



**INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS
Y FORESTALES**

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
CON OPCIÓN TERMINAL EN AREA PECUARIA**

TESIS

**EVALUACIÓN DE ALIMENTOS NO CONVENCIONALES COMO
ALTERNATIVA PARA INDUCIR PELECHA EN GALLINAS
PONEDORAS**

Para obtener el grado de Maestro en Producción Agropecuaria

Que Presenta:

MVZ. Emmanuel Miranda Landa

DIRECTOR

Dr. Aureliano Juárez Caratachea

CO-DIRECTOR

MC. Ruy Ortiz Rodríguez

ASESORES

Dr. Daniel Val Arreola

Dra. Ernestina Gutiérrez Vázquez

Dra. Melba Ramírez González

MORELIA, MICHOACÁN, MÉXICO. NOVIEMBRE DE 2022



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS
Y FORESTALES

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
CON OPCIÓN TERMINAL EN AREA PECUARIA**

**EVALUACIÓN DE ALIMENTOS NO CONVENCIONALES COMO
ALTERNATIVA PARA INDUCIR PELECHA EN GALLINAS
PONEDORAS**

TESIS

QUE PRESENTA:

MVZ. Emmanuel Miranda Landa

Como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRO EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

MORELIA, MICHOACÁN, MÉXICO. NOVIEMBRE DE 2022

DEDICATORIA

A mis padres José Miranda Delgado y Evelia Landa Morales, quienes me apoyaron y se sacrificaron para darme una educación, por sus consejos y enseñanzas, por la motivación constante que me dan, por su amor que nunca me dejó caer y que estuvieron conmigo siempre para ayudarme a levantarme.

A mis hermanos, porque a pesar de nuestras diferencias de pensamiento, nunca me han dejado solo y siempre me han apoyado a pesar de las adversidades.

A los cuales externo mi cariño y agradecimiento por su confianza, consejos y apoyo que me han brindado a lo largo de mi vida.

¡Gracias por todo!

AGRADECIMIENTOS

Externo mi agradecimiento a las instituciones que fueron parte fundamental para la realización de este trabajo de tesis, entre ellas:

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico para la realización de mis estudios de posgrado.

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el apoyo brindado al facilitar sus instalaciones para el desarrollo experimental del trabajo de investigación.

Al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) por haber brindado la oportunidad de continuar con mi preparación profesional.

Así mismo, a mi comité tutorial que me acompañó durante el proceso y desarrollo del trabajo de investigación:

Al MC. Ruy Ortiz Rodríguez por todo su apoyo, consejos, enseñanzas y sobre todo por su paciencia a lo largo éste proceso.

Al Dr. Aureliano Juárez Caratachea por brindarme su confianza y la oportunidad de continuar con mi preparación profesional.

Al Dr. Daniel Val Arreola por sus consejos, orientación y apoyo bridado para la culminación del presente trabajo de tesis.

A la Dra. Ernestina Gutiérrez Vázquez por sus enseñanzas, comentarios y aportaciones para enriquecer el presente trabajo.

Al Dra. Melba Ramírez González por sus observaciones y consejos aportados para la realización el presente trabajo.

A todos ellos, no solo agradezco las aportaciones al presente trabajo; también agradezco la amistad brindada a lo largo de mi formación profesional.

¡Gracias!

ÍNDICE

I. RESUMEN.....	1
II. ABSTRACT	2
III. INTRODUCCIÓN	3
IV. MARCO TEÓRICO GENERAL	4
4.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA AVICULTURA DE POSTURA	4
4.2. CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LA GALLINA	6
4.3. PELECHA	7
4.4. PELECHA NATURAL E INDUCIDA	8
4.4.1. Pelecha natural.....	8
4.4.2. Pelecha inducida	8
4.4.3. Métodos de pelecha inducida.....	9
4.5. FISIOLOGÍA DE LA PELECHA.....	9
4.5.1. Mecanismos fisiológicos y hormonales de la pelecha.....	10
4.6. JUSTIFICACIÓN Y BENEFICIOS DE LA PELECHA	13
4.6.1. Motivos para realizar una muda inducida.....	13
4.6.2. Ventajas y desventajas de la pelecha	13
4.7. PROBLEMAS POST PELECHA Y ESTRATEGIAS PARA SU CONTROL	14
4.8. LA PELECHA, EL ESTRÉS Y EL BIENESTAR ANIMAL	14
4.8.1. Estrés.....	14
4.8.2. Indicadores de medición del estrés utilizados en aves.....	15
4.9. ALIMENTOS NO CONVENCIONALES COMO ESTRATEGIA PARA LA PELECHA O MUDA FORZADA.....	17
V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
VI. HIPÓTESIS	19
VII. OBJETIVO GENERAL.....	19

VIII. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
IX. MATERIAL Y MÉTODOS	20
X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
ETAPA 1: Evaluación de alimentos no convencionales como alternativa para inducir pelecha en gallinas ponedoras	22
<i>Pérdida de peso de gallinas en fase de pelecha</i>	22
<i>Consumo de alimento de pelecha</i>	25
<i>Cese de postura</i>	28
<i>Intervalo pelecha-reinicio de postura</i>	30
<i>Peso del huevo al reiniciar postura</i>	31
<i>Producción de huevo</i>	33
ETAPA 2: Efecto del consumo voluntario de alimento post-pelecha sobre la presentación de buche penduloso	34
XI. CONCLUSIONES	37
XII. BIBLIOGRAFÍA	38
XIII. ANEXO	45

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ventajas y desventajas de la pelecha.....	13
Cuadro 2. Causas más comunes de estrés y su categorización	15
Cuadro 3. Número de tratamientos por grupo de gallinas	20
Cuadro 4. Análisis bromatológicos de los alimentos no convencionales	21
Cuadro 5. Medias de mínimos cuadrados del peso (g) de las gallinas en la fase de inducción a pelecha de acuerdo con el tratamiento y al día de pesaje.....	22
Cuadro 6. Medias de mínimos cuadrados de pérdida de peso corporal de las gallinas (g y %) al finalizar la pelecha de acuerdo con el tratamiento	24
Cuadro 7. Medias de mínimos cuadrados para el consumo de alimento día ⁻¹ gallina ⁻¹ de acuerdo con el tratamiento y al genotipo.....	25
Cuadro 8. Medias de mínimos cuadrados para el tiempo de cese de postura post-inicio de pelecha de acuerdo con el tratamiento y el genotipo de las gallinas.	29
Cuadro 9. Análisis de efectos fijos para intervalo pelecha-reinicio de postura	30
Cuadro 10. Medias de mínimas para el intervalo pelecha-reinicio de postura de acuerdo con el genotipo de la gallina y tratamiento.....	30
Cuadro 11. Medias de mínimas para el peso del huevo al romper postura de acuerdo con el genotipo de la gallina y tratamiento.....	32
Cuadro 12. Medias de mínimas para la producción de huevos de las gallinas en 58 días después de romper postura de acuerdo con el genotipo de la gallina y tratamiento.....	33
Cuadro 13. Medias de mínimos cuadrados para el consumo voluntario de alimento de gallinas de acuerdo con el tratamiento y días post-pelecha.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pérdida de peso (A) y tasa de pérdida de peso (B) de gallinas durante la inducción de la pelecha de acuerdo con el tratamiento	24
Figura 2. Dinámica del consumo de alimento gallina ⁻¹ día ⁻¹ Tratamiento ⁻¹ durante los 16 días de la fase experimental.....	27
Figura 3. Estimación del comportamiento del intervalo pelecha rompimiento de postura de acuerdo con el peso de la gallina al romper postura y al tratamiento.....	31
Figura 4. Estimación del comportamiento del peso del huevo de acuerdo con el peso de la gallina al romper postura	32
Figura 5. Consumo voluntario de alimento de gallinas post-pelecha de acuerdo con el tratamiento, grupo y día.....	35
Figura 6. Probabilidades de incidencia de buche penduloso de acuerdo al número de gallinas.....	36

I. RESUMEN

La pelecha es un proceso fisiológico que ocurre de manera natural en las aves, durante este tiempo reducen drásticamente la ingestión de alimento sólido y, por consecuencia de ello, pierden peso corporal, suspenden la producción de huevos, renuevan el plumaje y regeneran la funcionalidad de su aparato reproductor. En la industria avícola, esta práctica se induce, pues es una herramienta de gestión para extender el rendimiento de la parvada. Si bien, la restricción total de alimento ha sido la forma más efectiva de inducir pelecha, en la actualidad es ilegal por razones de bienestar animal, pues dicho método ocasiona un severo estrés en las gallinas. Por ello, se han estudiado muchos métodos alternativos para reemplazar el programa de eliminación de alimento. Los métodos alternativos generalmente inducen muda con el uso de manipulaciones dietéticas para crear el desequilibrio de un nutriente o nutrientes en particular. Sin embargo, el método de pelecha debe ser: simple de aplicar, de bajo costo, de baja mortalidad y provocar un alto rendimiento productivo posteriormente. De aquí que, en el presente trabajo se evaluaron diferentes alimentos no convencionales (nopal, morera, botón de oro y zanahoria) como inductores de pelecha en gallinas ponedoras. Se utilizaron 64 gallinas (32 raza Rhode Island Rojas y 32 Plymouth Rock Barradas) con registro de 60 semanas de postura y 80 semanas de edad. Con el total de gallinas se conformaron cuatro tratamientos (T), 16 gallinas/T (8 gallinas de cada genotipo): T1 nopal (*Opuntia ficus-indica*) en base fresca (BF); T2, hojas de morera (*Morus alba*) en harina (MH); T3, hojas de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en harina (HB); T4, bagazo de zanahoria (*Daucus carota*) en harina (HZ). El suministro de alimento y el peso corporal de las gallinas/tratamiento fueron controlados hasta que perdieron entre 25 y 30% de masa corporal. Se evaluó en cada grupo y gallina: peso (kg) vivo inicial (PVI), pérdida de peso (PP) cada cuatro días, peso vivo post-pelecha (PVpp), consumo de alimento (g) de pelecha (CAp), cese de postura (CP) en días, intervalo pelecha-reinicio de postura (IPrp) en días, peso vivo al reiniciar postura (PVrp), peso (g) del huevo (PH), producción de huevos (PHu) en unidades. La información recabada se analizó estadísticamente mediante la metodología de mediciones repetidas a través de los modelos de efectos fijos y las diferencias entre tratamientos se obtuvieron a través de medias de mínimos cuadrados (LsMeans, siglas en inglés) a un $\alpha = 0.05$. Se encontró efecto del tratamiento sobre CAp, cuyo promedio general de dicha variable fue de 11.0 ± 0.18 g de alimento al día y en PH con promedio general 32.1 ± 9.0 unidades de huevo en 58 días. El tratamiento con nopal mostró mejores resultados: CAp (21.3 g) al día, PH (35.7 u) e IPrp (20.7 días), ello en comparación con el resto de los tratamientos analizados. De acuerdo con los resultados se puede inducir pelecha sin poner en riesgo la integridad física de las gallinas, con la dieta a base de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en base fresca, pues es un alimento con poca densidad proteica y mayor humedad y por ello, el periodo de pelecha en las gallinas se logra en 16 días; periodo similar al que se obtiene induciendo la pelecha con la privación total de alimento.

Palabras clave: replume, nopal, morera, botón de oro, zanahoria.

II. ABSTRACT

Moulting is a physiological process that occurs naturally in birds; during this time, the birds drastically reduce the intake of solid food and, consequently, lose bodyweights and egg production, renew plumage and regenerate the functionality of your reproductive system. In the poultry industry, this practice is a common management tool to extend the flock's performance. Although total feed restriction has been the most effective way to induce molting, it is currently illegal for animal welfare reasons, as this method causes severe stress in hens. Therefore, many alternative methods have been studied to replace the feed elimination program. Alternative methods generally induce moult using dietary restriction to create the imbalance of a particular nutrient or nutrients. However, any method must be simple, low cost, low mortality, and later cause a high production yield. Hence, in the present work, different unconventional foods (nopal, mulberry, tree marigold, and carrot) were evaluated as inducers of molting in laying hens. 64 hens (32 Rhode Island Red breed and 32 Plymouth Rock Barred) with a record of 60 weeks of laying and 80 weeks of age were used. With the total number of hens, four treatments (T) were formed, 16 hens/T (8 hens of each genotype): T1 nopal (*Opuntia ficus-indica*) on a fresh basis (BF); T2, white mulberry meal (*Morus alba*) in flour (MF); T3, tree marigold leaves meal (*Tithonia diversifolia*) (BF); T4, carrot bagasse meal (*Daucus carota*) in flour (CF). Hens' feed supply and body weight/treatment were monitored until they lost 25-30% body mass. The following were evaluated in each group and hen: initial live weight (kg) (ILW), weight loss (WL) every four days, post-molting live weight (LWpm), feed consumption (g) of molting (FCm), cessation of lay (CL) in days, interval molt-restart lay (IMrl) in days, live weight at the restart of laying (LWrl), weight (g) of the egg (WE), egg production (EPu) in units. The information collected was statistically analyzed using the repeated measurements methodology through fixed effects models, and the differences between treatments were obtained through least-squares means (LsMeans) at $\alpha = 0.05$. A result of the treatment was found on FCm, whose general average of such variable was 11.0 ± 0.18 g of food per day, and EP with a general average of 32.1 ± 9.0 egg units in 58 days. The nopal treatment showed better results: FCm (21.3 g) per day, EP (35.7 u), and LWrl (20.7 days), compared to the rest of the treatments analyzed. According to the results, molting can be induced without putting the physical integrity of the hens at risk, with a diet based on nopal (*Opuntia ficus-indica*) on a fresh basis since it is a food with low protein density and higher humidity and, therefore, the shedding period in hens is achieved in 16 days; period similar to that obtained by inducing molting with total food deprivation.

Keywords: moult, nopal, white mulberry, tree marigold , carrot.

III. INTRODUCCIÓN

La muda en especies de aves se define como el desprendimiento periódico y el reemplazo de plumas. Para la mayoría de las especies silvestres de aves y gallinas domésticas, también está relacionado con el rejuvenecimiento reproductivo en el que cesa la producción de huevos y el tracto reproductivo muestra un proceso de regresión. La industria ha utilizado la muda forzada para rejuvenecer las parvadas durante un segundo ciclo de puesta de huevos para aumentar las ganancias (Ayasi *et al.*, 2016).

Las técnicas de inducción de pelecha convencionales consisten en la restricción total de alimento, provocando con ello un elevado estrés en las aves, sin embargo, estas técnicas en la actualidad no pueden ser utilizadas porque contraviene la normatividad del bienestar animal, lo que de acuerdo con Chanaksorn *et al.*, (2019) y Wein *et al.*, (2020) provoca un detrimento severo para el bienestar animal y es por ello que se está trabajando en la implementación de nuevos métodos que no implican la restricción total de alimento, sino, mediante la manipulación de nutrientes en la dieta que no provoquen un elevado estrés en el ave.

Los mejores programas tienen que ser capaces de hacer producir a la parvada lo más rápido posible, de manera uniforme y con baja mortalidad, además tiene que ser económico y de fácil aplicación. De acuerdo con lo anterior, se han sugerido varias técnicas que pueden inducir efectivamente la muda y que no utilizan el ayuno. Estos métodos alternativos utilizan manipulaciones dietéticas para crear un desequilibrio de nutrientes con alimentos de baja energía y bajo contenido de calcio (Gongruttananun *et al.*, 2017).

Es por ello que en la presente investigación se utilizaron diferentes alimentos no convencionales como: nopal fresco (*Opuntia ficus-indica*), harina de morera (*Morus alba*), harina de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y harina de bagazo de zanahoria (*Daucus carota*) para medir su efecto en la inducción de la pelecha en gallinas ponedoras.

IV. MARCO TEÓRICO GENERAL

4.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA AVICULTURA DE POSTURA

La avicultura en México es una de las actividades pecuarias que tienen relevancia, el Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y Soberanía Alimentaria-CEDRSSA (2019), señala que, la actividad avícola presenta la mayor tasa de crecimiento dentro de las actividades agrícolas, pecuarias y pesqueras y constituye un sector fundamental de la producción de alimentos y un importante elemento dentro de la dieta de gran parte de la población del país, pues es clave para abatir el hambre y aumentar el consumo de proteína de la población nacional. Este Centro indica que la población de menores ingresos destina al menos el 7.4% de sus gastos en la compra de carne de ave y 6.2% en la compra de huevo, así mismo señalan que estimaciones de la USDA indica que para 2025 se necesitarán más de un millón de toneladas de carne de ave para cubrir la demanda, ya que se estima que 5 de cada 10 mexicanos incluyen en su dieta carne de pollo y huevo.

En 2019 la avicultura mexicana aportó el 0.89% en el PIB total, el 28.01% en el PIB agropecuario y el 36.6% en el PIB pecuario. En cuanto a la producción de huevo en México, esta fue superior a las 2.9 millones de toneladas al cierre de 2019. Actualmente los mayores estados productores de huevo en el país son: Jalisco, Puebla, Sonora, la Laguna (Coahuila y Durango), Yucatán, Nuevo León, San Luis Potosí, Sinaloa y Guanajuato. El consumo *per cápita* de huevo fresco en 2019 fue de 22.95 kg y para 2020 llegó a 23 kg *per cápita*. Actualmente, México es el principal consumidor de huevo a nivel mundial. En segundo lugar, se encuentra Rusia con 18.44 kg, en tercer lugar, Colombia con 18.31 kg, Argentina en el cuarto lugar con 16.94 kg. y en quinto lugar Nueva Zelanda con 16.19 kg (UNA, 2021).

En cuanto a mercado y consumo, la avicultura en México ha tenido un desarrollo importante en los últimos años y hoy es una de las industrias de gran auge, compitiendo con las empresas norteamericanas en calidad y presentación tanto de carne como de huevo. Actualmente el sector avícola es una rama de la ganadería que ha alcanzado un nivel tecnológico de eficiencia y productividad, que puede compararse con la de países desarrollados, ajustándose rápidamente a los niveles demandados por la población (Guzmán y Rodríguez, 2018). De acuerdo con la Unión Nacional de Avicultores (UNA,

2021), durante 2019 la industria avícola continuó siendo la actividad pecuaria más dinámica del país, actualmente representa 63.3% de la producción pecuaria en México, donde 6 de cada 10 kg. son alimentos avícolas como pollo, huevo y pavo.

Hernández (2018), señala que en México existen tres sistemas de producción, diferenciados con base en el esquema tecnológico que las unidades de producción utilizan: el tecnificado, el semitecnificado y el de traspatio o rural.

- Sistema tecnificado; este se enfoca en el abasto a grandes zonas urbanas, utilizan los adelantos tecnológicos disponibles a escala mundial, muestran un grado de integración total desde el inicio del proceso con la crianza de aves progenitoras hasta el término del proceso productivo, cuentan con fábricas de alimentos balanceados, laboratorios de diagnóstico y ofertan servicios técnicos que ayudan a mantener altos niveles de calidad sanitaria.
- Sistema semitecnificado; se caracteriza porque canaliza su producción a mercados micro-regionales, estos sistemas se encuentran prácticamente en todo el país, las compañías del sistema tecnificado son las que proveen los pollos recién nacidos, presenta algunas deficiencias en la calidad de los alimentos, las instalaciones y el control sanitario en general; tiene mayores costos de producción, y es muy vulnerable ante los cambios de precio y demanda además de carecer de servicio técnico.
- Sistema de traspatio o rurales; es el de mayor tradición en México, su participación nacional es mínima, ya que es de autoabastecimiento, por lo que no se vincula al mercado nacional. Aporta alrededor del 10 % de la producción del país, este sistema carece de alta tecnología, por lo tanto, sus parámetros productivos son sumamente bajos.

Por otra parte, en torno a la problemática actual que afectan la avicultura en México, Wyckoff (2021), establece que a pesar de un lento repunte económico y las medidas de emergencia pandémicas en curso que obstaculizan la demanda interna, se espera que la carne de pollo y huevo siguen siendo la proteína animal más popular y asequible para los consumidores mexicanos. También establece que, en 2021 se espera que aumenten la producción, el consumo, las importaciones y las exportaciones de huevos y productos de huevo, pues durante la pandemia en curso, los huevos y los productos a base de huevo

experimentaron una fuerte demanda de los hogares que se quedaban en casa y cocinaban más, así como de las operaciones de horneado.

Shwedel (2010) señala que la industria avícola ha tenido que enfrentar un mercado caracterizado por una alta volatilidad tanto en los precios de los insumos (granos y harina de oleaginosas), como en los precios del producto final. Ésta volatilidad se ha atribuido a la demanda creciente de carnes en los países en desarrollo, principalmente de países asiáticos, a la desviación de granos y oleaginosas a la producción de biocombustible y a la debilidad del dólar estadounidense, lo cual determina la posición competitiva de los países productores, así como el margen de operación de los avicultores. Lo cual puede verse en la quiebra de granjas o la adquisición de empresas para la integración de grandes conglomerados, regionalizando la producción, lo cual vuelve a la industria más vulnerable ante los riesgos sanitarios (Shwedel, 2011).

Este mismo autor señala que los aspectos de bienestar animal como uno de los elementos más inmediatos a los cuales la industria avícola de México deberá tomar medidas para mejorarlas, ya que las condiciones de explotación impuestas en las granjas avícolas se caracterizan por su dureza y exigencia. La intensificación de la producción ha modificado las características genéticas y fisiológicas de las aves. Las actuales prácticas de manejo se han sometido a los animales a restricciones de espacio en jaulas de dimensiones reducidas, en las cuales son incapaces de manifestar su comportamiento natural. Estos factores ambientales, producen efectos no deseados como estrés, comportamientos no deseados, enfermedad, frustración y en condiciones extremas, sufrimiento.

Se advierte una tendencia por parte del mercado institucional a imponer condiciones respecto al tratamiento de los animales por parte de sus proveedores y a utilizar estas condiciones como parte de una estrategia de posicionamiento en el mercado, o en mercados diferenciados (Shwedel, 2014). En consecuencia, es importante que los avicultores ajusten la producción y el sacrificio y lideren la formulación de reglamentos de bienestar animal, así como el desarrollar estrategias consecuentes con los nuevos requerimientos del bienestar animal.

4.2. CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LA GALLINA

En las últimas décadas, la evolución de la capacidad productiva de la gallina de postura ha permitido mejoras sustanciales y ello ha generado que los investigadores intenten que

las gallinas produzcan mayor cantidad de huevo/año, con mejor calidad, mayor eficiencia alimentaria, entre otros rasgos de competitividad (Cavero, 2012).

De acuerdo con Canet *et al.* (2012), la madurez productiva, en las gallinas, es definida como el momento en que el ave pone su primer huevo, aproximadamente a las 20 semanas de vida y marca la transición entre una etapa improductiva, la edad juvenil y da inicio al ciclo de producción.

Ramírez *et al.* (2016), describen el ciclo de producción o curva productiva y lo dividen en las siguientes fases:

- a) Fase ascendente, es la que inicia desde el rompimiento de postura, hasta alcanzar el pico máximo de la misma, la cual se alcanza en la semana 28 aproximadamente.
- b) Fase de meseta, esta se caracteriza por mantener la producción en el pico máximo de postura, esto indicando así que se tiene la misma producción desde el inicio hasta concluir la postura.
- c) Fase descendente, la cual se da entre la semana 55 y 60 de edad aproximadamente; aquí la producción disminuye gradualmente a un ritmo cercano de 0.5 a 0.7% a la semana, una de las características más notable de esta fase es el descenso de la calidad física del huevo.

4.3. PELECHA

La pelecha, o también conocida como muda, es un proceso fisiológico natural de las aves silvestres y domésticas, durante el cual las aves dejan de poner, renuevan su plumaje y se preparan para un siguiente ciclo productivo (Hernández, 2018).

En este fenómeno, ocurre un período de cambios metabólicos y fisiológicos en las aves, que conduce al cese de la producción de huevos, es un proceso natural en las aves con reproducción estacional, pero también puede ser inducido en aves domésticas por diversas técnicas de manejo para mejorar producción y calidad del huevo en gallinas mayores (Wolc *et al.*, 2020).

Al final del ciclo de puesta, la producción y la calidad del huevo disminuyen significativamente, lo que lleva a los productores a inducir pelecha para mejorar el rendimiento. Después del período de pelecha, la producción y la calidad del huevo mejoran significativamente en comparación con el periodo antes de la pelecha (Ayasi *et al.*, 2016).

4.4. PELECHA NATURAL E INDUCIDA

Dentro del proceso o fenómeno de la pelecha existen dos tipos: La pelecha natural, con un periodo de duración de 2 a 6 meses que se produce una vez al año en aves silvestres. La pelecha inducida, con un periodo de duración más corto cuyo objetivo es provocar el descanso productivo de la gallina para obtener un segundo ciclo de postura (Rivera, 2015).

4.4.1. Pelecha natural

Wein *et al.* (2020), argumentan que la muda es un evento fisiológico importante en el ciclo de vida anual de muchas especies de aves, y su inicio puede deberse a varios estímulos endógenos y ambientales.

En relación con lo anterior, Torres *et al.* (2018), explican que el proceso de la muda en aves silvestres, es el período en el cual reemplazan total o parcialmente el plumaje, esto ocurre de forma regular a lo largo del ciclo anual del ave, pues implica gran estrés puesto que se ven reducidas las funciones de las plumas como la homotermia, el vuelo, la aerodinámica, el aislamiento, la impermeabilización, la flotabilidad y la exhibición, lo que genera un mayor riesgo de mortalidad. Factores como migración, abundancia y disponibilidad de alimento, cambios de temperatura y humedad, lluvias, fenología de las plantas e incluso cambios hormonales, pueden limitar este periodo y el de la reproducción.

4.4.2. Pelecha inducida

La muda inducida es una herramienta importante utilizada para prolongar los ciclos de producción de gallinas ponedoras por los productores de huevos en granjas avícolas comerciales (Huo *et al.*, 2020).

Esta tiene como primer objetivo alargar el periodo de puesta, lo que puede resultar, bajo ciertas premisas, interesante en términos económicos (Callejo, 2013). Al inducir la muda, la producción de huevos desciende y se interrumpe completamente después de unos diez días, los niveles de progesterona bajan y esto estimula la regeneración del plumaje (Rivera, 2015).

Callejo *et al.* (2012a), mencionan que al transcurrir la vida productiva de un lote de gallinas la intensidad de postura disminuye, hasta el punto que la producción resulta antieconómica. Paralelamente, la calidad física del huevo también se deteriora. Con la

muda forzada se pretende superar este declive natural. Las gallinas inician un segundo ciclo de producción y la calidad del huevo mejora, tanto interna como externa.

4.4.3. Métodos de pelecha inducida

Anteriormente con el objetivo de extender la vida productiva de la gallina, sin emplear la restricción total de alimento para inducir pelecha, se experimentó con alternativas como: dietas bajas en sodio y calcio, bajas en energía y ricas en fibra mediante subproductos como salvado de trigo, cascarilla de arroz o semilla de algodón (Petek y Alpay, 2008), o dietas donde se incrementa el nivel de zinc, yodo o aluminio (Park *et al.*, 2004). Otra alternativa incluye el suministro de tiroxina (T4) por periodos de 12 días u hormonales sintéticos como el acetato de melengestrol, para inhibir la actividad ovárica, a razón de 8 mg por períodos de 6 semanas (Koch *et al.*, 2005 y Koch *et al.*, 2007).

En la actualidad, existen diversos programas de pelecha o muda que se utilizan en la industria avícola de postura, estos enfoques han aplicado estrategias de modificación de la dieta que involucran alimentos alternativos, tales como la harina de yuca, respecto a la cual Gongruttananun *et al.* (2017), reportaron un consumo de 1,622 g en un periodo de pelecha que duró 21 días y el ensilado de maíz acerca del cual Ayasi *et al.* (2016) observaron el consumo de una dieta a base de ensilado de maíz y alimento comercial de 75.2 a 225.3 g durante el proceso de pelecha mismo que duró 9 días. Estos estudios han demostrado que las estrategias de alimentación que involucran alimentos de baja energía y bajo contenido de calcio pueden inducir efectivamente la muda y mejorar los números de producción posteriores a la muda (Bozkurt *et al.*, 2016).

Con base a lo anterior, los mejores programas tienen que ser capaces de hacer producir a la parvada lo más rápido posible, de manera uniforme y con baja mortalidad, además tiene que ser económico y de fácil aplicación. Por ello, se han sugerido varias técnicas que pueden inducir efectivamente la muda y que no utilizan el ayuno. Estos métodos alternativos utilizan manipulaciones dietéticas para crear un desequilibrio de nutrientes con alimentos de baja energía y baja densidad proteica (Gongruttananun *et al.*, 2017).

4.5. FISIOLOGÍA DE LA PELECHA

La muda o pelecha da lugar cuando se rompe el complejo equilibrio del mecanismo neuro-endocrino responsable de la formación del huevo y la ovoposición, por la acción de factores originarios de situaciones de estrés (reducción del fotoperiodo, ayuno,

alimentación inadecuada, etc.) produciendo una serie de alteraciones en la gallina que conducen a una nueva situación hormonal (Callejo, 2013).

En las aves de corral, el estrógeno puede promover el desarrollo y la activación del folículo que involucra su mayor receptor, la progesterona puede estimular el desarrollo del sistema reproductivo y hacer que las gallinas alcancen el período de postura y la alta expresión del receptor de progesterona en el útero, parte muy importante para la formación de cáscara de huevo (Huo *et al.*, 2020).

4.5.1. Mecanismos fisiológicos y hormonales de la pelecha

En el momento que se induce la pelecha, las gallinas entran en estados de reducción que resultan en varias secreciones hormonales, que finalmente conducen a atrofia de los órganos del sistema folicular y reproductivo. Se ha observado una regresión significativa en los pesos de ovario y oviducto en gallinas mudantes (Huo *et al.*, 2020).

Los mecanismos fisiológicos y endocrinológicos asociados al estrés provocado por la pelecha, comprenden complejas interacciones entre estímulos a nivel de hipotálamo, la hipófisis, las gónadas, la tiroides y las glándulas adrenales, los que provocan una caída en la producción de estrógeno, progesterona y hormona luteinizante, que regulan la puesta de huevo y caída de plumas (Rivera, 2015).

El proceso de reemplazo de plumas o muda natural se expresa cuando el ovario se vuelve atrésico, lo que resulta en una disminución de la liberación de estrógenos que interrumpe la activación suprimida existente de las papilas de plumas (Yousaf y Chaudhry, 2008).

Durante el proceso de pelecha, el hipotálamo es afectado por una situación estresante, empieza a liberar de forma importante los factores liberadores de las hormonas adrenocorticotropina (ACTH) y tirotropina (TSH). Estos factores, actúan sobre la hipófisis, liberando ACTH y TSH (Callejo, 2013).

La secreción de estas dos últimas hormonas, por parte de la hipófisis, origina un incremento de su nivel habitual de sangre y, como consecuencia de ello:

1. Una hipertrofia y consiguiente hiperfunción de las glándulas adrenales y de la tiroides.

2. Una ruptura del equilibrio existente, hasta este momento, con las hormonas gonadotropinas hipofisarias foliculoestimulante (FSH) y luteinizante (LH) (Rivas, 2011).

La tiroides cumple un papel determinante en la muda ya que actúa como inductor del proceso. Al incrementarse provoca aumento de tiroxina (T4), hormona que produce la muda; paralelamente tiene un aumento a nivel de triyodotironina (T3), cuyo punto máximo, coincide con el momento en el cual la pérdida de plumas es máxima (Rivera, 2015).

Hernández (2018), claramente establece que la hormona T4 es responsable de la pérdida y el reemplazo de los epitelios), y la hormona T3 es responsable de la pérdida de la pluma en combinación con la pérdida de la actividad estrogénica. Así mismo, los estrógenos son generalmente aceptados como inhibidores de la actividad del folículo de las plumas (Yousaf y Chaudhry, 2008).

Por otra parte, la hiperfunción de las glándulas adrenales provocada por el estrés de la muda, produce un incremento del nivel de corticoides, el cual está ligado con la aparición de la atrofia gonadal y por consecuencia con la suspensión de la puesta. Al margen de esto, se produce una reducción en la liberación de otras hormonas como las gonadotropinas, FSH (maduración de los folículos ováricos) y LH (tiene efecto sobre la ovoposición), por consiguiente, contribuye también a la supresión de la puesta (Callejo, 2013).

De acuerdo con lo expuesto, una importante consecuencia de la modificación de los niveles de las hormonas consideradas y la consiguiente ruptura del equilibrio del nivel de su presencia en sangre, sea, en primer lugar, la atrofia del oviducto y, posteriormente, del ovario. El ovario adquiere un color oscuro y consecuencia directa de esta atrofia gonadal, con necrosis y ruptura de los folículos próximos a la maduración y con la reabsorción del resto, es la supresión de la puesta y la amplitud abdominal se reduce (Rivas, 2011).

A medida que el proceso generador de la muda progresa, se observa en la gallina una pérdida de su peso corporal y, sobre todo, un descenso relativo, más importante, de los pesos de su ovario, oviducto y de su hígado (Callejo, 2013).

A nivel hepático, se incrementa la actividad metabólica, con lo que se movilizan las reservas nutritivas para la generación de energía (gluconeogénesis), se reduce el peso corporal y se reorganiza la estructura tisular del ovario y del oviducto (Hernández, 2018).

La reducción en el peso del ovario depende de la duración del ayuno y la tasa de pérdida de peso corporal. El ovario presenta una regresión total cuando la pérdida de peso corporal es mayor del 25% (Gongruttananun *et al.*, 2017).

Salcedo y Hernández (2019), manifiestan que la reducción en el peso vivo del ave es el resultado de la suma de la regresión del peso del ovario, del oviducto, de las reservas de grasa y de la pérdida de músculo (proteína). La reducción del peso es necesaria para rejuvenecer los tejidos corporales.

La regresión gonadal podría lograrse por completo si las gallinas perdieran su peso corporal en al menos aproximadamente un 25% durante las mudas inducidas. Las mejoras en el rendimiento posterior a la muda estarán relacionadas con un aumento en la pérdida de peso corporal de las gallinas hasta el 31% de su peso corporal original. Las gallinas que perdieron la mayor cantidad de peso corporal exhibieron las mayores mejoras en la calidad de la cáscara de huevo y la mayor producción de huevos en el ciclo de puesta posterior (Gongruttananun *et al.*, 2017).

Por otra parte, Buxade (2000) argumenta que la reducción del peso corporal de las aves más allá del 30% es ineficaz y aumenta la mortalidad durante la muda y el tiempo necesario para volver a la producción de huevo.

Durante la muda el bajo nivel de LH se mantiene, incrementándose cuando el ave empieza la etapa de recuperación. En este momento: es cuando se inicia un nuevo crecimiento del aparato reproductor, primero del ovario y posteriormente, del oviducto para reiniciar la producción (Webster, 2003).

La muda se completa con la formación de nuevas plumas y la regeneración del intestino. Además, en el aparato genital regenerado, maduran los nuevos folículos y se secreta progesterona, que estimula las papilas plumíferas, contribuyendo, de forma decisiva, a la formación del nuevo plumaje (Buxade, 2000).

Después de aplicar la pelecha o muda forzada, el pico de puesta próximo llegará a lo superior a un nivel inferior al 10% del pico de puesta del ciclo anterior. La demanda de alimento es mayor. Primero es precisa la recuperación del ave y de su aparato reproductor;

esto demora dos semanas, y el incremento en la puesta es paulatino, el pico lo alcanza a los 40 ó 50 días posteriores a la primera puesta, y el ciclo viable económicamente de puesta se reduce a 150 días. Por otra parte, la capacidad de conversión de alimento en carne o huevo disminuye en cualquier especie con la edad (Salcedo y Hernández, 2019).

4.6. JUSTIFICACIÓN Y BENEFICIOS DE LA PELECHA

4.6.1. Motivos para realizar una muda inducida

En general, la pelecha se realiza cuando:

- El primer ciclo de postura fue muy bueno
- Hay una demanda elevada de huevo y el precio por kilogramo es mayor
- Empeora prematuramente la calidad del huevo. Ya que, al principio del segundo ciclo, la calidad del huevo mejora, el tamaño en general es mediano, y el grosor del cascarón es mayor
- Existen problemas con la parvada de reemplazo (por ejemplo, se perdió a las aves de reemplazo por enfermedad (Hernández, 2018)).

4.6.2. Ventajas y desventajas de la pelecha

De acuerdo con Rivera (2015), Salcedo y Hernández (2019), en el Cuadro 1, se pueden observar las ventajas y desventajas que puede ofrecer la inducción de pelecha.

Cuadro 1. Ventajas y desventajas de la pelecha

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Alargar el periodo productivo	Incremento de mortalidad
Aumento de tamaño de huevo	Susceptibilidad a enfermedades
Aumento en la calidad de huevo	Corto periodo de producción
Menor costo de la gallina vs pollona	Reducción de producción semanal
Menor necesidad de pollas de reemplazo	Mayor consumo de alimento
Conviene cuando se tiene un excelente precio del huevo	
Conviene cuando es bajo el precio de la gallina de desecho	

Fuente: Rivera (2015) y Salcedo y Hernández (2019)

4.7. PROBLEMAS POST PELECHA Y ESTRATEGIAS PARA SU CONTROL

Como parte del proceso de pelecha inducida, una vez concluido este proceso, se le ofrece a la gallina alimento *ad libitum* para que las aves puedan recuperarse y comiencen un nuevo ciclo de postura, sin embargo, esto representa un problema importante ya que al pasar un periodo de tiempo con restricción de alimento la gallina eleva de manera importante el consumo de alimento en periodo de tiempo corto, y con ello se incrementa la incidencia del buche penduloso. El buche o *ingluvies* es una parte del sistema digestivo del ave el cual sirve como almacén de los alimentos, donde se humedecen y ablandan. El buche tiene mayor desarrollo en las aves que se alimentan a base de granos y alimentos concentrados (Mejía, 2016).

El buche pendular es una condición compleja que afecta a pavos y gallinas, apareciendo como una distensión de la musculatura del buche (Alves *et al.*, 2018). Las patologías del buche no son muy comunes y van desde las ocasionadas por un traumatismo (ingestión de algún objeto punzante o cortante) hasta las producidas por hongos del género *Candida spp.* Estos hongos causan un retraso en el vaciamiento del buche por lo que a veces se puede ver agrandado. Es normal el agrandamiento del buche cuando las aves han estado en una restricción severa ya que compensan el consumo y aquí se acumula tanto alimento como agua (Mejía, 2016).

Por ello, el suministro de sorgo (*Sorghum*) puede ser una opción viable para disminuir este consumo exagerado de alimento por los taninos que contiene. Los taninos son sustancias naturales presentes en el sorgo. Químicamente son polifenoles que funcionan como antioxidantes y contribuyen a mejorar las defensas de los vegetales frente a enfermedades y parásitos (Sosa, 2015). Los taninos deprimen el consumo voluntario debido a que provocan un sabor astringente, amargo o desagradable (Giménez, 2014).

4.8. LA PELECHA, EL ESTRÉS Y EL BIENESTAR ANIMAL

4.8.1. Estrés

De acuerdo con Taylor (2018), quien define el estrés como la tensión provocada por situaciones agobiantes que originan reacciones psicosomáticas o trastornos psicológicos, desde simples hasta graves, este autor clasifica el estrés en varias categorías que se indican en el Cuadro 2, de estos, los que afectan de una manera más importante a las aves son el estrés nutricional y fisiológico. Por otro lado, Medina (2016), menciona que, el término

“estrés” es usado para describir efectos perjudiciales en una variedad de factores en la salud y desempeño de seres vivos, en este caso aves. Además, categoriza los tipos de estrés a los cuales pueden ser susceptibles las aves en explotaciones avícolas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Causas más comunes de estrés y su categorización

CATEGORÍA	EJEMPLO
Estrés climático	Temperaturas extremas (calor y frío extremo).
Estrés ambiental	Ventilación inadecuada. Larga duración de luz en programa de iluminación.
Estrés nutricional	Restricción de agua y alimento
Estrés fisiológico	Madurez sexual e inicio en la producción de huevos (estimulación drástica con alimento y luz)
Estrés físico	Captura y manipulación durante pesaje y vacunas intramusculares. Despique.
Estrés psicológico	Personal operador agresivo.
Estrés social	Gran densidad de población (espacio limitado para comer y beber).

Fuente: Medina (2016) y Taylor (2018)

4.8.2. Indicadores de medición del estrés utilizados en aves

Para conocer mediante determinación cuantitativa el estrés en aves, Taylor (2018) menciona indicadores de medición del estrés cuyas fuentes son: metabolitos de corticosterona en excrementos (fcm), concentración de corticosterona en yema de huevo, concentración de corticosterona en plasma, irregularidades de cáscaras de huevo, heterófilos y proporción de linfocitos (H:L), duración de inmovilidad tónica, grado de desplume debido al picoteo de plumas (pica), canibalismo, determinación de alimento consumido por día y niveles de alta mortalidad.

4.8.3. Bienestar animal

De acuerdo con la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE, 2019), en el Código Sanitario Para Animales Terrestres en el Capítulo VII, estipula que: el término bienestar animal designa el estado físico y mental de un animal en relación con las condiciones en las que vive y muere. Un animal experimenta un buen bienestar si está sano, cómodo, bien alimentado, en seguridad, y si no padece sensaciones desagradables como dolor, miedo o desasosiego y es capaz de expresar comportamientos importantes para su estado de bienestar físico y mental. Un buen bienestar animal requiere prevenir enfermedades,

cuidados veterinarios apropiados, refugio, manejo y nutrición, un entorno estimulante y seguro, una manipulación correcta y el sacrificio o matanza de manera humanitaria.

En el mismo sentido, el Consejo de la Unión Europea en la *Directiva 98/58 / CE del Consejo de 20 de julio de 1998, relativa a la protección de los animales criados con fines agrícolas*, en el apartado de anexos con respecto a edificios y alojamiento establece que:

- a. Los materiales que se utilicen para la construcción de alojamientos y, en particular, para la construcción de corrales y equipos con los que los animales puedan entrar en contacto, no deben ser perjudiciales para los animales y deben poder limpiarse y desinfectarse a fondo.
- b. Los alojamientos y accesorios para sujetar a los animales se construirán y mantendrán de modo que no haya bordes afilados o protuberancias que puedan causar lesiones a los animales.
- c. La circulación del aire, los niveles de polvo, la temperatura, la humedad relativa del aire y las concentraciones de gas deben mantenerse dentro de límites que no sean dañinos para los animales.
- d. Los animales mantenidos en edificios no deben permanecer en la oscuridad permanente o sin un período adecuado de descanso de la iluminación artificial. Cuando la luz natural disponible sea insuficiente para satisfacer las necesidades fisiológicas y etológicas de los animales, se debe proporcionar una iluminación artificial adecuada.

En contraste, los programas de muda forzada, como la práctica de eliminación de alimentos han recibido considerable atención relacionada con el tema del bienestar animal en los últimos años. La muda por este método es estresante y puede aumentar la susceptibilidad a algunas enfermedades, motivo por el cual es severamente criticados por las organizaciones que trabajan por el bienestar animal (Ayasi *et al.*, 2016).

En los últimos años la oposición a este método tradicional, que ha sido utilizado por la industria avícola durante más de medio siglo, ha alentado el desarrollo de métodos alternativos que se abstienen de la retirada de alimentos (Bozkurt *et al.*, 2016).

Por su parte Campos (2000), señala que la muda forzada con ayuno se viene prohibiendo en diferentes países del mundo. Sin embargo, debe quedar claro que las normas de bienestar animal no colocan la muda como una práctica prohibida; lo que no se permite

es la privación de alimento, lo cual fomenta la investigación de programas alternativos a la muda con ayuno.

4.9. ALIMENTOS NO CONVENCIONALES COMO ESTRATEGIA PARA LA PELECHA O MUDA FORZADA

De acuerdo con Ricci (2011), para inducir pelecha, los niveles de proteína en las fórmulas deben ser (bajas) al 8% así como altos en fibra cruda mayores al 7%. En la búsqueda de alternativas, Nakamura-Durán *et al.* (2018) evaluaron la sustitución de 100, 60 y 40% de restricción de la dieta comercial para ponedoras, adicionadas con 24g de nopal (*Opuntia ficus-indica*) para inducir pelecha en gallinas de postura. Los resultados mostraron efecto significativo del tratamiento sobre el tiempo requerido para la pérdida de 25% del peso corporal: 12 ± 2.7 , 18 ± 1.2 y 37.2 ± 8.1 días y la pérdida de peso al día (50 ± 10.1 , 31.6 ± 8.7 y 14.5 ± 7.6 g) para 100, 60 y 40% respectivamente. Con base en ello, se pretende evaluar el efecto de una dieta en su totalidad de nopal como inductor de pelecha.

El nopal es una planta propia del paisaje mexicano y uno de los símbolos más importantes de la nacionalidad. Se produce en 27 entidades federativas del país, destacando el Distrito Federal, y los estados de México, Morelos, San Luis Potosí, Jalisco, Aguascalientes, Hidalgo y Puebla, que aportan casi 95% de la producción nacional (Pérez y Bautista, 2008). En su composición altos niveles de agua, entre 84-93%, pero, presenta bajos niveles de materia seca. En uso como forraje para consumo, la composición proximal, los rangos de materia seca se encuentran entre 10-14%, de proteína bruta de 4-6.4%, de fibra como detergente neutro del 25-35%, de fibra como detergente ácido de 17-23%, de carbohidratos totales del 75-87% y de materia mineral del 6-18% (Torres *et al.*, 2015).

La morera (*Morus alba*) es un árbol que se usa como forraje para el ganado bovino, ovino, caprino y monogástricos (cerdos, aves, conejos). El follaje se puede utilizar como alimento principal. Es una especie cosmopolita, de distribución por todo el mundo. El contenido de proteína de las hojas y tallos tiernos, con un excelente perfil de aminoácidos esenciales, varía entre 15 y 28% dependiendo de la variedad. Los contenidos típicos de calcio son entre 1.8 y 2.4% y de fósforo de 0.14 y 0.24%. Las hojas pueden ser usadas como suplemento, reemplazando a los concentrados (Manterola, 2015). Este alimento puede representar una alternativa para los productores del sector avícola como mecanismo que permite bajar los costos de producción sin detrimentos importantes en el comportamiento productivo y de bienestar de las aves (Flores y Romero, 2018).

Siguiendo el mismo enfoque de las plantas forrajeras, el botón de oro (*Tithonia diversifolia*), con distribución mundial, representa una opción, sin poner en riesgo el bienestar de los animales y obtener beneficios como la disminución de costos, por concepto de alimentación, con la adición de sustancias pigmentantes (González *et al.*, 2014), es alto en niveles de fibra, igual que la morera y el bagazo de zanahoria que dan la sensación de llenado por la aparente retención de nutrientes (Santos *et al.*, 2014), en comparación con el nopal con bajo nivel de proteína y energía, con el común denominador de bajo precio, fácil adquisición y uso como los alimentos anteriores.

Por último, la zanahoria (*Daucus carota*) es una de las hortalizas más cultivadas en el mundo. Su consumo se ha extendido ampliamente, ya que actualmente se encuentra disponible en los mercados durante todo el año. La parte consumida de la zanahoria es su raíz, de la que existen múltiples formas y sabores. Destaca por su contenido en caroteno y vitaminas A, B y C. La zanahoria es rica en caroteno, sustancia precursora de la vitamina A, necesaria en el crecimiento, desarrollo de huesos, vista, mantenimiento de los tejidos, reproducción y en el sistema hormonal. Es un alimento rico en fibra y bajo en calorías (Moreira *et al.*, 2013), con posibilidades de uso para pelechar gallinas, que de acuerdo con Gongruttananun *et al.*, (2017) crean un desequilibrio de nutrientes ya que un alimento bajo en energía y bajo contenido de calcio.

V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las prácticas actuales relacionadas o asociadas con el ayuno total en aves domésticas como es el caso de la inducción de la pelecha, contravienen a las normativas entorno al bienestar animal que se han venido desarrollando con el propósito de asegurar un mejor entorno y manejo para los animales destinados al consumo humano. Puesto que, la inducción de la pelecha a través de la privación de alimento es estresante, aumenta la susceptibilidad a algunas enfermedades e incluso puede provocar la muerte de los animales; motivo por el cual, esta práctica es severamente criticada por las organizaciones que trabajan por el bienestar animal. No obstante, se debe especificar que, las normas de bienestar animal no colocan la muda como una práctica prohibida (pues es un evento biológico inherente a las aves); lo que no se permite es la privación total de alimento. Razón por lo cual es necesario investigar alternativas que sustituyan la práctica de privación total de alimento como método para inducir la pelecha en gallinas que cumplan

con los estándares de bienestar animal, que sean efectivas, eficientes y, que reduzcan los riesgos de presentar otros problemas post-pelecha como es el caso del buche penduloso.

VI. HIPÓTESIS

El uso de alimentos alternativos con baja densidad de nutrientes por unidad de volumen, como es el caso de nopal, morera, botón de oro o zanahoria son una estrategia viable como sustituto de la práctica de privación de alimento para inducir la pelecha en gallinas de postura, además, la ingesta de los citados alimentos no convencionales y el suministro de sorgo (en sustitución de alimento comercial) post inducción de la pelecha por un periodo corto (6 días) previene problemas de salud post pelecha, como es el caso del buche penduloso.

VII. OBJETIVO GENERAL

- ❖ Identificar, entre los alimentos no convencionales, aquel que sea susceptible de usarse en la inducción de la pelecha, como el nopal, morera, botón de oro o zanahoria y que presente mayor eficacia tanto en la inducción de pelecha de gallinas productoras de huevo como el incremento de la producción de huevo post-pelecha.

VIII. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Evaluar el nopal fresco (*Opuntia ficus-indica*), morera (*Morus alba*) en harina (hojas), botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en harina (hojas) y bagazo de zanahoria (*Daucus carota*) en harina como alimento durante la inducción de la pelecha en gallinas ponedoras.
- ❖ Determinar el efecto del genotipo de las gallinas sobre la inducción a pelecha sometidas a una alimentación de nopal fresco (*Opuntia ficus-indica*), morera (*Morus alba*) en harina (hojas), botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en harina (hojas) o bagazo de zanahoria (*Daucus carota*) en harina durante dicho proceso.
- ❖ Establecer el efecto del sorgo (*Sorghum*) como dieta de las gallinas inmediatamente después del proceso de inducción a la pelecha sobre la incidencia de buche penduloso post-pelecha.

IX. MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el sector avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, que se localiza en el km 9.5 de la carretera Morelia Zinapécuaro, municipio de Tarímbaro, Michoacán, entre las coordenadas 19°47'11" de latitud norte y 101°10'35" de longitud oeste (INEGI, 2017), a una altura de 1,864 msnm, su clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, presenta una precipitación pluvial anual de 600 a 800mm y temperatura que oscila de 2.5 a 25.1 °C. (INEGI, 2009).

El trabajo experimental se desarrolló en dos etapas: La primera etapa consistió en evaluar alimentos no convencionales para ser utilizados en la inducción de la pelecha en gallinas ponedoras en sistemas en confinamiento; la segunda etapa en evaluar el efecto de una dieta a base de sorgo en el consumo de alimento e incidencia del buche penduloso post-pelecha.

Etapa 1: Se utilizaron 64 gallinas [32 raza Rhode Island Rojas (RIR) y 32 Plymouth Rock Barradas (PRB)] con registro de 60 semanas de postura y 80 semanas de edad, distribuidas aleatoriamente de acuerdo con un arreglo factorial 1 x 4 lo cual resultó en cuatro tratamientos (n= 16 aves por tratamiento, 8 por raza) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número de tratamientos por grupo de gallinas

Tratamiento	Genotipo	Alimento
Tx1	Rhode Island Rojas	Nopal fresco picado
	Plymouth Rock Barradas	Nopal fresco picado
Tx2	Rhode Island Rojas	Harina de hojas de morera
	Plymouth Rock Barradas	Harina de hojas de morera
Tx3	Rhode Island Rojas	Harina de hojas botón de oro
	Plymouth Rock Barradas	Harina de hojas botón de oro
Tx4	Rhode Island Rojas	Harina de bagazo de zanahoria
	Plymouth Rock Barradas	Harina de bagazo de zanahoria

En todos los tratamientos el volumen ofrecido correspondió al 20% con respecto al consumo de alimento ave⁻¹ día⁻¹ (120g), incluido 2 g de harina de cáscara de huevo.

Las gallinas de los cuatro tratamientos fueron ubicadas en jaulas convencionales individuales tipo batería, en un sistema de producción semi-intensivo, con comederos y

bebederos individuales, donde cada gallina representa una réplica, durante la pelecha el suministro de alimento y el peso corporal de las gallinas fueron controlados hasta que las gallinas perdieron entre 25 y 30% de masa corporal, el consumo de agua fue a libre acceso. A los alimentos se les realizó el análisis proximal correspondiente, como se muestra a continuación (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis bromatológicos de los alimentos no convencionales

Determinación muestra	Nopal (BS)	Harina de morera (BS)	Harina de botón de oro (BS)	Harina de bagazo de Zanahoria (BS)
Humedad %	14.31	10.35	11.34	14.83
Cenizas %	21.33	22.33	19.92	8.66
Extracto etéreo	0.77	3.84	1.65	0.48
Proteína cruda	12.85	16.23	24.72	5.41

BS= base seca

Las variables bajo control fueron: peso vivo inicial (PVI, kg) de cada gallina y posteriormente se midió cada tercer día hasta la pérdida de 25 a 30% del PVI, peso vivo post-pelecha (PVpp, kg), consumo de alimento de pelecha (CAp, g), cese de postura (CP, en días), intervalo pelecha-reinicio de postura (IPrp, en días), peso vivo al reiniciar postura (PVRp, en kg), peso del huevo (PH, g), producción de huevos (PHu, en unidades). Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente, mediante modelo de efectos fijos con mediciones repetidas, para la comparación de medias entre tratamientos, se usó la prueba de t student con nivel de significancia 0.05.

Etapa 2: En el segundo experimento se utilizaron 12 gallinas híbridas (RIR x PRB) con registro de 60 semanas de postura, 80 semanas de edad y con culminación del periodo de pelecha inducida (pérdida del 25% de masa corporal). Mismas que fueron distribuidas aleatoriamente en dos grupos (G) (n= 6 aves/grupo) (Tabla 1) y ubicadas en jaulas convencionales individuales tipo batería, en un sistema de producción semi-intensivo, con comederos y bebederos individuales, donde cada gallina representó una réplica.

Durante la etapa experimental post-pelecha (PP) y antes de iniciar con la dieta® de postura (DCP), se inició con los tratamientos (T) en G1: T1, 60g de sorgo en grano gallina⁻¹ día⁻¹ en los días 1 a 3 PP; T2, 60g de sorgo más 60g de DCP gallina⁻¹ día⁻¹ en los días 4 a 6 PP y T3, 120 g DCP gallina⁻¹ día⁻¹ en los días 7 a 9 PP. El G2, recibió 120 g DCP en los días 1 a 9 PP.

Las variables evaluadas ($\text{gallina}^{-1} \text{ grupo}^{-1} \text{ tratamiento}^{-1}$) fueron: consumo de alimento voluntario de alimento (CVA) e incidencia de buche penduloso PP. La información recabada se sometió a un análisis estadístico mediante la metodología de mediciones repetidas a través de los modelos de efectos fijos y las diferencias entre G y T se obtuvieron mediante medias de mínimos cuadrados (LsMeans, siglas en inglés) con $\alpha=0.05$, además de un análisis de probabilidades de distribución binomial negativa.

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ETAPA 1: Evaluación de alimentos no convencionales como alternativa para inducir pelecha en gallinas ponedoras

De acuerdo con esta fase experimental, misma que duró 16 días, se encontraron los siguientes resultados:

Pérdida de peso de gallinas en fase de pelecha

Se encontró que no hubo efecto de tratamiento ($p=0.900$) y de genotipo ($p=0.1517$) sobre la pérdida de peso corporal (PPC) de las gallinas analizadas, cuyo promedio general fue de 593 ± 78.8 g al finalizar la fase experimental. El peso al inicio y al final de la fase experimental (inducción de pelecha) de acuerdo con el genotipo y tratamiento fueron similares para los grupos analizados: 2142.5 a 2370.6 g y 1593 a 1776.9 g, para peso inicial y peso final, respectivamente (Cuadro 5).

Cuadro 5. Medias de mínimos cuadrados del peso (g) de las gallinas en la fase de inducción a pelecha de acuerdo con el tratamiento y al día de pesaje

Día	Tratamiento							
	Botón de Oro		Morera		Nopal		Zanahoria	
	G1	G2	G1	G2	G1	G2	G1	G2
1	2142.5 ^{a1}	2320.0 ^{a1}	2338.1 ^{a1}	2255.0 ^{a1}	2323.8 ^{a1}	2368.8 ^{a1}	2151.9 ^{a1}	2370.6 ^{a1}
4	1866.9 ^{a1,2}	1975.0 ^{a1,2}	2075.6 ^{a1}	1965.0 ^{a1,2}	2063.1 ^{a1,2}	2091.9 ^{a1,2}	1896.9 ^{a1,2}	2066.9 ^{a1,2}
8	1729.4 ^{a2}	1853.8 ^{a2}	1920.6 ^{a2}	1829.4 ^{a2}	1900.6 ^{a2}	1924.4 ^{a2}	1735.0 ^{a2}	1908.8 ^{a2}
12	1680.0 ^{a2,3}	1774.4 ^{a2,3}	1834.4 ^{a2,3}	1746.9 ^{a2,3}	1826.9 ^{a2,3}	1856.3 ^{a2,3}	1660.0 ^{a2,3}	1859.4 ^{a2,3}
16	1593.8 ^{a3}	1694.4 ^{a3}	1731.9 ^{a3}	1650.6 ^{a3}	1741.9 ^{a3}	1763.1 ^{a3}	1573.8 ^{a3}	1776.9 ^{a3}
PpTot_g	548.8^a	625.6^a	606.3^a	604.4^a	581.9^a	605.6^a	578.1^a	593.8^a
PpTot_%	25.6^a	27.0^a	25.9^a	26.8^a	25.0^a	25.6^a	26.9^a	25.0^a

PpTot_g=Porcentaje de pérdida de peso total a 16 días post-inicio de pelecha; PpTot_%=Porcentaje de pérdida de peso total a 16 días post-inicio de pelecha; G1= Plymouth Rock Barradas; G2= Rhode Island Rojas

Literales ^{a, b} indican diferencias ($p<0.05$) entre promedios dentro de fila

Numerales ^{1, 2, 3} indican diferencias ($p<0.05$) entre promedios dentro de columna

En cuanto a la PPC total (g y %) al culminar la inducción a pelecha, mostró un promedio general de 593 ± 78.8 g, lo que representó $26.4 \pm 4.3\%$ de PPC a 16 días post-inicio de la pelecha. Sin embargo, no se encontró efecto de genotipo o de tratamiento sobre la PPC total; esta fue de entre 548.8 a 625.6 g o de 25.6 a 27.0% con respecto al peso inicial. A pesar de que el genotipo Rhode Island Rojas (G1) mostró los menores pesos/tratamiento, estos fueron similares ($p > 0.05$) a los tratamientos del genotipo Plymouth Rock Barradas (G2). Al respecto, la raza Rhode Island Roja, es originaria de Estados Unidos de América (Barroeta *et al.*, 2010), al igual que la Plymouth Rock Barrada (Bonilla, 2018). En la Rhode Island Roja el peso alcanza de 3.3 a 4 kg en los gallos y en las gallinas oscila entre 2.6 a 3.3 kg, mientras que la Plymouth Rock Barrada presenta pesos de 3.3 a 4.0 kg y 2.6 a 3 kg en gallos y gallinas, respectivamente. El fin zootécnico de esta raza es de doble propósito (producción de carne y producción de huevo). De acuerdo con esta información, se puede establecer que la diferencia de peso entre estos genotipos es de 300 g, es decir la Rhode Island Roja posee mejor peso. No obstante, en esta investigación no hubo efecto del genotipo sobre el peso al inicio y al final de la fase experimental.

Yousaf y Chaudhry (2008); Gongruttananun *et al.*, (2017), quienes determinaron que, los programas utilizados, principalmente en parvadas comerciales, implican la privación de alimento durante un período de 7 a 14 días para lograr el 25.0% de PPC. En este sentido, en la presente investigación no hubo privación total de alimento, puesto que se utilizó como dieta inductora a pelecha el nopal, morera, botón de oro o zanahoria, proporcionándose diariamente 20.0% de estos alimentos de acuerdo con el tratamiento; porcentaje empleado con base al consumo de alimento $\text{ave}^{-1} \text{ día}^{-1}$ antes de finalizar el proceso de producción y entrar al periodo de inducción de la pelecha. Esta técnica de alimentación (en lugar de la privación total del alimento) provocó que se incrementaran en dos días más (con respecto a la práctica convencional de pelecha) el proceso de pelecha para alcanzar el 25% de pérdida de peso de las aves analizadas.

En cuanto a tasa de PPC de las gallinas en la fase de pelecha e independientemente del genotipo de las gallinas, se observó que el tratamiento con nopal mostró una tendencia hacia una menor tasa de pérdida de peso al finalizar la fase experimental (25.5 ± 3.4), mientras que en el resto de los tratamientos (morera, botón de oro y zanahoria) la tasa de pérdida de peso osciló entre 26.4 y 26.9% (Cuadro 6).

Cuadro 6. Medias de mínimos cuadrados de pérdida de peso corporal de las gallinas (g y %) al finalizar la pelecha de acuerdo con el tratamiento

TRATAMIENTO	PROMEDIO (g) *	TASA (%) *
Nopal	593.8 ±91.5	25.5 ±3.4
Morera	605.3 ±72.8	26.8 ±4.6
Botón de oro	587.2 ±95.6	26.9 ±5.5
Zanahoria	585.9 ±58.36	26.4 ±3.7

* Indica similitud ($P>0.05$) entre los promedios
 ±=Desviación estándar

Para Gongruttananun *et al.* (2017), la regresión gonadal se logra por completo si las gallinas pierden al menos un 25% de su peso corporal durante la pelecha. Sin embargo, las mejoras en el rendimiento productivo posterior a la muda están relacionadas con un aumento en la PPC de las gallinas hasta el 31% de su peso corporal original (Gongruttananun *et al.*, 2017). No obstante, Buxade (2000) determinó que la reducción del peso corporal de las aves más allá del 30% es ineficaz, puesto que incrementa la mortalidad de las aves durante la pelecha y el tiempo para el reinicio de la producción de huevo.

Durante la fase experimental (16 días) la tasa de PPC de las gallinas (Figura 1) se incrementó ($p<0.05$) en los tratamientos analizados. De acuerdo con este comportamiento, se pudo observar que las gallinas que consumieron nopal durante dicha fase mostraron una tendencia hacia una menor PPC (g y%), ello en comparación con los tratamientos de morera, botón de oro y zanahoria.

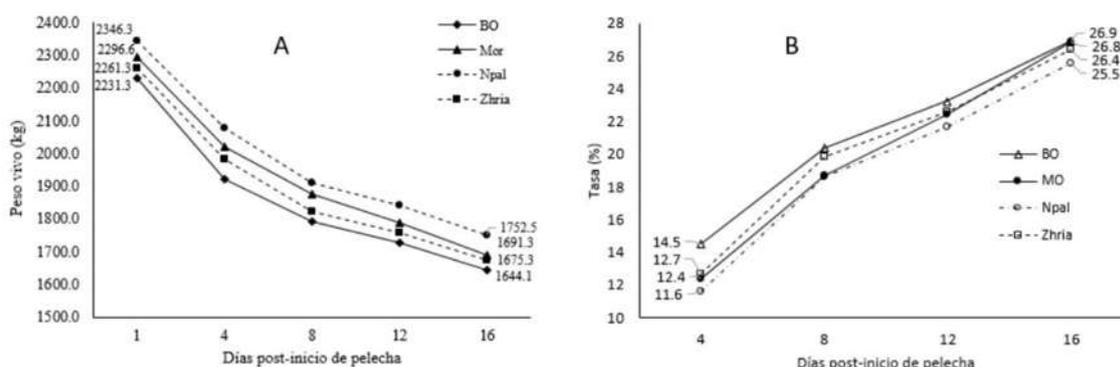


Figura 1. Pérdida de peso (A) y tasa de pérdida de peso (B) de gallinas durante la inducción de la pelecha de acuerdo con el tratamiento

Los resultados consignados en la Figura 1, respecto a la tasa de PPC de las aves analizadas, mostraron mejor comportamiento, en comparación con los resultados obtenidos por Gongruttananun *et al.* (2017): 25.2 % de PPC al final en 21 días, bajo una dieta de harina de yuca durante el proceso de pelecha. Posiblemente esta diferencia en los

resultados de esta investigación vs Gongruttananun *et al.* (2017) se debió a las diferencias entre los consumos de alimento en ambas investigaciones: 24g día⁻¹ ave⁻¹ de nopal, morera, botón de oro o zanahoria vs ≥ 72 g día⁻¹ ave⁻¹ de harina de yuca. Aspecto que significaría una rápida involución del ovario (Buxade, 2000) y en consecuencia un proceso de pelecha en menor tiempo.

Consumo de alimento de pelecha

El análisis de varianza determinó efecto de tratamiento ($p < 0.001$), genotipo ($p < 0.001$) y de la anidación tratamiento (día) ($p < 0.001$) sobre el CAp gallina⁻¹ día⁻¹ en la fase de pelecha. El promedio general de dicha variable fue de 11.0 ± 0.18 g de alimento gallina⁻¹ día⁻¹ (Cuadro 7).

Cuadro 7. Medias de mínimos cuadrados para el consumo de alimento día⁻¹ gallina⁻¹ de acuerdo con el tratamiento y al genotipo

Tratamiento	Independiente del genotipo Promedio (g) \pm	Genotipo	
		Plymouth Rock Barradas Promedio (g) \pm	Rhode Island Rojas Promedio (g) \pm
Botón de oro _(BS)	7.1 ^a \pm 0.37	10.0 ^{a1} \pm 0.58	4.2 ^{a2} \pm 0.58
Morera _(BS)	11.6 ^b \pm 0.37	12.8 ^{b1} \pm 0.58	10.4 ^{b2} \pm 0.58
Nopal _(BF)	21.3 ^c \pm 0.37	23.0 ^{c1} \pm 0.58	19.5 ^{c2} \pm 0.58
Nopal _(BS)	1.7 ^d \pm 0.37	1.8 ^{d1} \pm 0.58	1.6 ^{d1} \pm 0.58
Zanahoria _(BS)	13.4 ^e \pm 0.37	16.2 ^{e1} \pm 0.58	10.6 ^{b2} \pm 0.58
Promedio general	11.0 \pm 0.18	12.8¹ \pm 0.23	9.2² \pm 0.23

\pm =Error estándar; BS=Base seca; BF=Base fresca

Literales a, b, c, d, e indican diferencias ($p < 0.05$) entre promedios dentro de columna

Numerales 1, 2 indican diferencias ($p < 0.05$) entre promedios dentro de fila

En lo que respecta al CAp de acuerdo con el tratamiento, se encontró un mayor ($p < 0.05$) consumo de zanahoria (13.4 ± 0.37 g gallina⁻¹ día⁻¹) si se comparan los tratamientos en BS, puesto que el consumo de nopal en BF fue de 21.3 ± 0.37 g gallina⁻¹ día⁻¹ (Cuadro 6). Para el caso del efecto del genotipo sobre el CAp, las gallinas Rhode Island Rojas mostraron el mayor ($p < 0.05$) promedio general de consumo de alimento (12.8 ± 0.23 g gallina⁻¹ día⁻¹) vs Plymouth Rock Barradas (9.2 ± 0.23 g gallina⁻¹ día⁻¹). En cuanto a los alimentos que fueron más consumidos de acuerdo con el genotipo de las gallinas, se observó que, en el grupo de gallinas Rhode Island Rojas, el de zanahoria fue el que tuvo el mayor consumo (16.2 ± 0.58 g gallina⁻¹ día⁻¹) dentro de los alimentos ofrecidos en BS, puesto que el nopal en BF mostró un consumo de (21.3 ± 0.58 g gallina⁻¹ día⁻¹) (Cuadro 7). Mientras que, en las gallinas Plymouth Rock Barradas, tanto la Morera (10.4 ± 0.58 g gallina⁻¹ día⁻¹) como la zanahoria (106 ± 0.58 g gallina⁻¹ día⁻¹) fueron los que mostraron

mayor consumo ($p < 0.05$), después del nopal en BF (19.5 ± 0.58 g gallina⁻¹ día⁻¹) (Cuadro 7).

Gongruttananun *et al.* (2017), reportan un consumo total de harina de yuca ave⁻¹ de 1,622 g en 21 días, lo que equivale a 79.1 g de alimento gallina⁻¹ día⁻¹. Resultados que superan los consumos observados en la presente investigación (Cuadro 7). No obstante, Ayasi *et al.* (2016) encontraron un consumo similar de alimento (dieta a base de ensilado de maíz y alimento comercial) dentro de los CAp observados en la presente investigación (Cuadro 6); estos investigadores reportan un consumo de alimento gallina⁻¹ día⁻¹ de 75.2 a 225.3 g durante nueve días que duró el proceso de pelecha, ello significó un consumo de 8.3 a 25.0 g gallina⁻¹ día⁻¹ (Cuadro 7).

Por otra parte, el consumo de nopal en BF, mismo que representó un consumo importante ≥ 19.5 g gallina⁻¹ día⁻¹ (Cuadro 7), posiblemente se debió a la consistencia (finamente picado, tamaño de partícula $\approx 5-7$ mm³) y a la humedad (92.0%) de este alimento. Al respecto, en una investigación (Pérez *et al.* 2015) realizada con cladodios de la misma parcela donde se recolectó el nopal para ofrecerlo a las gallinas de la presente investigación, reportaron que el nopal posee entre 86.6 y 92.0% de agua en su composición orgánica, por lo tanto, cabe resaltar que en realidad la cantidad de nopal en BF día⁻¹ y total consumido por las gallinas (tratamiento de nopal en BF) fue de 27.2 g en BS (8.0% de MS/100g de MF) si se comparan los alimentos en igualdad de condiciones (Figura 2). Ello, además, implicó un aporte más voluminoso que el resto de los alimentos analizados; lo que posiblemente provocó una sensación de llenado y disminución del apetito de las gallinas que se sometieron a este tratamiento. Puesto que, los receptores sensitivos de las paredes del estómago y del intestino registran y limitan la cantidad de alimento ingerido en cada comida. Así, la distensión de las paredes gastrointestinales es la señal intrínseca más importante para la terminación de la ingesta (González *et al.*, 2006).

Gordon *et al.* (2009), encontraron que al proporcionar alimentos altos en fibra ocasiona que el animal sienta una mayor saciedad, consumiendo una cantidad menor de alimento debido a la lenta digestión, ocasionando un ligero estrés en el ave. Lo que también explicaría el menor consumo de alimento en la fase de pelecha de las gallinas cuando se les ofreció harina de morera o de botón de oro o de zanahoria, ello se confirmó cuando se estableció la dinámica del CAp día⁻¹ ave⁻¹ tratamiento⁻¹ (Figura 2). , en donde el

tratamiento con nopal BF registró no solo mayor ($p<0.05$) CAP durante la fase de pelecha sino, además, menor variabilidad (entre 19.4 y 22.4 g de Nopal día⁻¹ ave⁻¹); ello comparado con el resto de los tratamientos analizados. Este comportamiento de CAP, en el caso del nopal en BF, permitió que el CAP Total ave⁻¹ llegara a 340.1 g ave⁻¹, consumo mayor ($p<0.05$) al resto de los tratamientos. Sin embargo, el consumo total de esta cactácea en BS fue de 27.2 g ave⁻¹, cantidad que al compararse con el resto de los alimentos ofrecidos en BS [morera (185.7 g), botón de oro (113.6 g) y zanahoria (214.7 g)] fue menor ($p<0.05$).

En cuanto a la dinámica del CAP de la harina de zanahoria, el consumo mínimo fue de 5.1 g (1^{er} día de la fase experimental y el máximo consumo ave⁻¹ fue de 22.4 g en el día 16 de la fase experimental, valor similar ($p<0.05$) al del consumo de nopal en BF (22.2 g ave⁻¹) (Figura 2). Para el caso de la harina de morera, el consumo del 1^{er} día, de dicha fase, fue de 4.4 g ave⁻¹, el máximo fue de 14.1 g en día 10 y en día 16 fue de 13.3 g ave⁻¹. Finalmente, la harina de botón de oro resultó ser el tratamiento con el menor ($p<0.05$) consumo (0.2 g ave⁻¹) en el 1^{er} día, el máximo se alcanzó en el día 10 (13.6 g ave⁻¹) y en el día 16 de la fase experimental el consumo se redujo (13.0 g ave⁻¹) (Figura 2).

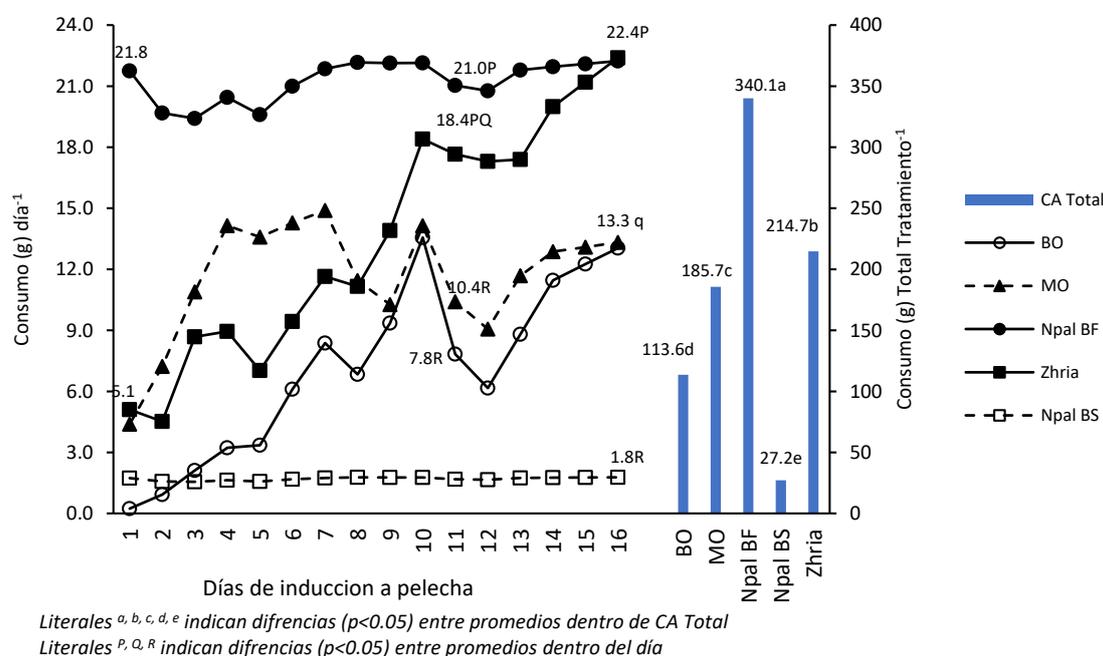


Figura 2. Dinámica del consumo de alimento gallina⁻¹ día⁻¹ Tratamiento⁻¹ durante los 16 días de la fase experimental.

Posiblemente este comportamiento del CAP ave⁻¹ tratamiento⁻¹ (Figura 2) se debió al tamaño de partícula de cada alimento ofrecido y en donde el nopal en BF fue el de mayor

tamaño (5-7 mm³) en comparación con el tamaño de partícula (harina) del alimento en los restantes tratamientos analizados. Aunque si bien no se descarta que la palatabilidad de los alimentos ofrecidos haya jugado un papel importante en el consumo. Así mismo, las aves a diferencia de los rumiantes no poseen la suficiente capacidad para aprovechar la fibra presente en la dieta por ello su requerimiento es menor al 5%. Lo que sugiere que las dietas probadas por Ayasi *et al.* (2016) hayan tenido éxito en reducir el periodo de pelecha (nueve días) en comparación con el tiempo requerido en la pelecha de la presente investigación (16 días). Puesto que como ya se mencionó los alimentos altos en fibra ocasiona que el animal sienta una mayor saciedad y por ello se consuma menos alimento (Gordon *et al.*, 2009).

Cese de postura

La gestión de la práctica zootécnica de la pelecha (muda) en las gallinas de postura no es un evento nuevo en la producción de gallinas ponedoras, sin embargo, aún en la actualidad esta práctica implica la toma de decisión a partir del análisis de múltiples factores. Para la mayoría de los investigadores, la principal razón de inducir a pelecha a una parvada de gallinas se centra en criterios económicos: *i*) costo de la pollita de reposición, *ii*) valor de las aves viejas a descartar, *iii*) producción, peso y calidad de los huevos esperados durante el segundo ciclo de producción, *iv*) calidad sanitaria del lote, *v*) costo de la muda forzada, *vi*) tasa de ocupación de las casetas de confinamiento total de las aves, *vii*) programación de entrada y salida de parvadas del sistema de producción (Ortiz, 2004)) y *viii*) los aspectos relacionados con la legislación sobre bienestar animal (SENASA, 2015).

Respecto al cese de postura (CP) de las gallinas sometidas a los tratamientos analizados, se encontró que no hubo efecto de tratamiento ($p=0.9115$), de genotipo ($p=0.1866$) ni de la anidación genotipo (tratamiento) ($p=0.0687$) sobre dicha variable (Cuadro 7). El promedio general para el CP fue de 2.8 ± 0.24 días. Tiempo promedio menor al reportado por otros investigadores (Jasso, 2012; Chanaksorn *et al.*, 2019): entre 7 y 9 días post-inicio de la fase de pelecha vs 14 días con alimentación restringida (Callejo *et al.*, 2012b).

Cuadro 8. Medias de mínimos cuadrados para el tiempo de cese de postura post-inicio de pelecha de acuerdo con el tratamiento y el genotipo de las gallinas

	Independiente del genotipo	Genotipo	
		Plymouth Rock Barrada	Rhode Island Roja
Tratamiento	Promedio* (d) ±	Promedio* (d) ±	Promedio* (d) ±
Botón de oro _(BS)	2.5 ±0.49	1.7 ±0.69	3.4 ±0.69
Morera _(BS)	2.8 ±0.49	3.7 ±0.69	2.0 ±0.69
Nopal _(BF)	3.0 ±0.49	3.7 ±0.69	2.2 ±0.69
Zanahoria _(BS)	3.0 ±0.49	3.5 ±0.69	2.5 ±0.69
Promedio general	2.8 ±0.24	3.2 ±0.34	2.5 ±0.34

* Indica similitud ($p > 0.05$) entre los promedios dentro de columna y fila
 ±=Desviación estándar

Con referencia al tiempo (días) del CP de acuerdo con el tratamiento (Cuadro 8), se observó que dicho indicador fue similar ($p > 0.05$) en los cuatro tratamientos analizados, cuyo CP osciló entre 2.5 y 3.0 días post-inicio del proceso de pelecha. Al respecto, Chanaksorn *et al.* (2019) quienes pelecharon gallinas con diferentes niveles de harina de yuca obtuvieron un CP entre 7.7 y 11 días, ello de acuerdo con el nivel de harina de yuca proporcionado. Mientras que para Callejo *et al.* (2012b), en su investigación “Inducción de la muda de gallinas ponedoras mediante el uso de alimentos bajos en energía y proteína (salvado de trigo *ad libitum*, cebada *ad libitum* y alimento comercial suministrado en cantidad restringida: 63 g/día⁻¹ ave⁻¹)” encontraron en gallinas ligeras y semipesadas un CP post-inicio de pelecha que el cese completo de la puesta (<2.0%) entre el día 12 al 18 y en las semipesadas el CP (<3.2%) se alcanzó en el día 15. Periodo de CP mayor al encontrado en esta investigación (Cuadro 8).

Sin embargo, estos mismos autores encontraron efecto de genotipo, en donde el porcentaje de gallinas con CP fue mayor al de las semipesadas; este efecto se atribuyó al mayor nivel de nerviosismo que manifestaron las gallinas semipesadas durante los dos ciclos que estuvieron en producción, hecho corroborado por una mortalidad significativa ($p < 0.05$) más elevada, misma que no fue reportada por Callejo *et al.* (2012b).

En cuanto al efecto de genotipo sobre el CP, en la presente investigación no se encontró ($p > 0.05$) dicho efecto, posiblemente porque ambos genotipos pertenecen a los denominados doble propósito (producción de carne y huevo) y cuyas características fenotípicas (peso y producción) son muy semejantes (Barroeta *et al.*, 2010; Bonilla, 2018).

Intervalo pelecha-reinicio de postura

Respecto al intervalo pelecha-reinicio de postura (IPrp), el análisis de varianza determinó que no hubo efecto del genotipo ni del tratamiento ($p > 0.05$) sobre los días en que las gallinas retornaron a postura post-pelecha (Cuadro 9). De igual manera, el peso de la gallina al romper postura (como variable ajuste) no afectó al IPrp ($p > 0.05$).

Cuadro 9. Análisis de efectos fijos para intervalo pelecha-reinicio de postura

Efecto	Gl	Valor de F	Pr > F
Genotipo	1	0.06	0.9339
Tratamiento	3	0.44	0.8853
Peso del ave al romper postura	1	1.17	0.2831

En cuanto al comportamiento del IPrp de acuerdo con el genotipo (Cuadro 10), las gallinas Plymouth Rock Barrada requirieron de 20.9 ± 8.1 días para romper postura post-pelecha, mientras que las Rhode Island Roja requirieron de 21.1 ± 9.5 días; ambos promedios iguales entre sí ($p > 0.05$). Al respecto, Chanaksorn *et al.* (2019) en su investigación de inducción de pelecha con una dieta a base de harina de yuca, reportaron rompimiento de postura post-pelecha 9 después de alimentarse con la dieta de desarrollo de pollitas.

Cuadro 10. Medias de mínimas para el intervalo pelecha-reinicio de postura de acuerdo con el genotipo de la gallina y tratamiento

Genotipo	Promedio* (días) \pmD.E.	Pr > t
Plymouth Rock Barrada	20.9 ± 8.1	<.0001
Rhode Island Roja	21.1 ± 9.5	<.0001
Tratamiento	Promedio* (días) \pmD.E.	Pr > t
Botón de oro	19.9 ± 5.6	<.0001
Morera	21.6 ± 10.5	<.0001
Nopal	20.7 ± 6.5	<.0001
Zanahoria	21.9 ± 11.6	<.0001
Promedio general	21.0 ± 8.8	<.0001

* Indica similitud ($p > 0.05$) entre los promedios dentro de columna y fila
 \pm =Desviación estándar

Guamán (2012), señala que los métodos de muda rápida pretenden que las aves recuperen su actividad productiva en un intervalo de tiempo de 28 a 42 días, tiempo mayor al encontrado en esta investigación.

Para el caso del tratamiento, no se encontró efectos de éste sobre el IPrp ($p > 0.05$); no obstante, los tratamientos de morera y zanahoria fueron los que mostraron mayor variabilidad en este indicador (desviación estándar de 10.5 y 11.6 días, respectivamente) en comparación con los tratamientos botón de oro y nopal; siendo el tratamiento botón de

oro el que mostró una tendencia hacia un menor IPrp (Cuadro 10). En relación con el peso de la gallina al romper postura y al tratamiento (Figura 3), se encontró que conforme se incrementa el peso de la gallina en los tratamientos botón de Oro, morera y nopal el IPrp se incrementa. Caso contrario con el tratamiento zanahoria, en éste a mayor peso de la gallina disminuye el IPrp, pero dicho intervalo se incrementa a partir de que la gallina alcanza los 2.6 kg (Figura 3).

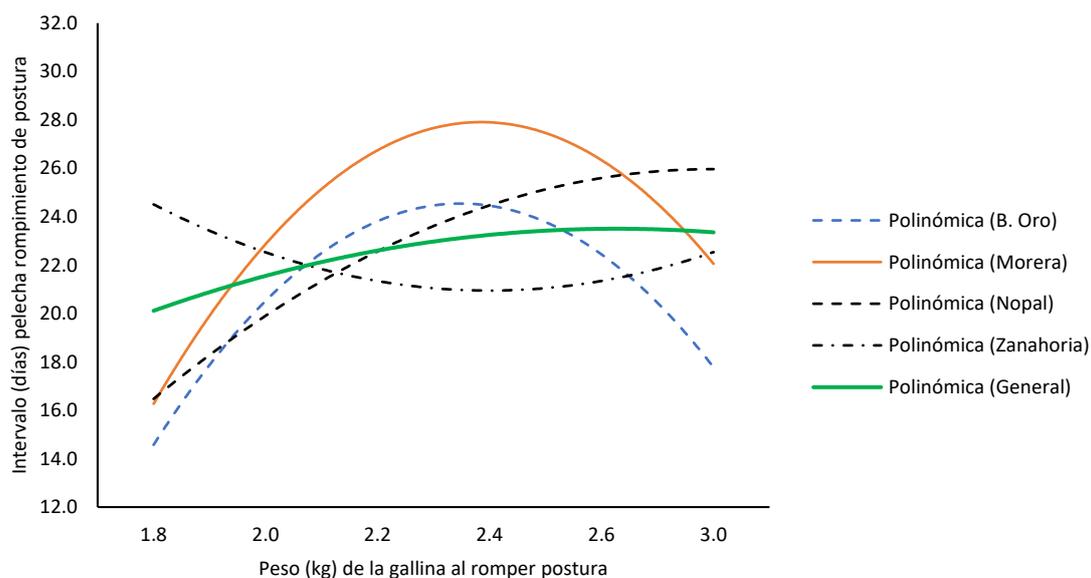


Figura 3. Estimación del comportamiento del intervalo pelecha rompimiento de postura de acuerdo con el peso de la gallina al romper postura y al tratamiento

Peso del huevo al reiniciar postura

En cuanto al peso del huevo (PH) al reiniciar postura las gallinas después de la fase de pelecha, el análisis de varianza determinó que no hubo efecto del genotipo ni del tratamiento sobre esta variable ($p > 0.05$). El promedio general del PH al reinicio de la postura fue de 60.86 ± 7.97 g (Cuadro 11). Al respecto, Rivera (2015) reportó PH entre 65.1 y 66.2 g después de la etapa de pelecha en gallinas de la línea Hy Line Brown (ligeras), peso que resultó superior a lo encontrado en esta investigación.

Cuadro 11. Medias de mínimas para el peso del huevo al romper postura de acuerdo con el genotipo de la gallina y tratamiento

Genotipo	Promedio* (g) ±D.E.	Pr > t
Plymouth Rock Barrada	59.6±9.6	<.0001
Rhode Island Roja	61.3±5.6	<.0001
Tratamiento	Promedio* (g) ±D.E.	Pr > t
Botón de oro	61.4±6.7	<.0001
Morera	61.7±4.0	<.0001
Nopal	59.3±13.2	<.0001
Zanahoria	61.0±5.6	<.0001
Promedio general	60.9 ± 7.9	<.0001

* Indica similitud ($p>0.05$) entre los promedios dentro de columna y fila
 \pm =Desviación estándar

En cuanto al PH de acuerdo con el genotipo, estos fueron de 59.6 ± 9.6 y 61.3 ± 5.6 g para las gallinas Plymouth Rock Barrada y Rhode Island Roja, ambos promedios similares en sí ($p>0.05$). En relación con lo anterior, Gutiérrez *et al.* (2021) reportaron que el peso del huevo se encontró en un rango de 63.7 a 67.5 g post-pelecha en gallinas de la misma raza, peso que resulto inferior en la presente investigación.

En cuanto al PH acorde al tratamiento, se pudo observar que este oscilo entre 59.3 ± 13.2 y 61.7 ± 4.0 g, siendo el PH más bajo el de gallinas bajo el tratamiento de nopal y el mayor el de gallinas sometidas al tratamiento con morera (Cuadro 11); ambos tratamientos con PH similar entre sí ($P>0.05$). Sin embargo, el análisis de varianza para la regresión estableció que el PH fue afectado ($p<0.04$) por el peso de la gallina al romper la postura; en donde el estimador de la regresión (β_1) determinó que por cada 200.0 g más de peso que tenga la gallina al romper la postura el PH se incrementa en 6.0 g (Figura 4).

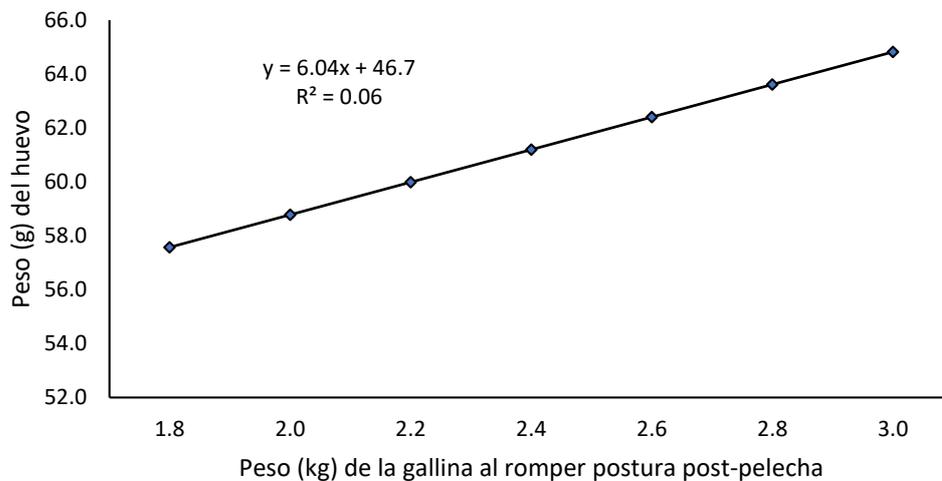


Figura 4. Estimación del comportamiento del peso del huevo de acuerdo con el peso de la gallina al romper postura

Como se puede observar en la Figura 4, el peso del huevo incrementa conforme el peso de la gallina aumenta al romper la postura, sin embargo, en esta investigación, el peso de la gallina de acuerdo con el tratamiento no afectó ($p>0.05$) a dicha variable (PH). El incremento del peso medio del huevo, de acuerdo con Buxade (2000) en el segundo ciclo de puesta post-pelecha se debe fundamentalmente, al aumento de tamaño del aparato reproductor asociado al aumento del tamaño en general de las gallinas y en menor medida al alargamiento de las series ovocitales que se producen por la edad.

Producción de huevo

El análisis de varianza determinó efecto del tratamiento ($p<0.07$) sobre la producción de huevo (en unidades) de las gallinas durante 58 días después de la fase de pelecha ($p>0.05$); sin embargo, no se encontró efecto de genotipo en dicha variable ($p>0.05$). El promedio general de producción de huevo fue de 32.1 ± 9.0 unidades a los 58 días post pelecha (Cuadro 12).

Cuadro 12. Medias de mínimas para la producción de huevos de las gallinas en 58 días después de romper postura de acuerdo con el genotipo de la gallina y tratamiento

Genotipo	Promedio (u)±D.E.	Pr > t
Plymouth Rock Barrada	32.7 ^a ±10.1	<.0001
Rhode Island Roja	31.9 ^a ±8.7	<.0001
Tratamiento	Promedio (u) ±D.E.	Pr > t
Botón de oro	30.7 ^a ±8.1	<.0001
Morera	35.2 ^a ±7.8	<.0001
Nopal	35.7 ^a ±9.6	<.0001
Zanahoria	27.6 ^b ±9.9	<.0001
Promedio general	32.1 ± 9.0	<.0001

Literales a, b indican diferencias ($p<0.05$) entre promedios dentro de columna

±=Desviación estándar

U=unidades

Para el caso de la producción de huevos post-pelecha de acuerdo con el genotipo, se encontró que las gallinas Plymouth Rock Barrada produjeron en 58 días un total de 32.7 ± 10.1 huevos, mientras que las gallinas Rhode Island Roja produjeron 31.9 ± 8.7 huevos en el mismo periodo de análisis, ambos promedios iguales entre sí ($p<0.05$). Al respecto, Gutiérrez *et al.* (2021) quienes evaluaron dietas hiperfibrosas e hipocalóricas a base de harina de alfalfa y salvado de trigo como inductores de pelecha en gallinas Plymouth Rock Barrada y Rhode Island Roja reportaron una producción estimada de 25.6 huevos promedio durante un periodo de cuarenta días, producción similar a la del presente estudio.

En cuanto al efecto del tratamiento, se pudo observar que el tratamiento con zanahoria fue en donde las gallinas mostraron una menor producción de huevo ($p < 0.07$) en los 58 días después de romper postura post pelecha (27.6 ± 9.9 huevos), ello en comparación con el resto de los tratamientos evaluados, en donde la producción de huevo osciló entre 31.7 y 35.7 huevos/gallina/tratamiento en 58 días (Cuadro 12). Por su parte, Chanaksorn *et al.* (2019) indujeron pelecha con diferentes niveles de harina de yuca donde reportaron resultados de producción de huevo de 58.9 y 75.3 huevos durante un periodo de 98 días. Por otra parte, Guamán (2012) establece que el pico de producción, una vez que se reinicia la postura, se logra habitualmente una persistencia adecuada, de entre 10 y 15 semanas post-pelecha lo que explicaría la diferencia de las dos investigaciones.

ETAPA 2: Efecto del consumo voluntario de alimento post-pelecha sobre la presentación de buche penduloso

En esta etapa de investigación, no se evaluó el efecto del genotipo, solo se utilizaron gallinas híbridas (Plymouth Rock Barradas X Rhode Island Rojas) para evaluar el efecto del consumo voluntario de alimento (CVA) sobre la presencia de buche penduloso, el cual se presenta cuando después de la pelecha se suministra alimento *ad libitum* a las gallinas (Alves *et al.*, 2018). En este sentido, se encontró efecto del grupo sobre el CVA ofrecido a las gallinas ($p < 0.05$) (Cuadro 13 y Figura 5). Para el caso del Grupo 1, sometido a una dieta de sorgo en grano mostró un CVA, en los primeros tres días post-pelecha, de $60 \text{ g gallina}^{-1} \text{ día}^{-1}$, misma cantidad diaria ofrecida durante dicho periodo. Sin embargo, el CVA de alimento comercial (CA) para gallinas en fase de postura (Grupo 2) fue entre de 103.9 y $106.7 \text{ g gallina}^{-1} \text{ día}^{-1}$ de 120 g ofrecidos $\text{gallina}^{-1} \text{ día}^{-1}$. Ambos promedios diferentes ($p < 0.05$) entre sí (Cuadro 13).

Cuadro 13. Medias de mínimos cuadrados para el consumo voluntario de alimento de gallinas de acuerdo con el tratamiento y días post-pelecha

Grupo	Tratamiento	Suministro $\text{gallina}^{-1} \text{ día}^{-1}$	Días		
			1-3 Prom (g) \pm	4-6 Prom (g) \pm	7-9 Prom (g) \pm
Grupo 1	Sorgo (Sor)	60.0 g	$60.0^a \pm 0$	NC	NC
	Sorgo + AC	60g Sor + 60 g AC	NC	$107.7^a \pm 11.0$	NC
	AC	120 g AC	NC	NC	$109.2^a \pm 11.2$
Grupo 2	AC	120 g AC	$106.7^{b1} \pm 6.6$	$105.0^{a1} \pm 14.0$	$105.6^{a1} \pm 9.5$

Prom=Promedio; \pm = Desviación estándar; AC=Alimento Comercial para gallinas en fase de postura.

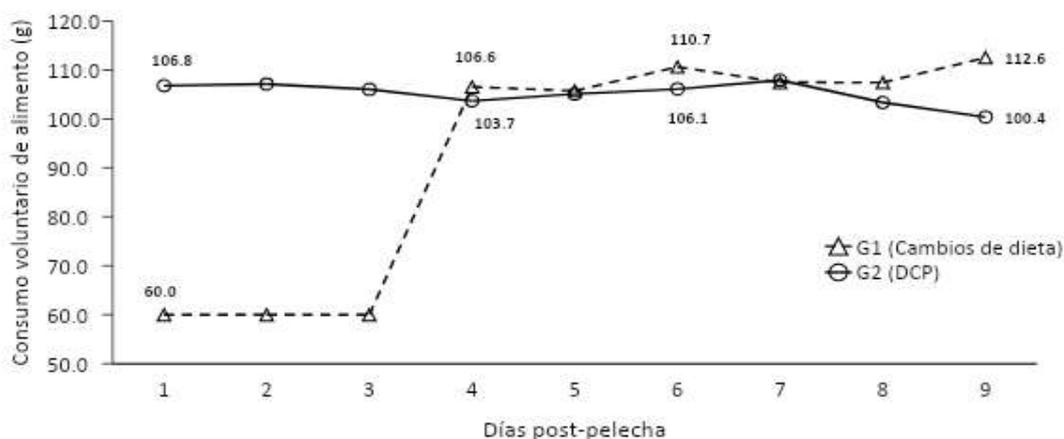
Literales ^{a, b} indican diferencias ($p < 0.05$) entre promedios dentro de columna.

Numerales ^{1, 2} indican diferencia ($p < 0.05$) entre promedios dentro de fila.

Montiel *et al.* (2012), determinaron que, debido al contenido de taninos del sorgo el consumo de este insumo, por las aves, disminuye. Ello, debido a su sabor amargo. Sin embargo, es posible que la restricción de alimento durante el proceso de pelecha de las gallinas evaluadas haya contribuido para el consumo total del sorgo durante los primeros tres días post-pelecha en el G1, fuera igual al ofrecido ($60 \text{ g día}^{-1} \text{ gallina}^{-1}$).

Mientras que cuando se ofreció el sorgo + el AC (día 4-6) solo hubo un rechazo en promedio de $12.3 \text{ g día}^{-1} \text{ gallina}^{-1}$ entre sorgo y AC (prácticamente en polvo) y entre los días 7-9, el rechazo de AC fue de $10.8 \text{ g día}^{-1} \text{ gallina}^{-1}$.

Con respecto al CVA, específicamente en el Grupo 2, se pudo observar que los consumos entre los rangos de días evaluados (1-3; 4-6 y 7-9 días) el CVA fue similar ($p > 0.05$) en ambos grupos: 107.7 y $105.0 \text{ g gallina}^{-1} \text{ día}^{-1}$, respectivamente.



G1: sorgo (día 1-3); sorgo+DCP (día 4-6); DCP (día 7-9)

Figura 5. Consumo voluntario de alimento de gallinas post-pelecha de acuerdo con el tratamiento, grupo y día

Lo anterior se encuentra dentro de los rangos reportados por Juárez *et al.* (2010) donde reportan consumos de $105\text{-}120 \text{ g}$ de alimento comercial ave⁻¹ día⁻¹, en gallinas Plymouth Rock Barradas bajo un sistema de producción similar a la de la presente investigación.

Con respecto a la incidencia de buche penduloso, de acuerdo con el análisis de probabilidad de distribución binomial negativa, se utilizaron las probabilidades de incidencia de este fenómeno descritas por Mejía (2016) del 5% y de Alves *et al.* (2018) 9.5% (Figura 6) y los resultados mostraron que la probabilidad de que este trastorno se presentara en la presente investigación fue baja; ello quizá se debió al tamaño de la muestra, la cual fue pequeña (6 gallinas por grupo). Por ello, la probabilidad de que en esta investigación se observara el buche penduloso solo sería en una gallina; aspecto que

no ocurrió y que no concuerda con Mejía (2016), quien determinó que, este trastorno puede alcanzar una incidencia del 5%. Mientras que, Alves *et al.* (2018) reporta una incidencia de 9.5 %.

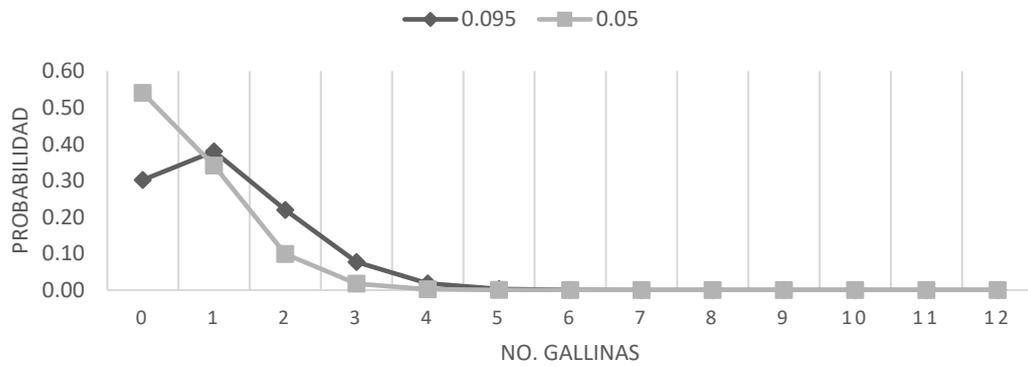


Figura 6. Probabilidades de incidencia de buche penduloso de acuerdo al número de gallinas

XI. CONCLUSIONES

1. En esta tesis, se probaron la harina de hojas de morera (*Morus alba*), el nopal (*Opuntia ficus-indica*) fresco picado, harina de hojas de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y harina de bagazo de zanahoria (*Daucus carota*), como alimentos no convencionales para pelechar gallinas de postura y se identificó al nopal como el más eficaz para inducir el proceso de pelecha.
2. Se evaluó el suministro de nopal en proporción equivalente al 20% de la ración de postura por ave y por día (120g) y se observó que las gallinas perdieron entre 25 y 30% del peso vivo en 16 días, además de mejorar otros parámetros como reducción del intervalo pelecha-retorno a postura y mayor producción de huevo.
3. Se determinó que no hubo efecto del sorgo como parte de la dieta post-pelecha para reducir la incidencia de buche penduloso, por lo que las gallinas pelechadas pueden recibir la dieta completa de postura desde el inicio, sin necesidad de controlar el consumo con el suministro de sorgo.

XII. BIBLIOGRAFÍA

Alves, A. E., Araujo, S. F., Gordon, C. T., Macari, M. y Furlan, R. L. 2018. Influence of rearing temperature and feed format in the development of the pendulous crop in broilers. *Poultry Science*. 97(10): 3556-3563 DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pey221>.

Ayasi, H. B. Dastar, B., Ghoorchi, T., Hashemi, S. R. and Tabaraei, A. 2016. Effect of utilization of maize silage in moult inducing diets on performance, immune response and bone quality in laying hens. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 25: 52–57.

Barroeta, A. C., Izquierdo, D., & Pérez, J. F. Manual de avicultura. 2010. [En línea]. Consultado el 11 de enero de 2019. Disponible en: https://previa.uclm.es/profesorado/produccionanimal/ProduccionAnimalIII/GUIA%20AVICULTURA_castella.pdf.

Bonilla, F.S.S. 2018. Parámetros productivos y reproductivos en cuatro razas de gallinas (*Gallus gallus domesticus*) de doble propósito. *Central American Journals Online*. 9(9): 1-10.

Bozkurt, M., Bintaş, E., Kirkan, Ş., Akşit, H., Küçükyılmaz, k., Erbaş, G., Çabuk, M., Akşit, D., Parın, U., Ege, G., Koçer, B., Seyrek, K. and Tüzün, A. E. 2016. Comparative evaluation of dietary supplementation with mannan oligosaccharide and oregano essential oil in forced molted and fully fed laying hens between 82 and 106 weeks of age. *Poultry Science*. 95(11): 2576-2591.

Buxade, C. 2000. La gallina ponedora: sistemas de explotación y técnicas de producción 2ª Edición. Mundi-Prensa. Madrid España. Pp. 56-60.

Callejo, R. A. 2013. Principales efectos de la aplicación de una metodología destinada a inducir la muda en ponedoras comerciales sobre su producción cuantitativa y cualitativa durante el segundo ciclo de puesta. (Tesis doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos) Recuperado de http://oa.upm.es/14951/1/ANTONIO_CALLEJO_RAMOS.pdf.

Callejo, A., Cardoso, W., Sanz, S., Daza, A., Buxadé, C. 2012a. Efecto de tres distintos aportes alimenticios restringidos como inductores de la muda en gallinas ponedoras, sobre

la pérdida de peso vivo, la regresión de ovario, oviducto y los resultados productivos. Universidad Politécnica de Madrid, España.

Callejo, A., Nicodemus, N. y Buxadé, C. 2012b. Inducción de la muda de gallinas ponedoras mediante el uso de alimentos bajos en energía y proteína: efectos en la producción y en la calidad del huevo postmuda. Simposio Científico de Avicultura", 04/10/2012- 05/10/2012, UAB, Bellaterra, Barcelona, España. pp. 1-8. https://oa.upm.es/21206/1/INVE_MEM_2012_128009.pdf.

Campos, E.J. 2000. O comportamiento das aves. Brazilian Journal of Poultry Science. 2(2): 93-113. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2000000200001>.

Canet, Z., Advinado, S., Fernández, R., Martínez, A., Libiera, J., Doltavio, A., Masso, R. 2012. Caracteres productivos a la madurez sexual y peso del huevo en función de la edad de postura en tres grupos genéticos de gallinas camperas. Compendio de Ciencias Veterinarias. p.7-12.

Cavero, P. D. 2012. La vida productiva de la gallina, hoy y en el futuro. Selecciones Avícolas. Julio de 2012. p.7-12.

CEDRSSA. 2019. La importancia de la industria avícola en México. [En línea] Consultado el 28 de abril de 2021. Disponible en: http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/47Industria_Avicola_M%C3%A9xico.pdf.

Chanaksorn, M., Boonkaewwan, C., Kayan, A., and Gongruttananun, N. 2019. Evaluation of molt induction using cassava meal varying the length of feeding period in older (90 week) laying hens. Poultry Science 98(9): 4131-4139 DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pez110>.

Flores, D. D. F. y Romero, A. Y. Z. 2018. Evaluación de dos niveles de inclusión de harina de morera (*Morus alba*) sobre los parámetros productivos de pollo de engorde. Mundo Fesc. 15(1): 53-60.

Giménez, J. 2014. Efecto de taninos del sorgo en la nutrición de aves. [En línea] Consultado el 20 de enero de 2021. Disponible en: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/efecto-taninos-sorgo-nutricion-t31276.htm>.

Gongruttananun, N., Kochagate, P., Poonpan, K., Yu-nun, N., Aungsakul, J. Sopa, N. 2017. Effects of an induced molt using cassava meal on body weight loss, blood physiology, ovarian regression, and postmolt egg production in late-phase laying hens. *Poultry Science*. 96: 1925-1933 <https://doi.org/10.3382/ps/pew457>.

González, C. J. C., Hahn, V. H. C. M., Narváez, S. W. 2014. Características botánicas de *Tithonia diversifolia* (asterales: asteraceae) y su uso en la alimentación animal. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*. 18(2): 45-58.

González H. M. E., Ambrosio M. K. G. y Sánchez E. S. (2006). Regulación neuroendócrina del hambre, la saciedad y mantenimiento del balance energético. *Rev. Medigraphic*. 7(3): 91-200.

Gordon, R, Bryant, M.M. and Roland, D.A. 2009. Performance and profitability of second-cycle laying hens as influenced by body weight and body weight reduction during molt, *Journal of Applied Poultry Research*. 18: 223-231.

Guamán, T. M. 2012. Métodos de muda forzada en gallinas de huevo comercial. (Tesis de licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo) Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2125>.

Gutiérrez, V. E., Ordaz, O. G., Val, A. D., Pérez, S. R.E. y Juárez, C. A. 2021. Evaluación de dietas hipocalóricas e hiperfibrosas sobre la muda inducida en gallinas en postura. *Abanico Veterinario*. 11 e113. Epub 11 de octubre de 2021. <https://doi.org/10.21929/abavet2021.16>.

Guzmán, M. J. R. y Rodríguez, J. T. 2018. Antecedentes de la Avicultura en México. [En Línea] Consultado el 4 de mayo de 2020. Disponible en: <https://bmeditores.mx/entorno-pecuario/antecedentes-de-la-avicultura-en-mexico-1551/>.

Hernández, V. X. 2018. Introducción a la zootecnia del pollo y la gallina. Ciudad de México. México. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp. 655-657.

Huo, S. Li, Y. Guo, Y. Zhang, S. Li, P. Gao, P. 2020. Improving effects of *Epimedium* flavonoids on the selected reproductive features in layer hens after forced molting. *Poultry Science*. 99(5): 2757-2765.

INEGI. 2009. Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos. [En línea] Consultado el: 17 de noviembre de 2019. Disponible en: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/16/16088.pdf

INEGI. 2017. Anuario Estadístico y Geográfico de Michoacán de Ocampo 2017. [En línea] Consultado el: 17 de noviembre de 2019. Disponible en: https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/MICH_ANUARIO_PDF.pdf

Jasso, M.J.B. 2012. Pelecha o muda forzada. Memoria 5a Reunión de la Asociación de Especialistas en Ciencias Avícolas del Centro de México AC, Querétaro, México, marzo de 2012:349-351.

Koch, J.M., Lay, Jr., D.C., McMunn, K.A., Moritz, J.S. and Wilson, M.E. 2007. Motivation of hens to obtain feed during a molt induced by feed withdrawal, wheat middings or melengestrol acetate. *Poultry Science*. 86: 614-620.

Koch, J.M., Moritz, J.S., Smith, D.L., Lay, Jr., D.C. and Wilson, M.E. 2005. Melengestrol acetate as an effective alternative to induce a decline in egg production and reversible regression of the reproductive tract in laying hens. II. Effect on post-molt egg quality. *Poultry Science* 84: 1757-1762.

Manterola, H. 2015. La morera una interesante alternativa forrajera para la ganadería mayor y menor en Chile. [En línea] Consultado el 10 de julio de 2020. Disponible en: <https://www.revistacebu.com/servicios/item/243-la-morera-una-interesante-alternativa-forrajera-para-la-ganaderia-mayor-y-menor-en-chile>.

Medina, B. 2016. Estrés en aves y un nuevo enfoque para su mitigación. 1ª parte. [En línea] Consultado el 2 de julio de 2020. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/stres_calorico/13-Nuevo_Enfoque.pdf.

Mejía, A. B. 2016. Buche péndulo o pendulante. [En línea] Consultado el 20 de enero de 2021. Disponible en: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/buche-penduloso-pendulante-t39269.htm>.

Montiel, M.D., Elizalde, J.C., Santini, F. B., y Giorda, L. 2012. Desactivación de taninos en grano húmedo de sorgo con polietilenglicol o urea. *Arch. Zootec.* 61(234): 235-244.

Moreira, O., Carbajal, A., Cabrera, L. y Cuadrado, C. 2013. Tablas de composición de alimentos. 16ed. Editorial Pirámide, Madrid, España, 437pp.

Nakamura-Durán, M.H., Corona, M.L.V, Aguilar, M.J., Calderón, G.M., Ortiz, R.R. y Juárez, C.A. 2018. Efecto de diferentes niveles (100, 60 y 40%) de restricción de una dieta para gallinas de postura adicionada con nopal (*Opuntia ficus-indica*) sobre la inducción a pelega. Los Avicultores y su Entorno, abril-mayo:112-118.

OIE. 2019. Bienestar animal. Código Sanitario Para Animales Terrestres. [En línea] Consultado 3 de julio de 2020. Disponible en: https://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahc/current/chapitre_aw_introduction.pdf.

Ortiz, R. J. 2004. Muda forzada en ponedoras: cuando y como realizarla. [En línea] Consultado el 15 de diciembre de 2021. Disponible en: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/muda-forzada-ponedoras-cuando-t25945.htm>.

Park, S.Y., Birkhold, S.G., Kubena, L.F., Nisbet, D.J. and Ricke, S.C. 2004. Effects of high zinc diets using zinc propionate on molt induction, organs and postmolt egg production and quality in laying hens. Poultry Science. 83:24-33.

Petek, M. and Alpay, F. 2008. Utilization of grain barley and alfalfa meal as alternative moult induction programmes for laying hens: body weight losses and egg production traits. Bulgarian Journal of Veterinary Medicine. 11(4): 243-249.

Pérez, A. y Bautista, Z. 2008. El nopal forrajero en México: del siglo XVI al siglo XX. [En línea] Consultado el 14 de agosto de 2020. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v5n2/v5n2a1.pdf>.

Pérez, S. R. E., Delgado, S. L. A., García, S. P. A., Pulido, J. y Ortiz, R. R. (2015). Caracterización, modelación morfológica y análisis proximales de *Opuntia ficus-indica* y *O. atropes* durante las épocas de estiaje y lluvias. *Revista Electrónica Nova Scientia*, N° 15 Vol. 7 (3), 2015. ISSN 2007 - 0705. pp: 133 – 152.

Ramírez, A., González, J., Andrade, V. y Torres, V. 2016. Efecto de los tiempos de conservación a temperatura ambiente, en la calidad del huevo de gallinas camperas

(*Gallus domesticus*) en la Amazonia Ecuatoriana. Revista Electrónica de Veterinaria. 17(12): 1-17.

Ricci, M. 2011. Muda forzada en ponedoras comerciales. [En línea] Consultado 3 de enero de 2021. Disponible en: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/muda-forzada-t29040.htm>.

Rivas, A. F. E. 2011. Evaluación de dos métodos de muda forzada: Restricción alimenticia y utilización de óxido de zinc, en gallinas finqueras del programa avícola de la Universidad Nacional de Loja. (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Loja) Recuperado de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/5388>.

Rivera, G. L. E. 2015. Evaluación de tres programas de muda forzada en gallinas ponedoras. (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina) Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2129>.

Salcedo, R. E. y Hernández, S. Y. 2019. Uso de ácido guanidinoacético (aga) sobre desempeño productivo y valoración económica en gallinas semipesadas sometidas a muda forzada. (Tesis de Maestría, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE) Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/21463/1/T-ESPE-042034.pdf>.

Santos, M., Savón, L., Lon-Wo, E., Gutiérrez, G., Herrera, M. 2014. Inclusión de harina de *Morus alba*: su efecto en la retención aparente de nutrientes, comportamiento productivo y calidad de la canal de pollos cuello desnudo. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas. 48(3): 259-264.

SENASA 2015. Manual de bienestar animal. Editorial SENASA. Buenos Aires. p 21.

Shwedel, K. 2010. El Dólar y la Avicultura. Revista Industria Agrícola. 58(1). Diciembre 2010.

Shwedel, K. 2011. La Volatilidad del Mercado Motiva Cambios en la Avicultura. Revista Industria Agrícola. 59(1). Noviembre 2011.

Shwedel, K. 2014. Avicultura en 2014, Expectativas Favorables, pero con Riesgos más allá de lo Económico. Revista Industria Agrícola. 61(3). Marzo 2014.

Sosa, C. 2015. Beneficios de la utilización de sorgos con taninos en las dietas de rumiantes. *Tecnosorgo, Newsletter*. 3: 1-2.

Taylor, P. A. 2018. Conceptos básicos del bienestar animal en aves. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. Universidad de Guadalajara. Pp 55, 73.

Torres, P. R. L., Morales, C. D., Ballinas, C. M. L. y Nevárez, M. G. V. 2015. El nopal: planta del desierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(5): 1129-1142.

Torres, V. M. I., Ungvari, M. J. y Salo, M. 2018. Muda y reproducción en aves de sotobosque de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, Loreto, Perú. *Ornitología Neotropical*. 29: 229–239.

UNA, 2021. Situación de la Avicultura Mexicana. [En línea] Consultado el 5 de mayo de 2021. Disponible en: <https://una.org.mx/industria/>.

Wein, Y., Shira, B. E. & Friedman, A. 2020. Increased serum levels of advanced glycation end products due to induced molting in hen layers trigger a proinflammatory response by peripheral blood leukocytes. *Poultry Science* 99: 3452-3462. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.04.009>.

Webster, A. B. 2003. Physiology and behaviour of the hen during induced molt. *Poultry Science* 82: 992-1002.

Wyckoff, J. 2021. Weekly poultry digest: an in-depth look at Mexico's poultry industry and latest USDA reports. [En línea] Consultado el 7 de mayo de 2021. Disponible en: <https://www.thepoultrysite.com/articles/weekly-poultry-digest-an-in-depth-look-at-mexicos-poultry-industry-and-latest-usda-reports>.

Wolc, A., Arango, J., Rubinoff, I. and Dekkers, J. C. M. 2020. A biphasic curve for modeling, classifying, and predicting egg production in single cycle and molted flocks. *Poultry Science*. 99(4): 2007-2010.

Yousaf, M. & Chaudhry, A. S. 2008. History, changing scenarios and future strategies to induce moulting in laying hens. *World's Poultry Science Journal*. 64(1): 65-75.

XIII. ANEXO



LABORATORIO NACIONAL DE NUTRICENÓMICA
Y MICROBIÓMICA DIGESTIVA ANIMAL (LANMDA)



INFORME DE ANÁLISIS

DATOS GENERALES

Solicitante:	Dr. Aureliano Juárez Caratachea	Nro. de informe:	LANMDA-251/2021
Atención:	UMSNH	Nro. de requisición:	SN
Dirección:	Unidad Posta - Veterinaria	Nro. de col.:	0022-2021
Teléfono:	443 338 1679	Análisis requerido:	Bromatológicos
Correo electrónico:	aureliano.juarez@urmich.mx	Fecha de informe:	01/10/2021

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Empaque primario:	Bolsa de plástico	Temp. de recepción:	<input checked="" type="checkbox"/> Ambiente <input type="checkbox"/> Refrigeración
Tipo de muestra:	Varias	Fecha de recepción:	23/09/2021
Quién entrega:	Adrián Hernández S.	Nro. de muestras:	5
Observaciones:		ID de muestra:	251 - 255

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Muestra	Parámetro			
	Humedad, %	Cenizas*, %	Extracto etéreo*, %	Nitrógeno proteico*, %
Harina de hoja de botón de oro	11.34	19.92	1.65	24.72
Harina de sorgo	11.55	4.27	2.01	8.82
Harina de bagazo de zanahoria	14.83	8.66	0.48	5.41

AV. San Juanito Itzotzaco SN
Col. Nueva Esperanza, C.P. 58337
Morelia, Michoacán, México

LANMDA-FRM-SOC-20-1
PAG.: 1 de 2



LABORATORIO NACIONAL DE NUTRICENÓMICA
Y MICROBIÓMICA DIGESTIVA ANIMAL (LANMDA)



Muestra	Humedad, %	Cenizas*, %	Extracto etéreo*, %	Nitrógeno proteico*, %
Harina de hoja de Morera	10.35	22.33	3.84	16.23
Harina de nopal	14.31	21.33	0.77	12.85

Observaciones:
* Resultado reportado en peso seco
El análisis de Nitrógeno proteico fue realizado por el método Dumas
% de proteína= % de Nitrógeno x factor de conversión (F.C = 6.25)

1. El resultado corresponde al análisis de una sola muestra
2. Los resultados presentados son válidos únicamente para los elementos sometidos a prueba descritos en este informe y bajo las condiciones que en él se mencionan.
3. Prohibida la alteración total o parcial de este informe.
4. El uso de la información es responsabilidad total del cliente.

ATENTAMENTE

M. en Ing. Sibila Concha Santos

Técnico Académico
Laboratorio Nacional de Nutricenómica y Microbiología Digestiva Animal (LANMDA)
Laboratorio de Biotecnología Acuícola y Acuicultura
Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Unidad San Juanito Itzouaro, Morelia, Michoacán, México
sibila.santos@umich.mx
Tel. (443) 3340475 ext. 130

LANMDA TIENE CERTIFICACIÓN ISO 9001:2015, NÚMERO DE CERTIFICADO MXmx 99B / INR

AV. San Juanito Itzouaro SN
Col. Nueva Esperanza, C.P. 58337
Morelia, Michoacán, México

LANMDA-FRM-SQC-26-1
PAG.: 2 de 2