líneas de pollo de engorde existentes.

2.1.1. Historia de las aves

Barbado (2004) refiere que no se conoce con certeza cuando se domesticó la primera ave, la historia de la india habla del año 3200 a.C. la historia de los egipcios y los chinos demuestran que las aves han estado produciendo huevos para el ser humano desde el año 1400 a.C. el canto temprano del gallo y la regularidad con que aparecían los primeros huevos probablemente inspiraron a los chinos a describir la gallina como el animal doméstico que sabe la hora. También se cree que Cristóbal colon trajo las primeras gallinas a américa de las que descienden las que ahora están produciendo huevo estas razas son originarias de Asia.

En la época romana antigua, las gallinas se engordaban artificialmente y se comían habitualmente, hasta que un decreto de cónsul fannius lo prohibiera, no sin razón al ver que la especie peligraba, pero esta prohibición no afectó a los gallos, a lo que los romanos se les ocurrió castrar transformándolos en capones, ejemplares dos veces más gordos que un pollo normal.

Durante mucho tiempo y el resto de estas aves fueron considerados como plato para servir los días de fiesta. El propio Enrique IV de Francia, se le atribuye la ocurrencia de ponerlo a la cazuela, y dio lugar a la famosa poule au pot. Posteriores del siglo XIX, un grupo de productores de nuevo jersey, USA., intentó por primera vez la comercialización del broiler o pollo parrillero, al vender para su sacrificio pollos que no habían alcanzado

aún su pleno desarrollo, deriva su nombre del vocablo inglés broiler, que significa “parrilla, pollo para asar”.

En 1920, algunos granjeros se lanzaron a la producción del broiler en mayor escala, pero el desconocimiento de las necesidades vitamínicas de las aves, en especial la de los meses de la temporada invernal, no permitió que la industria se desarrollara en forma considerable.

Simultáneamente, en los laboratorios se obtenían grandes adelantos en materia nutricional, los que permitieron, a partir de la tercera década del siglo XX la expansión constante de la producción del broiler, ello se debió a grandes escases de carne animal de modo rápido y barato.

2.1.2. Evolución del pollo de engorda

Los factores que han predominado para que el pollo de la década de los 50 pasara a ser el pollo de hoy son: El ambiente, el manejo, la sanidad, la nutrición y la genética, pero de todos estos factores hasta la fecha los dos más importantes que llevaron a obtener el pollo de hoy han sido dos: la nutrición y la genética (D' Alessandro, 2018).

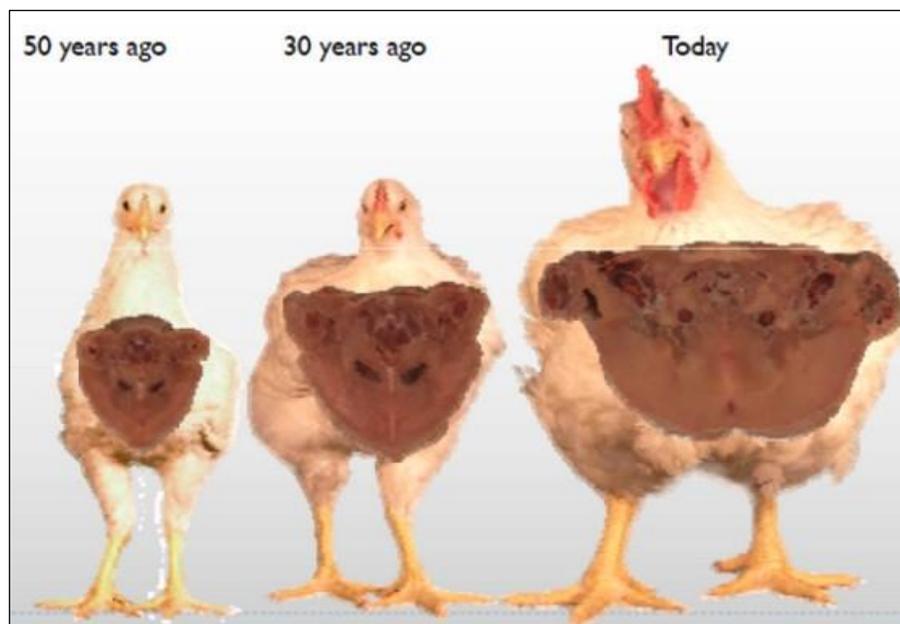


Figura 6. Evolución de pollo de engorda.

Fuente: (D' Alessandro, 2018).

Desde 1920 a 1940 solo había razas de doble propósito (carne y huevos). En 1946 la industria avícola y el Departamento de Agricultura de USA lanzaron el concurso “Pollo del Mañana” para crear un ave que pudiera producir más carne de pechuga con menos comida. Recién en el año 1952 se introduce en el mercado razas de “pollo parrillero”.

En 1958 a 1962 aparecieron las primeras empresas de genética avícola, y a partir de 1970 de empezó a seleccionar por conformación. En 1980 inicio la selección con eficiencia alimenticia y en 1990 se da un gran salto en el avance genético con el uso de programas BLUP. El programa informático es denominado: Óptima Predicción Lineal Imparcial (BLUP por sus siglas en inglés). El BLUP además de basarse en la relación lineal entre genotipos y fenotipos, utiliza complejos cálculos matemáticos para eliminar el sesgo de los efectos ambientales en esta relación.

En 1990 en adelante se empieza a seleccionar por caracteres de rendimiento, salud, esqueleto, rendimiento, etc. Y a partir del 2010 de empezaron a identificar los marcadores genéticos (D' Alessandro, 2018).

Tabla 5. El progreso genético del pollo.

Animal/época	Edad	Ganancia de peso	Consumo de alimento
Pollo moderno (2001)	32 días	1.82 Kg o 57 g/d	1.47 Kg de ración. / Kg vivo
Pollo de la década del 50	101 días	1.82 Kg o 18 g/d	4,42 Kg de ración / Kg vivo

Fuente: (D' Alessandro, 2018).

En el año 1957 se necesitaban 37 kg de ración para obtener 1 kg de carne de pechuga y en el 2001 se obtenía el mismo kg de carne de pechuga con solo 6 kg de ración (D' Alessandro, 2018).

2.1.3. El pollo de hoy

Según D' Alessandro (2018) actualmente el pollo macho en base al desarrollo genético y de la nutrición llega a pesar 3 kg a los 42 días, mientras que la hembra necesita 47 a 48 días para alcanzar 2, 8 kg. El pollo macho tiene mejor conversión, mejor ganancia de peso diario, lo que hace que sería ideal criar solo machos, cabe mencionar que en la actualidad el empleo de hormonas solo es un MITO”, se emplean hormonas con promotores de crecimiento su función es básicamente para optimizar la salud intestinal del pollo con lo que se consigue mejorar el aprovechamiento digestivo del alimento, mejorando la digestibilidad y la salud intestinal, modifican la flora intestinal bajando la población de Clostridios, E. Coli, Salmonella etc. y favorecen el crecimiento de bacterias acidófilas como los Lactobacilos.

Algunos son los metabolitos que utilizan las células intestinales que aumentan la cantidad de enterocitos y el tamaño de las vellosidades intestinales, estos mejoran de forma importante la absorción de nutrientes y con esto la digestibilidad.

Los más comúnmente usados son: Prebióticos, Enzimas, Aditivos antimicotoxinas, Ácidos orgánicos de cadena corta, y Fitobióticos. Estos sólo actúan a nivel del tracto digestivo y no tienen ningún efecto metabólico.

2.1.4. Razas y líneas de pollos de engorde

Contreras et al. (2015) refiere que en el transcurso de los últimos años el ser humano ha seleccionado y clasificado a las aves de acuerdo al propósito o fin comercial, tomando en cuenta las características físicas y productivas, las razas avícolas se pueden dividir en tres categorías según su peso corporal:

Pesadas - Semi - pesadas - Livianas

Razas pesadas:

Son de origen inglés y asiático, las razas más representativas son:

- La Orpington de la cual existen tres variedades; la Negra, la Gamuza y la Blanca
- La Cornish de color blanco, tiene como principal característica su ancha pechuga.
- La White American y la Wyandottes, ambas originales de EE. UU. de color blanco y negro respectivamente.

En general todas estas razas se caracterizan por:

- Poseer contextura fuerte.
- Apreciable resistencia al calor y al frío.
- Rápido engorde.
- Muy regulares productores de huevos.
- Desarrollo precoz.
- Facilidad de conversión de alimento en carne.
- Buen desarrollo corporal.
- Predominio de pluma blanca
- Patas grandes y bien desarrolladas.
- Color de la cáscara del huevo marrón y fuerte.

De acuerdo las características descritas se han logrado crear a partir de estas razas, líneas comerciales que en un ciclo de vida corto (6 – 8 semanas) alcanzan un peso corporal de 1.9 a 2.2 k., al cabo del cual son útiles comercialmente (Contreras et al. 2015).

Las principales líneas comerciales de engorde son:

Lohmann Broiler (meat).	Pilch.
Hibro.	Cobb 500
Ross x Ross	Peterson
Hubbard.	Arbor Acres

Fuente: (Contreras et al. 2015).

2.1.5. Consumo de pollo en México

México es el segundo país con mayor nivel de consumo de pollo en América Latina, después de Brasil (SAGARPA et al. 2018) el consumo anual per cápita es de 30.6 kg. (SIAP, 2018) debido a ello, es que a pesar de la producción que se obtiene en el país, es uno de los principales importadores del cárnico con el 9.1 %, tan solo en el 2017, (SIAP, 2018) en este mismo año se importaron 15 mil toneladas más que en 2016 para un total de 517 mil toneladas, lo que significa que actualmente las importaciones de carne de pollo tienen una participación de 13.3 % en el consumo nacional (UNA, 2019) los

principales proveedores de sus importaciones fueron Estados Unidos, Brasil y Tailandia (SIAP, 2018).

2.1.6. Producción

La producción avícola nacional en el 2017, fue de 3,211,686 ton, 4.3 % superior respecto al año previo por lo que el ritmo de crecimiento medio anual es de 2.8 en el lapso de 2012-2017 (SAGARPA et al. 2018).

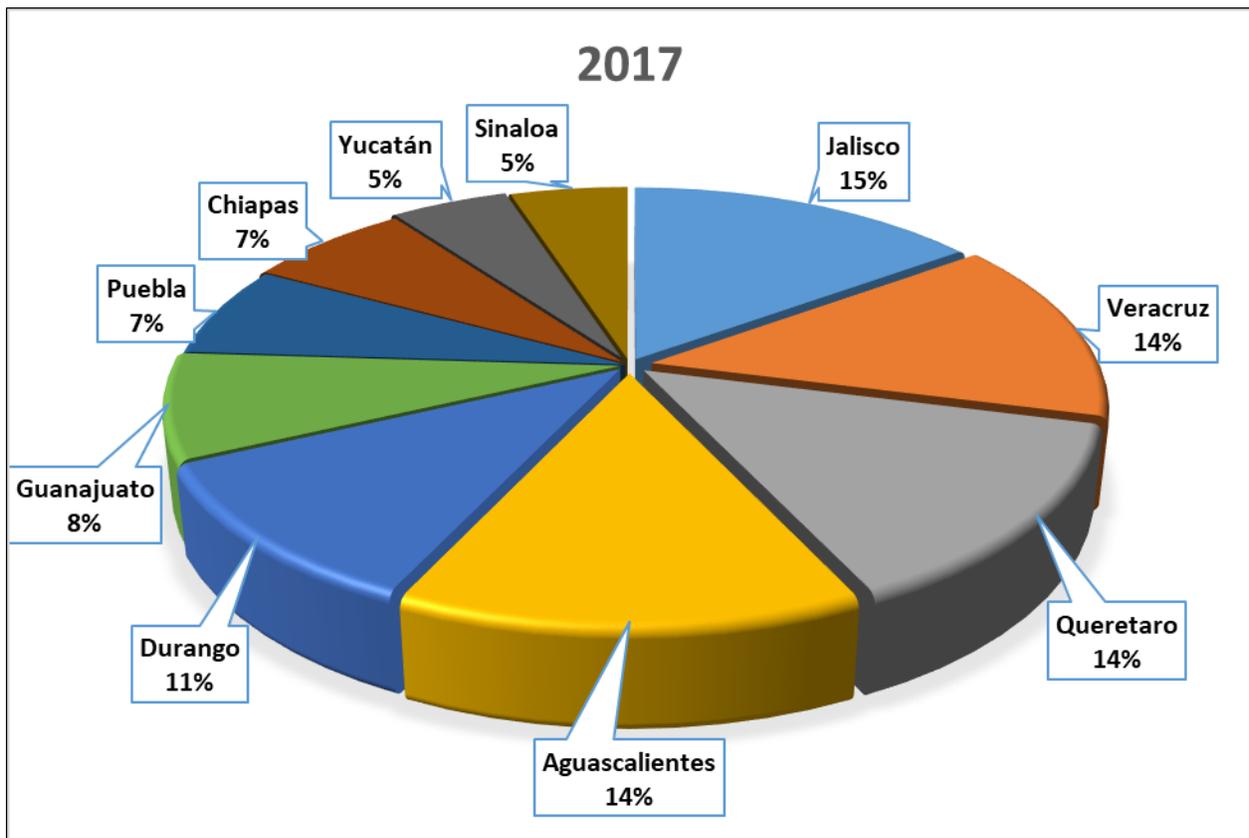


Figura 7. Los principales estados productores de aves.

Fuente: Elaboración propia con datos de SAGARPA et al. (2018).

2.1.7. Comercialización

La UNA (2019) reporta que la comercialización de pollo en México es en función al objetivo y se lleva cabo de la siguiente manera: vivo 37 %, rostícero 35 %, mercado público 11 %, supermercado 5 %, piezas 9 % y productos de valor agregado 3 por ciento.

2.2. El Sistema de producción de traspatio

El sistema de traspatio es uno de los principales sistemas de producción de aves utilizados a nivel mundial además del Sistema industrial o intensiva y el sistema Semi-intensiva.

2.2.1. Algunas Características de la producción de traspatio en el mundo

Papel que juega en la Nutrición

Según Farrell (2013) la carne de pollo y los huevos, son la mejor fuente de proteína de calidad y que son extremadamente necesarios para los muchos millones de personas que viven en la pobreza. En el África subsahariana y en Asia meridional la desnutrición y la malnutrición están estrechamente relacionadas con la pobreza debido a que estas condiciones afectan al sistema inmunológico de las personas. La epidemia de VIH / SIDA que azota a los países del África subsahariana tiene en parte origen en la pobreza extrema y con ella la escasa nutrición.

Comercialización

En muchos países de bajos ingresos, tradicionalmente los pollos locales se venden vivos en los mercados de aves de corral vivas (también llamados “mercados mojados”), donde también se pueden comprar las aves sacrificadas o la carne de aves de corral. Los mercados de aves vivas representan puntos de peligro críticos para la propagación de la Influenza Aviar Altamente patógena (IAAP), H5N1 y otros virus. Las autoridades pueden decidir el cierre de estos mercados cuando se producen focos en la zona, región o país. En el mediano y largo plazo, las autoridades fomentarán la compra de carne de ave de corral que haya superado un proceso de certificación. Es oportuno evitar el contacto entre las personas, especialmente los niños y las aves de corral vivas compradas en el mercado (Ventura 2013).

Alojamiento

Una de las características definitorias del sistema de producción de aves que se alimentan con desechos, comparado con la mayoría de los restantes sistemas de producción es la que las aves pasan mucho tiempo solas y su productividad suele estar fuertemente limitada por los recursos alimenticios por lo general escasos, que reciben. En la mayor parte de los casos, el alojamiento suele consistir simplemente en un recinto

donde se confinan las aves por la noche para protegerlas de los depredadores, los ladrones y las inclemencias del medio ambiente (Pym 2013).

2.2.2. El sistema de producción de traspatio en México.

El sistema de producción de traspatio, también conocido como unidades de producción familiar (UPF) ya que es el lugar donde se realizan diversas actividades como el de cultivar hortalizas, crianza de diferentes tipos de animales y se carece de tecnologías específicas y dentro de la producción animal, las aves de corral son los más comunes debido a que su manejo es sencillo. Este tipo de sistema ha persistido en México debido a que esta contribuye en buena medida a la alimentación de las familias PESA (2007).

El traspatio es considerado también como un agroecosistema, y ha sido incluido en programas gubernamentales con el fin de mejorar la seguridad alimentaria y contribuir a la reducción de la pobreza (González, Pérez, Ocampo, Paredes y De la Rosa 2014). Este tipo de sistema cuenta con eslabones que la caracterizan y al mismo tiempo aseguran su adaptación a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta que son lugares que valorizan el trabajo de la mujer, son un banco de germoplasma y además de ser explotaciones que requieren poca inversión (Ruiz, Ruiz y Mendoza 2014). Las características de la producción basan principalmente en tamaño, estructura y función, así como el manejo es compartido por los integrantes de la familia, aunque en la mayoría de los casos la responsable de la actividad productiva es de la mujer adulta y son de apoyo los niños y ancianos, debido a esto se considera una mano de obra marginal ya que no se percibe una retribución económica (PESA, 2007).

La avicultura de traspatio en México, posee conocimientos con mucha antigüedad los cuales pueden dar aportes importantes a la avicultura moderna principalmente en el campo de la genética; así como ser un modelo para el desarrollo de modernas técnicas de producción avícola orgánica (Cuca-García, Gutiérrez-Arenas y López-Pérez, 2018) este tipo de producción tiene diferentes características y a su vez una gran similitud con la de otros países.

Infraestructura

Bajo condiciones de traspatio el tamaño del gallinero está en función de la cantidad de aves que se pueden criar y de la disponibilidad de terreno de la vivienda, un gallinero con una superficie de 7 m² es suficiente para criar 20 gallinas (Cuca-García et al. 2018) comúnmente los gallineros están hechos de varas, barrotes, tablas y láminas, aunque cabe mencionar que en algunos de los casos no se cuenta con corrales que proteja a los animales de los cambios climáticos, las aves pernoctan en árboles o arbustos que se encuentran en los traspacios PESA (2007) esta característica lo confirman las investigaciones realizadas en gran parte del país, como lo demuestra el estudio realizado por Ruiz et al. (2014) en Chiapas encontraron que las unidades de producción familiar no cuentan con infraestructura para el manejo de las aves, de tal manera que el 68.4 % de la población solo cuenta con el patio para el manejo de los animales.

Equipo

Los accesorios utilizados dentro en los traspacios generalmente son: utensilios de cocinas como bebederos, utilizan comederos comerciales, llantas y también comederos de madera, aluminio y tienen otro tipo que van desde canoas de cemento, hasta alimentación directamente en el suelo (Ruiz et al. 2014).

Razas

La especie más común en el sistema de producción de traspatio son principalmente las gallinas PESA (2007) aunque a través de los siglos y a pesar de la mortandad, las gallinas introducidas por los españoles han logrado sobrevivir, actualmente las gallinas criollas de los campesinos se han cruzado sucesivamente con pollos provenientes de los sistemas comerciales, que aunado a la introducción de paquetes de aves “mejoradas” como Rhode Island y New Hampshire han deteriorado progresivamente su potencial genético para producir en campo abierto o pastoreo volviéndose cada vez más independientes de insumos externos y vacunas; se considera que esto es un error ya que las gallinas criollas han resistido enfermedades y pueden proporcionar a la investigación aves con una gran variabilidad genética útil para obtener resistentes (Cuca-García et al. 2018).

La población de gallinas criollas en México deriva de varios fenotipos entre los que se pueden señalar las gallinas avadas o empedradas, cuello pelón, amarillas, negras

coloreadas y otras menos comunes como las de plumas encrespadas (chinas), copetonas, barbadas o quizá las de plumas en las patas, traídas de la NAO de china del oriente, cabe mencionar que las estirpes mejoradas han sustituido en gran parte a las gallinas criollas debido a su mayor producción, lo que afecta la variabilidad genética y supervivencia de estas. Por eso esta actividad debe realizarse con cautela ya que, a pesar de tener una mayor productividad, estos animales tienen en la mayoría de los casos una base genética muy estrecha y son muy susceptibles a enfermedades, por el contrario, los animales locales están adaptadas a cada región donde se crían, son resistentes a enfermedades y su variabilidad genética es amplia (Cuca-García et al. 2018).

Un estudio realizado por Ruiz et al. (2014) en Chiapas, obtuvo que con respecto a las especies que se manejan dentro de los traspatios, las gallinas (*Gallus gallus*) ocupan el primer lugar, en segundo lugar, se encuentran los guajolotes (*Meleagris gallopavo*) y en tercer lugar los patos (*Cairina moschata*), de la especie *Gallus gallus* se tuvo en promedio que las unidades de producción contaban con 14 gallinas, 15 pollitos y 1 gallo.

En Yucatán el 97.3 % de las familias con aves tienen gallinas criollas Gutiérrez *et al* (2007).

Alimentación

Para la alimentación se utilizan granos, producto de la misma unidad de producción familiar también las aves, de día pastorean libremente en el traspatio consumiendo hierbas, insectos, larvas y desperdicios de cocina (PESA, 2007) pero todas las unidades de producción suplementan a las aves, con el maíz utilizado en un 100 % de las UP (Ruiz et al. 2014).

Métodos de prevención y control de enfermedades

En el sistema de producción familiar se tiene poco o nulo manejo sanitario, cabe mencionar que en 1958 durante el congreso mundial de avicultura celebrado en México se presentó un trabajo relacionado con los parásitos externos que presentaban las gallinas criollas de diferentes áreas rurales del país y se encontraron corucos de las perchas (*Dermanyssus gallinae*), los que viven en las aves (*Ornithonyssus sylviarum*) diferentes tipos de piojos de la familia Mallophaga, chinches (*Argas persicus*) y pulgas

(*Echidnophaga gallinacea*). También se han encontrado ácaros que producen la sarna como *Knemidocoptes mutans*. Las principales enfermedades detectadas en el medio rural son New Castle, Viruela, y Cólera Aviar, respiratorias y gastrointestinales (Cuca-García et al. 2018).

Destino del producto

En el sistema de producción de traspatio se obtienen como productos; los huevos de las gallinas y la carne ya que las aves son producidas con doble propósito, únicamente el 8 % dedican su producción a la venta con venta ocasional cuando se necesitan recursos económicos o como obsequios en celebraciones sociales y más del 80 % de los productores destinan su producción al autoconsumo, por lo que este sistema es más de subsistencia. En promedio las familias consumen carne de pollo y huevo 1.5 y 3 veces por semana (Gutiérrez et al. 2007).

Factores limitantes y potenciales para el desarrollo de la avicultura familiar.

La urbanización afecta la ganadería familiar, principalmente en las cabeceras municipales en donde incluso existen edictos que prohíben cualquier tipo de actividad ganadera en las cercanías del palacio municipal. Por otra parte, la generación de ingresos de este tipo de ganadería y el precio de venta del ganado de traspatio no es un criterio determinante de la permanencia de esta actividad (Camacho, Lira, Ramírez, López, y Arcos, 2006).

III. METODOLOGÍA

3.1. Ubicación del estudio.

El estudio se realizó en la localidad de Ahuatitla, municipio de San Felipe Orizatlán estado de Hidalgo, se localiza a 98° 39' 54" al Norte y 21° 9' 54" al Oeste a 240 msnm, se ubica dentro de la Huasteca Hidalguense que es la región más baja de la entidad. De acuerdo a la clasificación de Koppen modificada por García (2004) el clima presente es C (m) (f) es decir, Semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (71.0%) y Semicálido húmedo con lluvias todo el año (29.0%), una temperatura media anual de 22-23°C y una precipitación anual de 1400-2100 mm, el tipo de suelo dominante es leptosoles (75.0%), vertisoles (16.32%) y phaeozem (7.0%) Prontuario (2009), la vegetación es verde y muy variada: árboles de fina madera como cedro, la caoba y el ébano; arbustos, yerbas y pastos, también es rica en frutas tropicales como: naranja, plátano, tamarindo, mamey, cacao, café y caña de azúcar, su fauna es abundante (garzas, tordos, alondras, cotorras, palomas y colibríes) entre otros.

3.2. Manejo del experimento

3.2.1. Construcción de la infraestructura y equipos.

Se construyó una galera con dimensiones de 6 x 5 m y 5 m de altura, para el techo se utilizó lámina galvanizada, dentro de esta se instalaron 12 jaulas de 1 m² c/u y una altura 1.20 m, con tela gallinera hexagonal calibre 22, los pasillos de 80 cm, la iluminación del área se realizó con lámparas incandescentes de 60 watts en cada jaula, que a la vez sirvieron para dar calor a las aves, además, con el fin de mantener la temperatura idónea se colocaron cortinas de polietileno que rodearon la galera las cuales se ajustaban según las necesidades de los pollos. Los principales equipos utilizados fueron, comederos de tolva con capacidad de cuatro kilogramos de alimento y bebederos de plástico para cuatro litros de agua.

Previa a la llegada de los pollitos se realizó una desinfección del área con agua, jabón de polvo y cloro, así como también se encalaron los muros de las jaulas.

3.2.2. Cuidados del cultivo de moringa

Se utilizaron plantas de moringa de cuatro años de edad establecidas en el año 2014 en la localidad de estudio, el área ocupada por las plantas fue de 0.5 ha donde 400 plantas de moringa que se encuentran intercaladas en una plantación de naranja.

Para ello se realizaron actividades como el control de maleza que se llevó a cabo de manera manual, utilizando como única herramienta un machete, esta actividad fue con la finalidad de despejar el cultivo y permitir la entrada de luz solar y con el fin de uniformizar la producción de biomasa forrajera para el experimento se realizó la poda de las plantas a un metro de altura.

3.2.3. Cosecha y deshidratación de la moringa.

La cosecha del forraje se inició cuando los rebrotes tuvieron cuatro semanas de edad, y se realizó de manera manual, cortando las ramas obteniendo aproximadamente 10 kilogramos de follaje fresco en cada cosecha en un promedio de 50 plantas. Se realizaron un total de 14 cosechas con las que se obtuvieron 30 kg de follaje para la elaboración de las dietas. También se realizó la separación manual de ramas y hojas para su posterior lavado con abundante agua a fin de obtener un follaje limpio, La deshidratación del follaje cosechado se realizó mediante deshidratadores rústicos, donde el follaje se distribuyó en capas delgadas sobre malla y se tapó con un nailon negro a fin de evitar el contacto directo del follaje con los rayos solares, pero que a su vez permitió la mayor concentración de calor para la deshidratación. se consideró un periodo de deshidratación de 48 horas, en las cuales se realizaron cuatro volteos del follaje durante el transcurso de cada día a fin de lograr una deshidratación uniforme, este procedimiento se repitió en cada cosecha.

Cabe hacer mención que también se recabó follaje en fresco de moringa con productores de traspatio de dicho lugar y localidades vecinas, a fin de acumular la cantidad de producto necesario (56 kg).

3.2.4. Obtención de harina de hoja de Moringa

Una vez que se contó con el total de follaje necesario, se procedió a la elaboración de la harina mediante un molino manual y al contar finalmente con la harina total, se

realizó una mezcla homogénea de todo el producto tomando una muestra de 200 g, para su análisis bromatológico en la Universidad Autónoma de Chapingo.

3.2.5. Estimación de los requerimientos nutricionales

Para la determinación de los requerimientos nutricionales de los pollos de engorda se realizó mediante la consulta de la tabla: Requerimientos nutricionales de los pollos de engorde como porcentajes o unidades por kilogramo de dieta (90 por ciento de materia seca) del NRC (1994), esta fue una herramienta útil y confiable para la formulación de las dietas.

3.2.6. Balanceo de las dietas

Para el balanceo de las dietas se utilizó la técnica de Programación Lineal Determinística (PLD) y el modelo Simplex, en el cual la función objetivo fue el costo de los ingredientes de las dietas. Las restricciones fueron en función a los consumos máximos y mínimos de cada ingrediente.

3.2.7. Elaboración de dietas

Para la obtención de las dietas experimentales, se utilizó un alimento base al que se hizo la inclusión de moringa de tal manera que el tratamiento uno contiene 0 % moringa (TSM) el segundo 10 % (T10M) y el tercero 20 % (T20M), para evaluarse en la etapa de crecimiento de las aves. Las dietas se elaboraron de acuerdo a los requerimientos nutricionales del pollo de engorde referido por el NRC (1994), en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, donde las herramientas utilizadas fueron; una pala y una báscula digital.

En la siguiente tabla 6 se muestran los ingredientes que se utilizaron para la elaboración de las dietas para pollos de engorde que se emplearon en el experimento.

Tabla 6. Proporción de ingredientes de tres dietas con diferentes concentraciones de moringa (g/ kg de dieta).

Ingredientes	Tratamientos		
	TSM (0%)	T10M (10%)	T20M (20%)
Harina de maíz	66	58	50
Harina de pasta de soya	39	34	30
Sal común	0	0.5	0.5
Harina de moringa	0	11	21
Carbonato de Ca	2.1	2	19
Grasa vegetal	4.8	6	7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Contenido nutricional de tres dietas con la inclusión de diferentes concentraciones de moringa (0%, 10%, 20%).

Nutrientes	Tratamientos (dietas)		
	TSM (0%)	T10M (10%)	T20M (20%)
Energía Metabolizable (M cal)	3200	3200	3200
Proteína cruda (%)	20	20	20
Ca (%)	0.9	0.9	0.900
Fósforo (%)	0.386	0.352	0.319
Metionina (%)	0.317	0.310	0.302
Lisina (%)	1.071	1.110	1.150
Treonina (%)	0.757	0.779	0.801
Triptofano (%)	0.288	0.277	0.265

Fuente: Elaboración propia.

3.2.8. Manejo y alimentación de las aves

Se preparó un espacio para el recibimiento de los pollos de cinco días de edad, con una cama de viruta de un espesor de 5 cm aproximadamente, en el cual se alojaron todos los pollitos durante los 10 primeros días, la alimentación de las aves en este periodo fue con alimento comercial, posteriormente se trasladaron los pollos en tres áreas diferentes para un proceso de adaptación de cada tratamiento, iniciando con un 20 % de la dieta experimental y 80 % de alimento comercial y así sucesivamente hasta el 100 % de dieta experimental.

Al culminar el proceso de adaptación se realizó el pesaje de todos los pollos así mismo la identificación de cada uno colocando una etiqueta en las patas con la adscripción del número de tratamiento, repetición y animal correspondiente, posteriormente se alojaron siete pollos en cada jaula de manera aleatoria.

En cada jaula se colocó un bebedero con agua y un comedero con la dieta correspondiente, el agua y el alimento se ofreció a libre exceso, durante el experimento se monitoreó a las aves tomando en cuenta que contaran con agua limpia y alimentación suficiente.

En cuanto al plan sanitario, se aplicó la vacuna de la triple aviar preventiva a los dos días de haber llegado las aves y un refuerzo a los 20 días, también se les suministro antibiótico en el agua por síntomas de tos en algunos animales.

3.2.9. Tratamientos en estudio

Se evaluaron tres tratamientos:

TSM: Alimento base con 0 % de moringa,

T10M: Alimento base con inclusión del 10 % de moringa y

T20M: Alimento base con inclusión del 20 % de moringa.

3.2.10. Diseño Experimental y análisis estadístico

Se utilizaron 84 pollos de la raza Roos de dos semanas de edad, sexo mixto, los que fueron distribuidos mediante un diseño completamente aleatorizado (DCA) en tres tratamientos con cuatro repeticiones y siete aves por repetición dando un total de 28 aves por tratamiento. Los datos obtenidos se analizaron utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS ver 9.3. y se realizaron pruebas de comparación de medias

cuando se encontraron diferencias entre los tratamientos considerando un nivel de significancia de 0.05.

3.2.11. Descripción de las variables en estudio

El consumo promedio de alimento diario (CPAD) se calculó mediante el método convencional de la diferencia entre la cantidad de alimento ofrecido y el alimento residual dividido entre la unidad experimental (UE) en un período de 24 h expresado en gramos consumidos por animal por día (Quintana, 1999).

$$\text{CPAD} = \frac{\text{Alimento ofrecido por día (g)} - \text{Alimento rechazado por día (g)}}{\text{UE}} \quad (1)$$

La ganancia de peso promedio diario (GPPD) se obtuvo mediante la diferencia del peso obtenido de la semana de evaluación y el peso inicial o anterior de cada ave, dividido entre los siete días de la semana, expresado en gramos (Quintana, 1999).

$$\text{GPPD} = \frac{\text{Peso Final (g)} - \text{Peso Inicial (g)}}{7} \quad (2)$$

La conversión alimenticia (CAPD) se calculó a partir del consumo promedio de alimento diario dividido entre la ganancia de peso promedio diario (Quintana, 1999).

$$\text{CAPD} = \frac{\text{CPAD}}{\text{GPPD}} \quad (3)$$

Eficiencia alimenticia promedio por día (EAPD) se obtuvo de la GPPD dividido entre el CPAD y multiplicado por 100 (Quintana, 1999).

$$\text{EA}^{-1} = \frac{\text{GPPD}}{\text{CPAD}} \times 100 \quad (4)$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultado del análisis químico proximal

En la tabla 14 se muestran los resultados del análisis químico proximal de la moringa y que a continuación se describen cada uno de los compuestos.

Proteína

El valor encontrado del contenido de proteína bruta fue de 23.33 % el cual es superior a lo que encontraron Abou-Elezz, Sarmiento-Franco, Santos-Ricalde y Solorio-Sánchez (2011) quienes en un estudio evaluaron efectos nutricionales de la inclusión dietética de harina de hojas de *Leucaena leucocephala* y *Moringa oleifera* en el comportamiento de gallinas Rhode Island Red, encontraron que el contenido de proteína bruta fue de 19.76%, la diferencia numérica es poco y puede atribuirse a varios factores tales como la edad de la planta, la fertilidad del suelo y el método de preparación; por otro lado Gómez et al. (2016), reportan valores de 23.69 % respecto al contenido de proteína bruta, como puede notarse es similar a encontrado en esta investigación. Estos valores se encuentran dentro del rango obtenido por Guzmán-Maldonado et al. (2015) donde indican resultados de 21 % a 24.7 %, datos que coinciden con lo presentado por Garavito (2008) con 24.99 %, cabe mencionar que esta moringa fue producida bajo un clima cálido semiseco con temperaturas que varían entre los 22 y los 35 °C, así mismo Gadzirayi, Masamha, Mupangwa y Washay (2012) analizaron moringa producida al natural con precipitaciones anuales de 750- 1000 mm con temperaturas suaves en invierno en el que encontraron 25.1 % de proteína, Ramírez-Acosta, Sánchez-Chiprés, Jiménez-Plascencia, Juárez-Woo y Rendón-Guizar (2017) obtuvieron 26.24 % de dicho nutriente.

Lo anterior muestra que esta planta puede ser cultivada en distintas latitudes y altitudes sin que esto signifique cambios en el contenido de proteína, se puede observar que el valor obtenido está dentro de los rangos reportados por otros autores. Cabe hacer mención que la determinación de este nutriente es de importancia en la nutrición animal debido a que se le considera uno de los nutrientes principales, como lo informa el NRC (1994) debido a que en la etapa de crecimiento de los pollos de engorda hay un requerimiento de un 20 % de proteína en la dieta.

En la siguiente tabla 8 se resumen los datos, anteriormente mencionados, de estudios realizados en diversos países, así como en algunos estados de la república mexicana, considerando que las diferencias son debido al manejo del cultivo, así como del clima donde fueron se desarrollaron.

Tabla 8. Contenido de proteína en la harina de las hojas de moringa comparado con los resultados de diferentes autores.

Autores	Procedencia de la Moringa	Pb %
Valor experimental	Ahuatitla Oriz. Hidalgo	23.33
Garavito (2008)	Melgar, Tolima Colombia	24.99
Gadzirayi et al. (2012)	Bindura, Zimbabwe	25.10
Guzmán-Maldonado et al. (2015) *	Celaya Guanajuato.	21.1- 24.7
Gómez et al. (2016)	Formosa Argentina	23.69
Ramírez-Acosta et al. (2017)	Guadalajara Jal.	26.24
Abou-Elezz et al. (2011)	Mérida Yucatán	19.76

* En plantas de diferente tamaño.

Fuente: Elaboración propia con datos propios y de diversos autores.

Fibra bruta

El estudio arrojo un resultado de 21.40 % de fibra bruta este comparándolo con valores obtenidos en otras investigaciones tabla 10, se puede apreciar que el dato es superior a los reportados por Gómez et al. (2016) y por Ramírez-Acosta (2017) sin embargo son inferiores por los resultados referidos de Garavito (2008), Gadzirayi et al. (2012) y Guzmán-Maldonado et al. (2015). Estos datos permiten observar que el valor experimental de la fibra bruta se encuentra entre los rangos que reporta la literatura como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Contenido de fibra bruta en la harina de las hojas de moringa comparado con los resultados de diferentes autores.

Autores	Fibra bruta %
Valor experimental	21.40
Garavito (2008)	23.60
Gadzirayi et al. (2012)	22.50
Guzmán-Maldonado et al. (2015)	25.8 - 30.6
Gómez et al. (2016)	4,45
Ramírez-Acosta et al. (2017)	7.42

Fuente: Elaboración propia con datos propios y de diversos autores.

Grasa cruda

El contenido de grasa de los forrajes es bajo, su valor está representado principalmente por el contenido de cera y otros compuestos, los análisis realizados arrojaron un contenido de grasa cruda de 4.89 % al realizar un comparativo con los datos referidos por algunos autores tabla 10, se puede notar que este valor se encuentra dentro de los rangos aceptables ya que es similar con lo reportado por Garavito (2008) con 4.62 %, por Gómez et al. (2016) con 4,42 % y por Ramírez-Acosta et al. (2017) con 4.66 %, pero es inferior a los datos obtenidos por Gadzirayi et al. (2012) con 5.40 % y por Guzmán-Maldonado et al. (2015) que reporta un rango de 5.5 - 7.4 % siendo estos últimos los más altos.

Tabla 10. Contenido de grasa cruda en la harina de las hojas de moringa comparado con los resultados de diferentes autores.

Autores	Grasa cruda %
Valor experimental	4.89
Garavito (2008)	4.62
Gadzirayi et al. (2012)	5.40
Guzmán-Maldonado et al. (2015)	5.5 - 7.4

Gómez et al. (2016)	4,42
Ramírez-Acosta (2017)	4.66

Fuente: Elaboración propia con datos propios y de diversos autores.

Cenizas

El análisis de residuos inorgánicos o contenido de cenizas fue de 9.28 %, dato que se observa en la tabla 11, que es similar a lo reportado por Ramírez-Acosta et al. (2017) con un valor de 9.98 % y por Abou-Elezz et al. (2011) con 9.61 % pero, se encuentra inferior a los datos referidos por Garavito (2008) con 10.42 %, por Guzmán-Maldonado et al. (2015) con un rango de 12.3 - 13.8 % y por Gadzirayi et al. (2012) con 15 % como se puede apreciar que estos dos últimos datos son los más altos, donde las plantas de moringa fueron producidas en Bindura, Zimbabwe y en Zelaya Guanajuato México.

Tabla 11. Contenido de cenizas en la harina de las hojas de moringa comparado con los resultados de diferentes autores.

Autores	Cenizas %
Valor experimental	9.28
Garavito (2008)	10.42
Gadzirayi et al. (2012)	15
Guzmán-Maldonado et al. (2015)	12.3 - 13.8
Ramírez-Acosta et al. (2017)	9.98
Abou-Elezz et al. (2011)	9.61

Fuente: Elaboración propia con datos propios y de diversos autores.

Carbohidratos

El contenido de carbohidratos de la moringa del presente estudio fue de 35.64 % que al observar la tabla 12, se puede notar que este valor comparte similitud con lo que reportan Guzmán-Maldonado et al. (2015) en el que analizaron plantas de diferentes altura en Celaya México teniendo resultados de 26.9 - 35.3% así como con Garavito (2008) quien obtuvo 36.37 % sin embargo, es menor de casi 10 % del resultado de

Ramírez-Acosta et al. (2017) de 44.9 % quienes lo reportan como ELN (extracto libre de nitrógeno).

Tabla 12. Contenido de Carbohidratos en la harina de las hojas de moringa comparado con los resultados de diferentes autores.

Autores	Carbohidratos %
Valor experimental	35.64
Garavito (2008)	36.37
Guzmán-Maldonado et al. (2015)	26.9 - 35.3
Ramírez-Acosta et al. (2017)	44.9

Fuente: Elaboración propia con datos propios y de diversos autores.

Energía

La energía Metabolizable estimada en este estudio como se observa en la tabla 13 fue de 2111 kcal /kg MS, este valor comparado con lo que reportan Garavito (2008) y Gómez et al. (2016) con 3390 kcal /kg y 230 kcal kg respectivamente, el contenido energético es inferior, sin embargo, se puede considerar que dadas las características de este tipo de planta es un valor aceptable. El NRC (1994) informa que en los pollos de engorda requieren 3.200 kcal/kg en las tres etapas de productivas de los pollos de engorde.

Tabla 13. Análisis proximal (% MS) de harina de hoja de moringa.

Proteína bruta %	Fibra bruta %	Grasa bruta %	Cenizas %	Carbohidratos %	EM kcal /kg MS-1
23.33	21.40	4.89	9.28	35.64	2111

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Contenido de minerales

Fosforo.

Para este elemento el análisis indicó una concentración de 0.12 % como se muestra en la tabla 15, este valor refleja una gran similitud con lo que obtuvieron Maida, Farooq, Raziya, Umer, Kasi y Nadeem (2005), quienes estudiaron moringa de tres diferentes regiones agroclimáticas de Punjab Pakistán en el que, en la aldea de Chenabnager fue de 0.11 %, en la aldea Bahawalnager 0.12 %, y en la aldea de Sadiqabad fue de 0.14 %, sin embargo estos valores son inferiores a lo que encontraron Abou-Elezz et al. (2011) que fue de 0.24 % en Mérida Yucatán; cabe hacer mención que este microelemento es importante para las aves ya que además de su función en la formación ósea, también se requiere en el metabolismo energético y en la estructuración de componentes de las células (NRC, 1994).

Calcio

En cuanto a la concentración de Calcio en el presente trabajo se obtuvo 0.51 %, valor que se encuentra inferior a los datos obtenidos por Maida et al. (2005) que se encuentran en un rango de 1.89 % a 2.63 % de plantas de tres diferentes regiones, así mismo con Abou-Elezz et al. (2011) con 2.13 % y por Guzmán-Maldonado et al. (2015) presentan resultados con presencias altas de este mineral en la moringa de 2.79, 3.44 a 4.3 %. El NRC (1994) indica un requerimiento de Ca de 0.9 % en los pollos de engorda en etapa de crecimiento.

Cobre

Respecto al contenido de Cobre en la moringa el resultado que se obtuvo es de 6.25 ppm como se muestra en la Tabla 14, al realizar un comparativo con lo que reportan Maida et al. (2005) este valor se aproxima a lo que obtuvieron del estudio realizado en la moringa cultivada en la aldea de Chenabnager que fue de 7.3 ppm, cabe mencionar que dicho valor es el más bajo que encontraron analizando moringa de tres diferentes aldeas de Punjab Pakistán. según el NRC (1994) en su tabla requerimientos nutricionales de los pollos de engorde, los pollos en etapa de crecimiento las aves requieren 8 mg de Cu por kilogramo de dieta.

Zinc

El NRC (1994) reporta que las aves en la etapa de crecimiento requieren 40 mg de Zinc por kilogramo de dieta y en el presente estudio resultó con 11.38 ppm de zinc en la hoja de moringa, al realizar un comparativo con el trabajo de Maida et al. (2005) se puede observar que el valor obtenido se encuentra inferior a los datos de estos autores ya que la menor concentración encontrada fue de 20.9 ppm.

Hierro

En la tabla 14 se puede observar que Maida et al. (2005) en su investigación presentan datos de hierro en moringa de tres regiones de Pakistán, valores que se encuentran en un rango de 205 ppm a 573 ppm, estos superan al resultado en el presente estudio, el mismo comportamiento se presenta con los resultados de Guzmán-Maldonado et al. (2015) quienes analizaron hoja de moringa de plantas de diferentes alturas en el estado de Celaya Guanajuato.

Sodio

El contenido de sodio fue de 2753.23 ppm, este resultado supera a lo referido por Maida et al. (2005) quienes en su trabajo encontraron valores de 1635, 2721 y 2591 ppm. Cabe mencionar que el sodio es un mineral importante en la alimentación de pollos de engorde como lo refiere el NRC (1994) se necesitan 0.15 % de este mineral en un kilogramo de dieta para la etapa de crecimiento.

Potasio

La necesidad de potasio en los pollos en crecimiento según el NRC (1994) es de 0.30 % por kilogramo de dieta, y en el presente estudio resultó un contenido de 315.59 ppm este valor es inferior a los resultados de Maida et al. (2005) que fueron de 20982 ppm, 19732 ppm y 24387 ppm.

Magnesio

Para el Magnesio el resultado es de 243.09 ppm, este valor supera al doble a los obtenidos por Maida et al. (2005) como lo muestra la tabla 14, este mineral es de importancia en la alimentación de las aves debido a que según el NRC (1994) se requieren 600 mg por kilogramo de dieta.

Los datos anteriores descritos brindan un panorama amplio del contenido de minerales de la moringa que se produce en la Huasteca Hidalguense, comparado con

las concentraciones de plantas de otras regiones dentro de la república mexicana, así como de países como Pakistán, en el cual se puede notar que la concentración es muy variable de acuerdo a la región donde se cultiva esta planta, en la siguiente tabla se presentan los datos mencionados.

Tabla 14. Contenido de minerales en la harina de hojas de moringa comparado con los resultados de diferentes autores.

Autores	Minerales							
	Fósforo %	Calcio %	Cobre ppm	Zinc ppm	Hierro ppm	Sodio ppm	Potasio ppm	Magnesio ppm
Valor experimental	0.12	0.51	6.25	11.38	82.63	2753.23	315.59	243.09
Maida et al (2005)*	0.11, 0.12 y 0.14	1.89, 2.63 y 2.29	7.3, 9.5 y 11.2	20.9, 25.9 y 34.1	205, 397 y 573	1635, 2721 y 2591	20982, 19732 y 24387	100, 98.2 y 109
Guzmán- Maldonado et al. (2015) **	-----	2.79, 3.44 y 4.3	-----	-----	176, 321 y 215	-----	-----	-----
Abou-Elezz et al. (2011) Mérida Yucatán.	0.24	2.13	-----	-----	-----	-----	-----	-----

*De tres diferentes regiones agroclimáticas de Punjab Pakistán.

** Celaya Guanajuato. (árboles de diferente tamaño)

Fuente: Elaboración propia con datos propios y de diversos autores.

4.3. Evaluación de los parámetros productivos

En los siguientes cuadros se presentan los valores obtenidos por semana de la evaluación de dietas de diferentes niveles de inclusión de moringa en pollos de engorda en etapa de crecimiento mediante variables productivas.

Para la primera semana de evaluación, se observó que para la variable CPAD hubo una mayor aceptación en el tratamiento T20M ($P < 0.05$) con la que se aprecia que a menor contenido de moringa se reduce el consumo de alimento por las aves. Mientras que para las variables GPPD ($\bar{X} 26.23 \pm 11.81$) y CAPD ($\bar{X} 4.80 \pm 4.69$) no se encontró diferencia estadística entre los tratamientos por otra parte, se observó que existe una mayor eficiencia alimenticia cuando las aves se alimentan del tratamiento que no contiene moringa ($P < 0.05$) estos resultados se muestran en la tabla 15.

Tabla 15. Respuesta de pollos de engorda en etapa de crecimiento alimentados con diferentes concentraciones de moringa, en la primera semana de estudio.

Tratamientos	Consumo de alimento (g/d)	Ganancia de peso (g/d)	Conversión alimenticia (g/g)	Eficiencia alimenticia (%)
TSM	73.39 ± 9.29^c	27.93 ± 13.47^a	5.17 ± 8.3^a	39.14 ± 19.73^a
T10M	84.92 ± 6.67^b	28.99 ± 14.37^a	4.05 ± 2.9^a	34.41 ± 16.95^b
T20M	94.78 ± 0.80^a	21.75 ± 7.59^a	5.19 ± 2.9^a	22.92 ± 7.96^b

Medias con la misma literal no son estadísticamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia.

En la segunda semana de estudio se observó que al igual que la primera, la mejor aceptación de CPAD fue con el T20M ($P < 0.05$) sin embargo en este tratamiento se mantiene en vez de incrementar de acuerdo a la etapa de los pollos, encontrando una mayor GPPD con el TSM (28.88 ± 10.44^a), por otro lado, la CAPD con mejor valor se obtuvo con el T10M y una mayor EAPD con el TSM como se puede observar en la tabla 16.

Tabla 16. Respuesta de pollos de engorda en etapa de crecimiento alimentados con diferentes concentraciones de moringa en la segunda semana de estudio.

Tratamientos	Consumo de alimento (g/d)	Ganancia de peso (g/d)	Conversión alimenticia (g/g)	Eficiencia alimenticia (%)
TSM	80.86±21.81 ^b	28.88 ± 10.44 ^a	4.11±5.53 ^a	36.36± 14.18 ^a
T10M	85.59 ± 28.02 ^b	24.12 ± 8.88 ^a	4.50±3.29 ^a	32.39± 17.79 ^a
T20M	146.45±13.39 ^a	21.25 ± 9.78 ^b	13.18±23.60 ^b	14.58±6.64 ^b

Medias con la misma literal no son estadísticamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia.

En la tercera semana con respecto a la variable CPAD ($P < 0.05$) se encontró nuevamente un mayor valor con el T20M sin embargo con este tratamiento la GPPD disminuye drásticamente, afectando a la CAPD con valor negativo y a su vez la EAPD. Por lo que se puede apreciar que la mejor GPPD ($P < 0.05$) fue con el TSM, así como la CAPP y la EAPD como se puede apreciar en la tabla 17.

Tabla 17. Respuesta de pollos de engorda en etapa de crecimiento alimentados con diferentes concentraciones de moringa, en la tercera semana de estudio.

Tratamientos	Consumo de alimento (g/d)	Ganancia de peso (g/d)	Conversión alimenticia (g/g)	Eficiencia alimenticia (%)
TSM	68.91 ± 21.84 ^b	20.38±14.36 ^a	11.81±57.35 ^c	25.71±21.59 ^a
T10M	60.34± 13.59 ^b	7.93±16.75 ^a	4.71± 12.37 ^b	12.39± 27.45 ^b
T20M	88.15±6.41 ^a	6.47±11.21 ^b	-23.17± 144.30 ^a	7.16± 13.00 ^b

Medias con la misma literal no son estadísticamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia.

Las variables evaluadas, el CPAD en las tres semanas de estudio se obtuvieron valores altos que superan a lo referido por Rentería (2007) en su manual práctico del pollo de engorde, quien presenta consumos apropiados para la etapa de crecimiento en pollos de engorda de 78 g, 100 g y 128 g por día por ave, en las tres semanas respectivamente, lo mismo sucede con lo que reporta el NRC (1994). Cabe mencionar que el TSM fue el que presentó consumos más cercanos a los de dichas referencias. Por otro lado, aparentemente hay un mayor consumo en el T10M sin embargo no es como se observan los datos debido a que las aves que consumieron esta dieta manifestaron un comportamiento de selectividad en el alimento ocasionando que este fuera arrojado al suelo por las mismas aves figurando un mayor consumo.

En la GPPD se obtuvieron valores menores a lo que refiere Rentería (2007) quien presenta valores de peso promedio a la etapa de crecimiento de 45.71g, 55.71g y 67.14g por ave por día en las tres semanas respectivas. Sin embargo, en este estudio las aves que se alimentaron con la dieta con mayor concentración de moringa (T20M) se encontró el valor más bajo con 6.47g pollo-1 en la última semana de la etapa de crecimiento, encontrando que las dietas que contenían moringa fueron las que menos GPPD alcanzaron. Este comportamiento presentado en las aves se puede atribuir a la selectividad en el alimento, también que las dietas no suministraron una calidad nutricional que permitiera un buen funcionamiento fisiológico y se obtuvieran las ganancias de peso acordes a la edad y raza de las aves que a su vez se vio impactada en dicho parámetro productivo, siendo este de gran importancia en la producción de carne. Cabe mencionar que Melesse, Tiruneh y Negesse (2011) evaluaron el efecto de la alimentación con concentraciones de 2, 4 y 6% de *Moringa stenopetala* a pollos Rhode Island Red en clima tropical, reportan que la ganancia de peso promedio en las aves alimentadas con moringa, fue mayor que las aves del grupo control, estos resultados pudieron ser a que las concentraciones evaluadas fueron menores a las del presente estudio. También Ramírez-Acosta et al. (2017) evaluaron la inclusión de la moringa sobre parámetros productivos e inmunológicos en pollos de engorda donde la ganancia de peso total promedio fue superior en las aves que consumieron 10% con 78g de diferencia al grupo de 20% y con 59g de diferencia con las aves que no consumieron moringa.

Con respecto a la conversión de alimento promedio diario, en el presente estudio se ve afectada por las GPPD y CPAD; cabe mencionar que Mendiola et al. (2015) en su investigación en pollos de engorda encontraron la mejor conversión alimenticia de 2.02 con alimento convencional contra 2,28 con el tratamiento con moringa al 1%. Ramírez-Acosta et al. (2017) también evaluaron la inclusión de la moringa en pollos de engorda donde sus resultados mostraron que el grupo control fue mayor la conversión alimenticia que el grupo con 10 y 20% de moringa, sin embargo, no hubo deferencias estadísticamente significativas ($p>0.05$) entre tratamientos.

V. CONCLUSIONES

- El contenido nutricional de la Moringa oleífera utilizada en este trabajo se encuentra dentro de los rangos de valores obtenidos por autores de México y de otros países, por lo que se puede concluir de que es un contenido aceptable.
- La inclusión de moringa en las dietas para pollos de engorda en etapa de crecimiento, en cantidades mayores al 10 % incrementa el consumo de alimento, sin embargo, la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia disminuyen drásticamente conforme avanza el tiempo.

VI. LIMITANTES Y RECOMENDACIONES

- El sistema tradicional con el que se cultiva la moringa en la Huasteca Hidalguense, pudo haber interferido en el contenido bajo de los minerales Ca, Zn, Fe, y K.
- Se recomienda a los productores de traspatio quienes tienen la posibilidad de incluir la moringa en las dietas para pollos, no incluir más del 10% para evitar dichas pérdidas y poder aprovechar las propiedades como es el caso de la proteína.
- Se sugiere evaluar los tratamientos con moringa en la etapa de finalización (semana de 6 a 8 de edad) de pollos de engorda para el contraste de resultados.

VII. LITERATURA CITADA

- Acero Godínez M. G. (2017). Centro de ciencias agropecuarias departamento de disciplinas pecuarias. Manual de prácticas de Bromatología. Universidad Autónoma de Aguas Calientes Jesús María. Aguas Calientes. México.
- Abou-Elezz F. M. K., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R. y Solorio-Sanchez, F. (2011). Efectos nutricionales de la inclusión dietética de harina de hojas de *Leucaena leucocephala* y *Moringa oleifera* en el comportamiento de gallinas Rhode Island Red. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45 (2), 163-170.
- Angulo Asensio, E. (2009). Fisiología aviar. Ediciones de Universitat de Lleida (2009).
- Barbado, J. L. (2004). Cría de aves. Gallinas ponedoras y pollos oparrilleros. Buenos Aires Argentina
- Cabrera Núñez, A. (2014). Manual de prácticas de Nutrición animal. Universidad Veracruzana. Facultad de ciencias biológicas y agropecuarias. Tuxpan, Veracruz, México.
- Camacho Escobar, M. A., Iira Torres, I., Ramirez Cancino, L., López Pozos, R., & Arcos Garcia, J. L. (2006). La avicultura de traspatio en la costa de Oaxaca México. *Ciencia y mar*. 2006, X (28), 3-1. Recuperado de <http://bibliotecas.umar.mx/publicaciones/avicultura%20Ciencia%20y%20Mar%202006.pdf>
- Contreras, S., Monsalvo, E., Miranda, E., Mayz, G., & Pérez, C. (2015). Pollos de engorde. Recuperado de <http://propollos5c.blogspot.com/2015/03/razas.html>
- Cuca-García J.M., Gutiérrez-Arenas D.A. & López-Pérez E. (2018). La avicultura de traspatio en México: Historia y caracterización. *AGROPRODUCTIVIDAD*, 8 (4) 30-36.
- D' Alessandro, J. (2018) El pollo hoy. Mitos y realidades. Avicultura. Recuperado de <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/pollo-hoy-mitos-realidades-t42545.htm>



- Estrada-Hernández, O., Hernández-Rodríguez, O., & Guerrero-Prieto, V. (2016). Múltiples formas de aprovechar los beneficios de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. TECNOCIENCIA Chihuahua, X (2), 102.
- FAO (1993). Manual de técnicas para laboratorio de nutrición de peces y crustáceos. programa cooperativo gubernamental FAO – Italia. México, D.F. recuperado de <http://www.fao.org/3/AB489S/AB489S00.htm#TOC>
- Farrell, D. (2013). Función de las aves de corral en la nutrición humana. FAO. REVISIÓN DEL DESARROLLO AVÍCOLA, 2. Recuperado de <http://www.fao.org/3/al709s/al709s00.pdf>
- Gadzirayi, B. Masamha, JF Mupangwa y S. Washay (2012). Rendimiento de pollos de engorde alimentados con Moringa oleifera madura Harina de hoja como un suplemento proteico a la harina de soja. Revista Internacional de Ciencia Avícola. 11 (1): 5-10.
- Garavito (2008). Moringa Oleífera, alimento ecológico para ganado vacuno, porcino, equino, aves y peces, para alimentación humana, también para producción de etanol y biodiesel. Corporacion ecologica Agronadera SA Colombia.
- Gómez, N.I., Rébak, G., Fernández, R., Sindik, M., y Sanz, P. (2016). Comportamiento productivo de pollos parrilleros alimentados con Moringa oleifera en Formosa, Argentina. Revista Veterinaria, 27 (1):8.
- González Ortiz, F., Pérez Magaña, A., Ocampo Fletes, I., Paredes Sánchez, J., & De la Rosa Reñaloza, P. (2014). Contribuciones de la producción en traspatio a los grupos domésticos campesinos. Estudios Sociales 44, 147.
- Infosiap (2018). Avance acumulado de la producción pecuaria. Hidalgo. recuperado de http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceEdo
- INEGI (2007). Panorama agropecuario en Hidalgo. Censo agropecuario 2007. Recuperado de

http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/agropecuario/2007/panora_agrop/hgo/PanoagroHgo.pdf

JICA e INATEC (2016). Manual del protagonista. Nutrición animal. Nicaragua. Recuperado de

https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual_de_Nutricion_Animal.pdf

Liñán Tobías F. (2010). Moringa oleífera el árbol de nutrición. Ciencia y salud virtual. 2 (1), 130-138.

Maida Aslam, Farooq Anwar, Raziya Nadeem, Umer Rashid, TG Kazi y M. Nadeem, 2005. Composición mineral de hojas y vainas de Moringa oleífera de diferentes regiones de Punjab, Pakistán. Asian Journal of Plant Sciences, 4: 417-421.

Mc Donald, E., & Greenhalgh, M. (1999). Nutrición animal. Quinta edición. ACRIBIA S.A.

Melesse, A., Tiruneh, w. y Negesse, T. (2011). Efecto de la alimentación con harina de hoja de Moringa stenopetala sobre el consumo de nutrientes y comportamiento productivo de pollos Rhode Island Red en clima tropical. Tropical and subtropical agroecosystems, 14 (2011): 485- 492.

Mendiola, J. M. & Aguirre Rojas, R. (2015). Evaluación preliminar de la adición de moringa (moringa oleífera) en la alimentación de pollos parrilleros. Universidad cristiana de Bolivia. Recuperado de http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/ucs/n14/n14_a09.pdf

Mora, J. S., & Gacharná, N. (2015). El arbol milagroso. La moringa oleífera. Biodiversidad Colombia 50-57. recuperado de https://ziladoc.com/download/el-arbol-milagroso-la-moringa-oleifera_pdf#

National Research Council. (1994). Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition, 1994. Washington, DC: The National. Recuperado: <http://www.nap.edu/catalog/2114.html>



Nuestro-México, (2019). Sitio web. <http://www.nuestro-mexico.com/Hidalgo/San-Felipe-Orizatlan/Ahuatitla/>

Peralta, F., Maldonado Enriquez, E. &, y Centeno Zúñiga, M. I. (2015). Manual de prácticas de los laboratorios de alimentos. Bromatología. Universidad Autónoma de Tabasco. México.

Pérez Ángel, R., De la Cruz Benítez J. O., Vázquez García E. & Francisco Obregón J. (2010). Moringa oleifera, una alternativa forrajera en Sinaloa. Recuperado de https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjL3MHFg5LkAhUC5awKHQvIAVwQFjAAegQIABAC&url=https%3A%2F%2Fwww.fps.org.mx%2Fportal%2Findex.php%2Fcomponent%2Fphocadownload%2Fcategory%2F32pecuaria%3Fdownload%3D142%3Amoringa-oleifera-una-nueva-alternativa-forrajera-para-sinaloa&usg=AOvVaw1-YtLRlwLillpQGhvViUy_

Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N., & Reyes, F. (2010). Características y potencialidades de Moringa oleifera, Lamark: Una alternativa para la alimentación animal. Pastos y Forrajes, 33. (4), 1-16.

PESA (2007). Programa especial para la seguridad alimentaria. Producción y manejo de aves de traspatio. México: FAO-SAGARPA.

Regioneshgo, (2014). <http://regioneshgolie.blogspot.com/2014/11/caracteristicas-de-las-regiones-de.html>

Pond W.G., Church D.C. y Pond KR. (2002). Fundamentos de la nutrición y alimentación de animales. México: segunda edición: LIMUSA. Primera edición.

Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos San Felipe Orizatlán, Hidalgo Clave geoestadística 13046 2009.

Pym, R. (2013). Manejo y alojamiento de las parvadas que se alimentan parcialmente con desechos. FAO. REVISIÓN DEL DESARROLLO AVÍCOLA, 44-46. ISBN 978-92-5-308067-0.



- Quintana, J. A. (1999). Definiciones y Formulas en la elaboración e interpretación de los registros. Avitecna: manejo de las aves domésticas más comunes, (3ª ed.). México: Trillas. Pp14-16.
- Ramírez-Acosta, Mariana, Sánchez-Chiprés, David Román, Jiménez-Plascencia, Cecilia, Juárez-Woo, Carlos y Rendón-Guizar, Jesús Ignacio (2017). Evaluación de la inclusión de la hoja Moringa oleifera sobre parámetros productivos e inmunológicos en pollos de engorda. Revista de la Invención Técnica.1 (3) 34-42.
- Renteria Maglioni, O. (2007). Manual práctico del pollo de engorde. Recuperado de: <https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiQgIGm43kAhUPOa0KHYYViAV0QFjAAegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Fpqr.valledelcauca.gov.co%2Fagricultura%2Fdescargar.php%3Fid%3D2333&usg=AOvVaw3uSe65-B4h-Jw6VsEuoWT7&cshid=1566158724609768>
- Romero Medina A., Orozco Campo R. y Meleán R. (2014). Costos de producción en la cría de pollos de engorde. Revista venezolana de gerencia. 9 (28), 431-450.
- Ruiz H., Ruiz B. y Mendoza P. (2014). Caracterización del sistema de producción de aves detraspatio del municipio de pantepec, CHIAPAS. Actas Iberoamericanas de Conservación Animal, 4 (2014) 41-43.
- SIAP (2018). Atlas Agroalimentario 2012-2018. Primera edición 2018. Ciudad de México, México. Recuperado de https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018
- SAGARPA, ASERCA Y CIMA (2018). Reporte del mercado de carne de pollo 2018. Recuperado de https://www.cima.aserca.gob.mx/work/models/cima/pdf/cadena/2018/Reporte_mercado_pollo_050618.pdf
- Salvador Horacio Guzmán-Maldonado, Alfredo Zamarripa-Colmenares y Lesly Guadalupe Hernández-Duran (2015). Calidad nutrimental y nutraceutica de hoja



de moringa proveniente de árboles de diferente altura. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Vol.6 (2):320.

Shimada Miyasaka A. (2003). Nutrición animal. México: primera edición. TRILLAS.

UNA (2019,16 de junio). Union nacional de avicultores. Situacion de la avicultura mexicana. Recuperado de <http://www.una.org.mx/index.php/component/content/article/15-panorama/3-avicultura>

UNAM y SAGARPA (2012). Sistema de costos, eficiencia y competitividad de los sistemas pecuarios en México. Resultados e informe del sistema de aves de engorda encuesta 2011. México. recuperado de https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj9j9uU0JDkAhUDWqwKHabUB4EQFjAAegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Fwww.sicec.unam.mx%2Fapp%2Fwebroot%2Ffiles%2Farchivos_portal%2FarchSISEC224609.pdf&usq=AOvVaw2AteG4PCaeG-iiYRPEpqLz

Ventura da Silva M. (2013). Mercadeo. FAO. REVISIÓN DEL DESARROLLO AVÍCOLA, 17-19. Recuperado de <http://www.fao.org/3/i3531s/i3531s.pdf>

VIII. ANEXOS



Imagen 1. Cosecha de la hoja de moringa



Imagen 2. Separación de hojas y ramas



Imagen 3. Deshidratación de la hoja moringa



Imagen 4. Pulverización de la hoja de moringa deshidratada



Imagen 5. Harina de hoja de moringa



Imagen 6. Elaboración de dietas experimentales



Imagen 7. Jaulas utilizadas en el estudio.



Imagen 8. Pesaje e identificación de los pollos



Imagen 9. Instalación de pollos en las jaulas



Imagen 10. Distribución de los tratamientos



Imagen 11. Pesaje de pollos.



Imagen 12. Alimentación de las aves

Imagen 13. Resultados del análisis químico proximal de la harina de hoja de Moringa.

Resultados de análisis de una muestra de <i>Moringa oleifera</i>	
Contenido	Cantidad
Energía bruta, Kcal kgMS-1	4264.29
Energía metabolizable, kcal kgMS-1	2111
Humedad, %	5.46
Cenizas, %	9.28
Materia orgánica, %	90.72
Proteína bruta, %	23.33
Grasa bruta, %	4.89
Fibra bruta, %	21.40
Carbohidratos, %	35.64
Nutrientes digeribles totales, %	58.39
Fósforo, %	0.12
Calcio, %	0.51
Cobre, ppm	6.25
Zinc, ppm	11.38
Hierro, ppm	82.63
Sodio, ppm	2753.23
Potasio, ppm	315.54
Magnesio, ppm	243.09

M.C. José Orlando Jiménez Paez