



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**



**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y
FORESTALES**

**PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRÍA
EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**EFFECTO DEL ENSILAJE DE PEZ DIABLO (*Pterygoplichthys disjunctivus*)
SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CALIDAD DEL HUEVO DE
GALLINAS PONEDORAS**

TESIS QUE PRESENTA

MVZ. JUAN CARLOS CUELLAR CAMPOS

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

MORELIA, MICH., MARZO DE 2012



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**



**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y
FORESTALES**

**PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRÍA
EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**EFFECTO DEL ENSILAJE DE PEZ DIABLO (*Pterygoplichthys disjunctivus*)
SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CALIDAD DEL HUEVO DE
GALLINAS PONEDORAS**

DIRECTOR DE TESIS

DR. AURELIANO JUÁREZ CARATACHEA

COMITÉ TUTORAL

**DRA. ERNESTINA GUTIÉRREZ VÁZQUEZ
DR. ROGELIO GARCIDUEÑAS PIÑA
DR. GUILLERMO SALAS RAZO
MC. ANTONIO GARCÍA VALLADARES**

MORELIA, MICH., MARZO DE 2012

DEDICATORIA

A DIOS por haberme otorgado el más preciado de los dones que es el don de la vida. Le agradezco también el guiarme por el camino indicado para salir siempre adelante y por enseñarme que no hay límites en la vida.

A mis padres por brindarme su confianza e infinito apoyo en todos y cada uno de los momentos de mi vida. Por demostrarme que día con día con esfuerzo, responsabilidad y dedicación se pueden alcanzar metas y objetivos deseados.

A mis hermanos que dedicaron tiempo y esfuerzo para motivarme y aconsejarme. Por su gran apoyo que me impulsó a lograr un mejor desempeño y continuar creciendo tanto personal como profesionalmente.

A mi sobrina que es una bendición de DIOS y es un motivo para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores, principalmente a mi director de tesis el Dr. Aureliano Juárez Caratachea por brindarme la confianza de ser parte de este trabajo, por su apoyo incondicional y la dedicación para la finalización de la tesis.

A mis compañeros de maestría que de alguna u otra manera formaron parte de mi investigación.

Al CONACyT por la beca que me otorgó para la realización de este trabajo.

ÍNDICE

	Página
Resumen	
Abstract	
1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. HIPÓTESIS	16
4. OBJETIVO GENERAL	16
4.1. Objetivos particulares	16
5. MATERIALES Y MÉTODOS	17
5.1. Ubicación	17
5.2. Animales	17
5.3. Alojamiento	17
5.4. Diseño estadístico	17
5.5. Dietas	18
5.6. Obtención del ensilaje	20
5.7. Manejo del ensilaje de pescado	21
5.8. Costo de producción del ensilaje de pescado	21
5.9. Variables de control	22
5.10. Evaluación de la calidad del huevo	22
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
6.1. Comportamiento productivo	25
7. CONCLUSIONES	34
8. BIBLIOGRAFÍA	35

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1.	Composición químico-nutricional del ensilaje de pez diablo (%)	11
Cuadro 2.	Composición químico-nutricional de los insumos utilizados en las dietas (% en base seca)	19
Cuadro 3.	Proporción de ingredientes utilizados en las dietas a 18% de proteína cruda (% en base seca y base fresca)	19
Cuadro 4.	Composición nutricional de las dietas proporcionadas a las gallinas (% en base seca y base fresca)	20
Cuadro 5.	Costo de producción del ensilaje de pescado por kilogramo en base seca y fresca	21
Cuadro 6.	Comportamiento productivo de gallinas en postura, con diferentes niveles de inclusión de ensilaje de pescado en la dieta	25
Cuadro 7.	Indicadores externos de calidad del huevo de gallinas alimentadas con diferentes niveles de inclusión de ensilaje de pescado	28
Cuadro 8.	Indicadores internos de calidad del huevo de gallinas alimentadas con diferentes niveles de inclusión de ensilado de pescado	30
Cuadro 9.	Costo de producción por concepto de alimento (costo por kg)	32

EFFECTO DEL ENSILAJE DE PEZ DIABLO (*Pterygoplichthys disjunctivus*) SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CALIDAD DEL HUEVO DE GALLINAS PONEDORAS

Resumen

Se evaluó el efecto de diferentes niveles de inclusión de ensilaje ácido de pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*) en dietas para gallinas en postura sobre el comportamiento productivo y la calidad del huevo. Se utilizaron 60 gallinas de doble propósito de la estirpe Rhode Island Red de 35 semanas de edad, distribuidas al azar en jaulas individuales tipo batería, en cuatro tratamientos con 15 repeticiones cada uno. Las gallinas del tratamiento 1 recibieron el alimento testigo, es decir, sin inclusión de ensilaje de pescado, las de los tratamientos 2, 3 y 4 recibieron el 6, 12 y 18% de inclusión de ensilaje de pez diablo, respectivamente. La prueba experimental duró 90 días, previo periodo de adaptación de tres semanas. Los resultados generados en la presente investigación, tales como consumo de alimento, conversión alimenticia, masa de huevo, número de huevos por gallina por semana e índice de postura, resultaron significativamente mayores ($P < 0.05$) en las aves que recibieron 12 % de ensilaje de pescado en la dietas. El tamaño del huevo, peso del cascarón, peso de clara, unidades Haugh y porcentaje de clara fueron mayores ($P < 0.05$) en las gallinas que recibieron 6 % de ensilaje. El porcentaje de yema fue mayor ($P < 0.05$) en la dieta que no incluyó ensilaje de pescado. En síntesis, la inclusión de ensilaje de pescado en la dieta de gallinas en postura mejora los parámetros productivos. Los mejores indicadores productivos y de calidad del huevo se obtuvieron con 6 y 12 % de inclusión de ensilaje de pescado, aunque siempre resultaron mayores los de 12 %. El costo por kg de alimento es similar en las dietas con inclusión de ensilaje de pescado a la dieta testigo, y por consecuencia el costo por kg de huevo es más barato en la dietas que incluyen ensilaje.

Palabras clave: *ensilaje químico de pescado, ensilaje biológico de pescado, valor biológico de ensilaje de pescado, subproductos pesqueros, sustratos de pescado, desechos de pescado*

Abstract

The effect of different levels of inclusion of acid silage in devil fish (*Pterygoplichthys disjunctivus*) was evaluated in the diets of laying hens on productive performance and egg quality. 60 hens were used dual purpose of the Rhode Island Red breed 35 weeks of age, randomly distributed in individual cages battery type, in four treatments with 15 repetitions each one. The hens of treatment 1 received the control feed, without inclusion of fish silage, those of treatments 2, 3 and 4 received 6, 12 and 18% inclusion of devil fish silage, respectively. The experimental testing lasted 90 days, prior to an adaptation period of three weeks. The results generated in this investigation, such as feed intake, feed conversion, egg mass, number of eggs per hen per week and rate of lay, were significantly higher ($P < 0.05$) in birds receiving 12% of fish silage in the diets. Egg size, shell weight, weight of the egg white, Haugh units and percentage of the egg white were higher ($P < 0.05$) in hens receiving 6% of silage. Yolk percentage was higher ($P < 0.05$) in the diet of hens that did not include fish silage. In summary, the inclusion of fish silage in the diet of laying hens improves production parameters. The best indicators of production and egg quality were obtained with 6 and 12% inclusion of fish silage, but the 12% were always higher. The cost per kg of food is similar in diets including fish silage control diet, and consequently the cost per kg egg is cheaper in the diets containing silage.

Key words: *Fish silage chemical, biological fish silage, silage biological value of fish, fishery products, substrates fish, fish waste*

1. INTRODUCCIÓN

La alimentación de las aves es el aspecto económico más importante, el alimento balanceado representa de 60 a 70% del total de costo de producción. Esto significa que el precio del alimento influye en gran nivel en el costo de producción de carne o huevo. Consecuentemente el uso correcto y adecuado del alimento es primordial para el productor. En México, en 2005, la avicultura empleó aproximadamente 13 millones de toneladas de alimento balanceado, cantidad muy superior al consumido por otras especies (Cuca *et al.*, 2009).

El principal objetivo de la formulación de las dietas para las gallinas de postura es producir el mayor número de huevos durante su ciclo productivo. Una dieta balanceada y altamente digestible (85 a 90%) debe contener todos los nutrimentos en la cantidad, calidad y proporciones adecuadas. Los ingredientes deben estar disponibles, con un mínimo de sustancias tóxicas y las dietas deben ser económicas para permitir una ganancia satisfactoria (Ávila *et al.*, 2009; Cuca *et al.*, 2009).

Es importante considerar los principales factores, que regulan el consumo de alimento en las aves, ya que a mayores consumos se tendrá una mayor producción de huevo. Las aves, consumen alimento en primer lugar para satisfacer sus necesidades de energía. Si la dieta es baja en energía disponible (energía metabolizable), las aves consumirán más alimento, pero si el contenido de la dieta es alto, menor será el consumo. Cuando la ingesta energética es alta, la respuesta a diferentes niveles de proteína no es significativa. Únicamente cuando la energía es limitante, el nivel de proteína influye en la respuesta del porcentaje de postura (Flores 1994; Ávila *et al.*, 2009).

Las proteínas contribuyen en la formación de músculos (carne), los órganos internos, la piel y las plumas. También permite el crecimiento y aumenta la postura de huevos. Los aminoácidos como las proteínas, son constituyentes

primarios de la estructura externa como la piel, plumas, huesos y ligamentos, así como la estructura interna incluyendo los órganos y los músculos; por lo anterior se considera que una alta concentración de éstos en la gallina de postura influye considerablemente en su crecimiento. Por su parte, las aves maduras se sostienen bien con un bajo nivel proteico, pero en el caso de las ponedoras, hay una demanda considerable de proteína para la producción de huevo, renovación del plumaje y reparación de tejidos (Blas y Mateos, 1991; Howard, 1994; FAO, 2005).

Las grasas se utilizan en la producción de alimentos principalmente como fuente de energía y de ácidos grasos esenciales. Además, la utilización de grasas tiene una serie de ventajas físicas y nutricionales que las hacen indispensables en la industria de alimentos balanceados. Las propiedades físicas de las grasas, permite disminuir el polvo tanto en el proceso de fabricación como en el producto terminado, mejora la condición del gránulo y el aspecto del producto final. Además, mejora la palatabilidad del alimento y facilita la absorción de otros compuestos liposolubles de la dieta, como algunas vitaminas y pigmentos. La adición a las dietas de niveles adecuados de estos ácidos grasos esenciales repercute favorablemente sobre la producción animal (Dolz, 1996).

Los carbohidratos al igual que las grasas proporcionan la energía para la digestión, el movimiento, el crecimiento y la reproducción de las aves, mantener la temperatura adecuada y en el caso de las gallinas ponedoras, para producir huevos. Los requisitos específicos de energía de los pollos dependen de la edad, el nivel de producción (ponedoras) y las condiciones ambientales (confinamiento y temperatura) al igual de otros factores (French, 1981; FAO, 2005).

Las vitaminas son necesarias para que los movimientos del ave sean coordinados, contienen minerales, como el calcio y fósforo, necesarios para la producción de huevos, para el crecimiento y la formación de huesos y plumas. No son componentes estructurales del cuerpo y su función más frecuente es

[Efecto del ensilaje de pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*) sobre el comportamiento productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras]

como coenzima o reguladores del metabolismo. Las vitaminas requeridas por las aves, se clasifican de acuerdo a sus propiedades en liposolubles que incluyen las vitaminas A, D, E y K, e hidrosolubles como la tiamina, riboflavina, ácido nicotínico, biotina, ácido pantoténico, piridoxina, B12 y colina, no requieren de vitamina C en su dieta debido a que sus tejidos pueden sintetizar ésta vitamina (Austic, 1994; FAO, 2005).

Los minerales son importantes para el ave en la formación y mantenimiento de los huesos, en la formación del huevo y para la circulación de la sangre. Son componentes inorgánicos del alimento que realizan funciones específicas en el organismo animal. Los elementos que son indispensables en la dieta de las aves son: calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio, cloro, yodo, hierro, manganeso, cobre, molibdeno, zinc y selenio. Las aves necesitan recibirlos constantemente para la formación de huesos y tejidos, para formar el cascarón del huevo y para reemplazar las pérdidas por excretas (Cuca *et al.*, 1996; McDonald *et al.*, 1996; FAO, 2005)

El agua debe ser considerada como un nutriente esencial, aunque no es posible establecer un requerimiento preciso en las aves, quienes la obtienen directamente del agua de bebida y de la contenida en los alimentos, e indirectamente del metabolismo como por oxidación de nutrientes orgánicos que contienen hidrógeno. Las principales funciones del agua son primordiales y favorecen el proceso de digestión y metabolismo, así para la constitución del cuerpo y huevo, aproximadamente comprende del 55-75% del primero y 65% del segundo respectivamente (McDonald *et al.*, 1996).

Dentro de la avicultura tradicional, las razas de aves como Cornish, Rhode Island, Plymouth Rock, New Hampshire, etc. son utilizadas en programas de mejoramiento genético para la producción de estirpes adaptadas a las condiciones técnico-productivas de las zonas rurales (Finzi, 2000). En los últimos años, varios países en vías de desarrollo (en África, Asia y América Latina) vienen desarrollando programas para la producción avícola de traspatio, existiendo incluso una organización apoyada por la FAO denominada Red

Internacional para el Desarrollo de la Avicultura Familiar (RIDAF), que promueve, entre otros aspectos, el empleo de razas de aves autóctonas y la seguridad alimentaria en zonas rurales (Pampín, 2003).

Aunque el objetivo de la reproducción y los procesos fisiológicos involucrados sean los mismos, existen variaciones significativas en el comportamiento reproductivo de las distintas razas de aves, lo cual en gran medida se halla en relación al proceso de selección genética (Etches, 1996). En las razas pesadas se busca que la descendencia sea eficiente en la producción de carne lo que supone un mayor peso corporal y consumo de alimento, mayor desarrollo de pechuga y muslos, alta eficiencia de conversión alimenticia y mayor rendimiento de la canal. En el caso de las razas livianas las características que se requieren como objetivos son: cantidad y calidad de huevos, índice de producción, mayor número de huevos por gallina (Buxade, 1988).

El consumo mundial de productos avícolas, especialmente la carne de aves de corral, ha aumentado constantemente en los últimos años, y de esta tendencia se espera continuo crecimiento. Gran parte del aumento de la demanda mundial de productos de aves de corral será en los países en vías de desarrollo. Este crecimiento en la industria avícola tiene alta demanda de alimentos y materias primas. Sin embargo, también es cada vez más claro que los requisitos para los cuatro ingredientes tradicionales maíz, harina de soya, harina de pescado y harina de carne, no pueden ser satisfechas, incluso de acuerdo con las previsiones optimistas (FAO, s.a.).

La FAO ha estimado que la demanda por carne se duplicará en el año 2030 y que la demanda por leche será más del doble en este período de 30 años (Cardellino 2003). De manera similar, el informe de la FAO (2009), reporta que el número de personas que padecen hambre aumentó en el período 1995-1997 y 2004-2006 en todas las regiones, excepto en América Latina y el Caribe.

No obstante, si bien, la proporción de personas subnutridas disminuyó constantemente desde el período 1990-1992 hasta 2004-2006, esta reducción

fue mucho más lenta de lo necesario para cumplir la meta de reducción del hambre establecida en el primer Objetivo de Desarrollo del Milenio (Machinea *et al.*, 2005).

Para contrarrestar la falta de carne, parte de la solución puede ser la industria avícola que puede aportar huevo y carne. Las aves, principalmente las de postura y pollos de engorda, crecen con más rapidez que otras especies debido a sus características biológicas. Además, las aves transforman, en forma más eficiente que otras especies, productos de origen vegetal y animal, que por el momento no son consumidos directamente por el hombre, en productos de superior calidad nutritiva para el consumo humano (Cuca y Ávila, 1998).

El huevo es uno de los alimentos de origen animal más completos que existen. Sin embargo, establecer las especificaciones y control de la calidad de éste para consumo humano no es un problema de fácil solución, dado que involucra numerosos factores. Muchas técnicas de laboratorio se han desarrollado para determinar la calidad del huevo en gallinas de estirpe comercial (Abadía *et al.*, 1998).

Inmediatamente después de la puesta y durante el almacenamiento, varios cambios bioquímicos, físicos y mecánicos, se producen en los constituyentes del huevo (Huyghebaert, 2006). Estas modificaciones son bien conocidas y refieren principalmente el aumento del volumen de la cámara de aire, la licuefacción de la parte densa de la albumina y el debilitamiento de la membrana vitelina que separa la yema y el albumen (Berardinelli *et al.*, 2008).

Algunos factores que afectan la calidad del albumen, son principalmente la línea genética, la edad de la gallina, el tiempo transcurrido luego de la ovoposición, las condiciones de almacenamiento y la influencia del tiempo. Con respecto a las condiciones de almacenamiento, se conoce que las bajas temperaturas prolongan la calidad del huevo, sin embargo, en muchas regiones, la refrigeración y manipulación de los huevos no es controlada

durante la distribución y comercialización. (Bell *et al.*, 2001, Jones y Musgrove, 2005; Oliveira *et al.*, 2009).

Los incrementos en la temperatura y el tiempo prolongado de almacenamiento causan un rápido decremento en la calidad interna, con temperaturas por encima de 15.5 °C, se presentan transformaciones de la albumina de densa a líquida (Van den Brand *et al.*, 2008).

Dentro de los alimentos de origen animal, según Hernández *et al.* (2000), el huevo se sitúa en el tercer lugar en cuanto a volúmenes de producción y consumo. La leche está en primer lugar, seguida de la carne. El consumo mundial de huevos en 1998 según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), alcanzó 8.1 kg/habitante. La leche alcanzó un equivalente de 91.6 kg/habitante, mientras que el consumo de carne fue de 36.3 kg/habitante (FAO, 2003).

Castillo *et al.* (2005) mencionan reportes de la manipulación de ácidos grasos omega-3 en la alimentación animal con el propósito de incrementar el contenido de éstos en los productos animales. Los resultados han revelado la posibilidad de la incorporación de ácidos grasos esenciales, específicamente ácido eicosapentanoico y docosahexanoico, en carne y yema de huevo.

Una limitante en la alimentación aviar es la falta de fuentes de proteína de calidad, con buen valor nutricional y con buenos rendimientos. Según Campabadal y Zumbado (1985), existen varias materias primas de alto contenido proteínico (harina de soya tipo solvente o tipo expeler, harina de pescado, harina de gluten de maíz, harina de carne, harina de hueso, harina de sangre y harina de plumas) cuyo valor nutritivo es variable tanto por los procesos de manufactura como por problemas de adulteración, dando como resultado dietas pobremente balanceadas y con elevados costos de producción.

Debido a que la producción de harina de pescado generalmente implica gastos tanto de energía como de capital, el proceso no siempre resulta económico, causando problemas serios de escasez e incremento del precio del producto (Martin, 1996). Por tal razón, existe una gran demanda de proteínas de alta calidad y bajo precio para ser utilizados en la formulación de alimentos para animales (Li *et al.*, 2004).

En relación con lo anterior, Berenz *et al.* (1997), señalan que entre los factores más importantes en la producción animal se destaca la alimentación. Los mismos autores indican que el alto costo se debe en gran medida a que la mayoría de las fuentes proteicas son costosas. Una fuente alternativa es el ensilaje de pescado, este es un producto de fácil manufactura y bajo costo, que utiliza desechos de la industria del pescado tales como: cabezas, colas, vísceras, escamas y pescados enteros inusuales para el consumo y permite recuperar una fuente necesaria de proteínas adquiriendo un valor agregado (Plascencia *et al.*, 2002).

En el tratamiento comercial tradicional la piscifactoria toma de lo que no es apto para el consumo humano grandes cantidades de subproductos, que son una fuente potencial de contaminación si se vierten en el río, el mar, o son desechados en la orilla de lagos o represas, es bien conocido que estos subproductos del pescado representan una valiosa fuente de proteína, que puede ser convertida en ensilaje de pescado para incorporarse en las dietas de animales (Kjos *et al.*, 2001).

El ensilaje de pescado es definido como un proceso de conservación que se puede realizar por acidificación directa del pescado o desperdicios de su procesamiento con ácidos (ensilaje químico), o por fermentación (ensilaje biológico), con bacterias lácticas que utilizan una fuente de carbono para producir ácido láctico *in situ* (Ockerman y Hansen, 1994; Shirai *et al.*, 2001; Zahar *et al.*, 2002).

[Efecto del ensilaje de pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*) sobre el comportamiento productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras]

Para la obtención del ensilaje químico se pueden adicionar ácidos orgánicos e inorgánicos al pescado tales como: fórmico, sulfúrico, clorhídrico, propiónico; o combinados con mezclas de acético, fórmico y fosfórico o fórmico y sulfúrico o propiónico y sulfúrico (Barral *et al.*, 1989). Dicho ensilado es un procedimiento seguro desarrollado en cualquier tipo de clima, siendo más utilizado en los climas cálidos, en donde se pueden utilizar todos los tipos y desperdicios de pescado, siempre que no se hayan sido cocinados o desecados antes.

En el proceso de ensilado biológico es común utilizar inóculos de bacterias productoras de ácido láctico (BPAL) tipo homofermentativos de los géneros *Lactobacillus*, *Pediococcus* o *Streptococcus* y fuentes de carbohidratos como la melaza de caña, para acelerar el proceso fermentativo (Zuberi *et al.*, 1993; FAO, 1997).

Por ambos métodos, se tiene el propósito de producir un suplemento proteínico de alta calidad para animales llamado “ensilaje de pescado” que puede ser almacenado a temperatura ambiente por tiempo prolongado, sin reducir su valor nutritivo y calidad higiénica. El ensilaje de pescado es un producto de alto valor biológico que presenta una composición química similar a la materia prima usada para su elaboración (Hall, 2002; Vidotti *et al.*, 2002).

De acuerdo al ensilaje que se utilice, sea químico o biológico más de 70% del nitrógeno presente será soluble (Arason, 1994). Por otra parte, al incrementar la hidrólisis de proteína también aumenta la digestibilidad, lo cual resulta en su mejor aprovechamiento cuando el ensilaje de pescado es usado en dietas para animales monogástricos (Espe *et al.*, 1999).

Durante el proceso de elaboración del ensilaje de pescado, el ácido activa las enzimas endógenas propias del sustrato (pescado o desechos de pescado), las cuales hidrolizan las proteínas. El proceso es llamado “autólisis” y provoca un aumento en la concentración de aminoácidos libres y péptidos, lo cual da lugar a un incremento de la solubilidad. La hidrólisis proteínica hace el producto más

digestible y podría ser conveniente en la formulación de dietas para animales en la etapa de iniciación (Raa y Gildberg, 1982; Haard *et al.*, 1985).

Al incrementar la hidrólisis y digestibilidad proteínica del ensilado, aumenta la formación de péptidos y aminoácidos libres altamente solubles, los cuales presentan propiedades nutricionales excelentes (Benjakul y Morrisey, 1997; Ravallec *et al.*, 2001). Esto último ha sido controversial en cuanto a los beneficios que pueden ofrecer los hidrolizados proteínicos al ser utilizados en alimentos para animales (Espe *et al.*, 1999). Sin embargo, es recomendable evaluar la digestibilidad proteínica del ensilaje, ya que el valor nutricional de dietas balanceadas depende de la digestibilidad de cada ingrediente (Vidotti *et al.*, 2002).

El ensilaje de pescado puede ser una fuente alternativa de nutrientes en la alimentación animal. Sin embargo, el contenido de proteínas, lípidos y minerales del ensilado de pescado depende principalmente de la materia prima utilizada para su elaboración (Martin, 1996); aunque por lo general, el ensilado presenta altas concentraciones de estos nutrientes. Además, el ensilado de pescado presenta valores satisfactorios de aminoácidos esenciales (Espe *et al.*, 1994; Vidotti *et al.*, 2003), así como también elevada digestibilidad de la proteína (Vidotti *et al.*, 2002).

En relación al aspecto nutricional, la hidrólisis proteínica que resulta del ensilaje de pescado fermentado es menor que en el ensilaje producido por adición de ácido. Además, el proceso de fermentación ayuda a estabilizar la calidad del aceite en el producto, lo cual resulta más atractivo para los animales (Enes Dapkevicius *et al.*, 1998; Kjos *et al.*, 2001).

El ensilaje de pescado se emplea comúnmente como materia prima en las dietas destinadas al consumo animal por ser una fuente de proteína cuyo valor nutricional es comparable al de la harina de pescado, (Raa y Gilberg, 1982). En varios países se ha desarrollado el uso de los ensilados como suplemento nutricional, principalmente en animales

[Efecto del ensilaje de pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*) sobre el comportamiento productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras]

domésticos (porcinos, rumiantes y aves de engorda) y en todos los casos el producto ha dado resultados significativos en la dieta animal (Martínez *et al.*, 1991; Areche *et al.*, 1992).

En estudios de alimentación realizados en varias especies animales han mostrado la ventaja de tener parte de la proteína predigerida en la dieta, pero hay un límite sobre el cual los animales tendrían dificultad en usar la proteína absorbida para propósitos de síntesis. En ese sentido, alto grado de hidrólisis de la proteína de ensilado de pescado probablemente puede disminuir el valor nutritivo del alimento para rumiantes, pero no así para el caso de los animales monogástricos (Espe *et al.*, 1992).

En la industria pesquera se procesa una gran variedad de especies, de las cuales sólo del 40 al 50% representa la fracción comestible. El resto constituye subproductos ricos en proteínas que se pueden transformar en diversos productos útiles. Cuando se capturan peces y moluscos existen numerosas especies entre las capturas que no se consumen como alimento humano, denominados morralla, que puede también transformarse en productos de gran utilidad (Ockerman y Hansen, 1994).

En presas, lagos, embalses que aportan de la acuicultura sus recursos y que soportan la demanda de las pesquerías establecidas, representan un conjunto de especies agrupadas bajo los nombres comunes de: lobina, carpas, bagres, tilapias, charal, pescado blanco, acúmara, popocha, topote, sardinas, mojarra, trucha, peje-lagarto y matalote; de las cuales las más importantes, son las 6 primeras por los volúmenes de producción que reportan (FAO, 1992).

En Michoacán se localiza la Presa El Infiernillo, ubicada en la cuenca del Río Balsas, entre los límites de los estados de Michoacán y Guerrero. Su longitud máxima es de 120 km y tiene una profundidad media de 35 m. Su superficie inundada en los niveles de máxima y mínima operación, fluctúa entre 34,600 y 14,100 ha. El Infiernillo es una de las presas más grandes del país, pues acumula 12.5 millones de metros cúbicos de agua (Juárez, 1989).

[Efecto del ensilaje de pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*) sobre el comportamiento productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras]

En dicha presa se encuentra gran población del pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*), el cual se ha expandido a todos los arroyos del Río Balsas, así como al afluente de Tepalcatepec en un periodo de 6 años. Díaz (2006), menciona que la producción de pesca de tilapia ha disminuido de 40 a 50% en los últimos 4 años. El mismo autor señala que la mejor manera de aprovechar esta especie, es elaborando harinas que pueden agregarse como aditivo nutritivo a los alimentos para animales, ya que no es demandado para consumo humano.

La composición química (proteína, materia seca, calcio, fósforo) del ensilaje de pez diablo se determinó según los métodos de AOAC (1990) en el Laboratorio de Nutrición de la Universidad Autónoma de Yucatán (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición químico-nutricional del ensilaje de pez diablo (%)

Humedad	65.67
Materia seca	34.33
Proteína cruda	51.20*
Materia orgánica	74.85
Cenizas	25.15
Calcio	7.47
Fósforo	5.36
Grasa	-
Fibra	-
T.N.D	-

En las últimas décadas el ensilaje de pescado ha sido reportado como alimento en la producción animal, por ejemplo, Smith (1977); Tibbets *et al.* (1981); Wiseman *et al.* (1982), informan haberlo utilizado en cerdos, Johnson *et al.* (1985); Berenz, (1990) y Kjos *et al.* (2001), en pollos de engorda, Herstad *et al.* (2000) y Balios (2003), en gallinas de postura. También se conocen investigaciones sobre la utilización del ensilaje de pescado en la alimentación de codornices en postura (Collazos y Guio, 2004).

[Efecto del ensilaje de pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*) sobre el comportamiento productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras]

Hassan y Heath (1987), informan que la inclusión de 5 o 10% de ensilaje de pescado en el alimento, mejoró la conversión alimenticia de pollos de engorda, en comparación con un alimento control sin ensilaje. Por su parte, Espe *et al.* (1992), observaron que la sustitución de harina de pescado por ensilaje de pescado (0, 5, 10, 20, 30 ó 40%) en la alimentación de pollos de engorda, no afectó o mejoró el crecimiento y la conversión alimenticia.

En Venezuela, se estudió la utilización de ensilaje de pescado biológico como un sustituto alternativo de proteína en la dieta de pollos de engorda. Mediante pruebas biológicas de aceptabilidad se observó que los pollos prefirieron las dietas con hasta 50% de inclusión del ensilaje. Además, los pollos alimentados con ensilaje de pescado registraron mayores aumentos en peso. Se encontró que un nivel de inclusión de 5-20% de ensilaje de pescado en dietas de pollos de engorde puede dar resultados similares a los obtenidos con la harina de pescado (Bello, 1997).

Rodríguez *et al.* (1990b), realizaron un ensayo de cinco semanas con 120 pollos (Cobb x Cobb), que se asignaron al azar en grupos de 10 animales cada uno con 4 réplicas por tratamiento. Las dietas consistieron en 5% con inclusión de harina de pescado y con ensilaje químico de pescado al 2.5 y 5%. Se midió el consumo de alimento y el incremento de peso corporal, y se calculó el índice de conversión. El consumo y el incremento de peso de los pollos alimentados con la dieta que contenía 5% de ensilaje fueron superiores significativamente a los otros dos tratamientos durante las tres primeras semanas, pero similares a partir de la cuarta semana. El índice de conversión fue comparable entre tratamientos. Los autores sugieren la utilización de 5% de ensilaje.

Balios (2003), evaluó dos niveles de inclusión de ensilaje químico de pescado a base de sardina, caballa y atún (2.5 y 5%) en gallinas de postura, encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el peso del huevo, aumento de peso y el grosor de la cáscara del huevo y porcentaje de yema, observó que aumentaron de forma lineal conforme aumentó el nivel de inclusión de ensilaje. El autor observó un índice de producción superior al incluir ensilaje de pescado, una

mejor conversión alimenticia con el tratamiento al 5% y una mejor utilización del alimento al 2.5%.

Guevara *et al.* (1991) realizaron estudios con ensilaje biológico de pescado, utilizaron 128 pollos del cruce Cobb x Cobb, de un día de nacidos, en un ensayo durante seis semanas. Utilizaron cuatro tratamientos (dietas con 2.5 y 5% de ensilado de pescado, harina de pescado 5% y control sin pescado), formándose cuatro grupos de ocho animales por tratamiento. Se evaluó el incremento de peso en cada pollo y el consumo de alimentos, para obtener el índice de conversión. Los resultados indican que no existen diferencias significativas entre los incrementos de peso desarrollado por las aves alimentadas con los diferentes tratamientos, sin embargo, se observó que el mejor índice de conversión lo presentó la dieta con 5% de ensilado de pescado.

Kjos *et al.* (2000), estudiaron el efecto de la inclusión de ensilaje de pescado en la dieta sobre el desempeño y la calidad de la carne de pollos de engorda y encontraron que dicha inclusión puede ser llevada hasta niveles correspondientes a 21% de la proteína total observándose resultados positivos, en adición señalaron que niveles altos de grasa en el pescado ensilado pueden causar un incremento deseable en los niveles de ácidos grasos poli-insaturados omega -3 en las pechugas y en la grasa abdominal de los pollos.

Collazos y Guío (2004), evaluaron una dieta control sin derivado de pescado y tres niveles de inclusión de ensilaje biológico de tilapia (2, 4 y 6%) respectivamente en la alimentación de codornices y no encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) en consumo de alimento, masa de huevo, peso del huevo, conversión alimenticia, ganancia de peso, unidades Haugh, espesor del cascaron y porcentaje de yema. Si hubo diferencias ($P<0.01$) en la producción de huevo, fue mayor en la dieta que no incluyó ensilaje de pescado. A pesar de no mostrar diferencias el consumo de alimento y el peso del huevo fueron superiores en las dietas que incluían ensilaje de pescado.

Betancourt *et al.* (2005), evaluaron ensilaje de víscera de trucha (EVT) en pollos de engorda, reportaron mayor peso al sacrificio ($P<0.05$) en los pollos que consumieron la dieta con 20% de inclusión de ensilaje biológico de vísceras de trucha, con un peso promedio de 2.250 kg y el grupo experimental sin inclusión de EVT presentó el menor peso corporal al sacrificio. Similares resultados obtuvieron Ponce y Gernat (2002) con inclusión de ensilaje de subproductos de tilapia, Kjos *et al.* (2000) con ensilaje de pescado y López-Ferrer *et al.* (2001) con aceite de pescado en la dieta de pollos de engorde.

Betancourt *et al.* (2005), mencionan que ese comportamiento podría explicarse por un mayor consumo de alimento presentado por los pollos de engorde del grupo con 20% de inclusión de EVT, con un consumo de 3.725 kg cuando se compara con el grupo testigo cuyo consumo fue de 3.570 kg, posiblemente explicado por una mayor palatabilidad debido a la cepa láctica presente en el ensilado o al contenido de melaza. Berenz (1994) también observó preferencia por las dietas con ensilaje de residuos de sardina.

Zynudheen *et al.* (2008), estudiaron la inclusión de ensilaje biológico de pescado al 10%, desechos de pescado seco y pescado seco sin sal en la alimentación de codornices. Los resultados indican que no hubo diferencias significativas ($P>0.05$) en la ganancia de peso corporal entre los grupos experimentales de las aves. Sin embargo, en los grupos de animales alimentados con residuos de pescado seco mostró un mejor índice de peso corporal. La producción de huevos y las unidades Haugh fueron significativamente mayores ($P<0.05$) en las aves alimentadas con ensilaje de pescado.

2. JUSTIFICACIÓN

La demanda por alimentos agrícolas y de origen animal para la producción pecuaria a nivel mundial cada vez tiene mayor auge, la harina de pescado, harina de carne, harina de soya, son considerados como los principales componentes en las dietas para animales, sin embargo el costo de estos insumos ha ido en aumento durante los últimos años.

Los desechos pesqueros pueden ser potencial nutritivo, pero la degradación de estos residuos al ser eliminados puede causar graves problemas de contaminación ambiental y riesgos para la salud humana. Estos desechos pesqueros han sido utilizados principalmente para producir harinas, aceites, suplementos líquidos, pero debido a su elevado costo y aumento en la demanda ha provocado escases en el producto. Lo anterior ha promovido la búsqueda de alimentos proteínicos y económicos para animales.

La conservación de los desechos pesqueros por fermentación ácida ofrece varias ventajas en comparación con la harina de pescado, Las técnicas empleadas para su manufactura son simples, requieren baja inversión de capital y mínima mano de obra.

El ensilaje químico de pescado es una fuente excelente de nutrientes que puede ser usado como suplemento proteínico en la alimentación para animales.

El presente estudio está encausado hacia el aprovechamiento de recursos locales como el pez diablo, para producir ensilaje de pescado por fermentación ácida, con la finalidad de darle un valor agregado y disminuir los problemas de contaminación. Asimismo, aplicar el producto obtenido en alimentación de gallinas de postura con la intención de disminuir los costos de producción.

3. HIPÓTESIS

Con base en los antecedentes ya señalados en los que se destaca la disponibilidad del pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*) y a la composición química del ensilaje de éste (51.2% de proteína), es factible sustituir fuentes de proteína tradicionales como la pasta de soya en raciones para gallinas en postura, sin detrimento de la producción ni de la calidad del huevo y con la posibilidad de reducir los costos de producción.

4. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión de ensilaje ácido de pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*) en dietas para gallinas en postura sobre el comportamiento productivo y la calidad del huevo.

4.1. Objetivos particulares

- 1.- Determinar con qué nivel de inclusión de ensilaje de pescado se obtiene mejor desempeño productivo.
- 2.- Evaluar la calidad del huevo, según el nivel de inclusión de ensilaje en la dieta.
- 3.- Estimar los costos de producción por concepto de alimentación, según nivel de inclusión de ensilaje en la dieta.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación

El trabajo se desarrolló en las instalaciones del sector avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ubicado en el km 9.5 de la carretera Morelia Zinapécuaro, municipio de Tarímbaro, Mich. Las características de la región son: clima templado con lluvias en verano, precipitación pluvial anual de 600 a 800 mm, con una altitud entre 1900 y 2400 msnm, y temperatura anual promedio de 16 a 18° C (INEGI, 2008).

5.2. Animales

Para el presente trabajo se utilizaron 60 gallinas de doble propósito de la estirpe Rhode Island Red de 35 semanas de edad, con peso vivo promedio de 1931.7 ± 263.1 , las cuales se seleccionaron aleatoriamente de la parvada que mantiene el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) de la UMSNH en el área avícola de la FMVZ.

5.3. Alojamiento

Las gallinas se distribuyeron al azar en jaulas individuales tipo batería con medidas de 40x40x45, el alimento se les proporcionó en botes adaptados de forma separada y se utilizaron bebederos automáticos.

5.4. Diseño estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y 15 repeticiones, las gallinas del tratamiento T1 recibieron el alimento testigo, es decir, sin inclusión de ensilaje de pescado, T2 6%, T3 12% y T4 18% de inclusión de ensilado de pez diablo.

El modelo matemático fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}.$$

Donde:

Y_{ij} = el valor de una observación

μ = efecto común general a todas las observaciones

T_i = efecto de las dietas (0, 6, 12, 18% de ensilaje de pescado)

E_{ij} = efecto aleatorio asociado a cada observación

Los datos fueron procesados mediante análisis de varianza y comparación de medias (Duncan), con el paquete estadístico SAS (SAS, 2002).

5.5. Dietas

La formulación de las dietas se realizó de acuerdo a los requerimientos de las gallinas de postura, según el National Research Council (1994). Las materias primas que se utilizaron en la formulación fueron sorgo, pasta soya, salvado de trigo, ensilaje de pescado, minerales y vitaminas. El nivel de inclusión de ensilado de pescado fue de 0, 6, 12 y 18% de la dieta.

[Efecto del ensilaje de pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*) sobre el comportamiento productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras]

Cuadro 2. Composición químico-nutricional de los insumos utilizados en las dietas (% en base seca)

Ingredientes	MS	PC	EM Mcal/kg	Ca	P
Salvado	90,58	15,98	2,32*	0,18	1,44
Sorgo	89,69	8,53	3,23*	0,03	0,35
Pasta de Soya	90,02	48,14	3,54*	0,35	0,97
Ensilaje pescado	34,33	51,2	2,95**	7,75	5,36

MS: Materia Seca; **PC:** Proteína Cruda; **EM:** Mcal/kg Energía Metabolizable; **Ca:** Calcio; **P:** Fósforo

* Los valores de energía metabolizable de salvado, sorgo y soya fueron considerados de acuerdo a lo establecido por el NRC (1994).

** El valor de energía metabolizable del ensilaje fue calculada de acuerdo a la fórmula de regresión de McDowell (1974), para animales monogástricos.

La composición química (humedad, proteína, calcio, fósforo) de las dietas se determinó según los métodos de AOAC (1990) en el Laboratorio de Nutrición de la Universidad Autónoma de Yucatán.

Cuadro 3. Proporción de ingredientes utilizados en las dietas a 18% de proteína cruda (% en base seca y base fresca)

Ingredientes	Niveles de inclusión de ensilado de pescado							
	0%		6%		12%		18%	
	BS	BF	BS	BF	BS	BF	BS	BF
Salvado	26.90	26,73	26.17	23,70	27.24	22,66	26.20	20,15
Sorgo	48.66	48,83	51.13	46,75	52.31	43,94	54.80	42,56
Pasta de soya	19.90	19,90	13.39	12,20	6.34	5,31	0	0
Ensilaje de pescado	0	0	6	14,33	12	26,33	18	36,52
Carbonato de calcio	3.54	3,54	2.31	2,11	1.11	0.93	0	0
Microminerales	1	1,00	1	0,91	1	0.84	1	0.77

[Efecto del ensilaje de pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*) sobre el comportamiento productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras]

Cuadro 4. Composición nutricional de las dietas proporcionadas a las gallinas (% en base seca y base fresca)

Tratamiento (niveles de inclusión)								
	0%		6%		12%		18%	
	BS	BF	BS	BF	BS	BF	BS	BF
PC	18.02	16.22	18.06	16.07	18.01	15.95	18.07	15.80
EM Mcal/kg	2.900	2.613	2.909	2.590	2.900	2.569	2.908	2.540
Ca	1.8	1.62	1.8	1.61	1.8	1.59	1.8	1.58
P	0.75	0.68	1	0.89	1.28	1.13	1.53	1.34
Lis	0.95	0.86	0.99	0.88	1.00	0.88	1.03	0.91
Met	0.28	0.26	0.33	0.29	0.37	0.33	0.42	0.37
Treo	0.69	0.63	0.80	0.71	0.63	0.56	0.60	0.53
Trip	0.21	0.19	0.21	0.19	0.20	0.18	0.20	0.18
MS	100	90.1	100	89.3	100	88.6	100	87.8
Costo kg	4.44	4.00	4.47	3.99	4.50	3.99	4.53	3.98
\$ base 90.1 MS		4.00		4.02		4.06		4.08

MS: Materia Seca; **PC:** Proteína Cruda; **EM:** Mcal/kg Energía Metabolizable; **Ca:** Calcio; **P:** Fósforo; **Lis:** Lisina; **Met:** Metionina; **Treo:** Treonina; **Trip:** Triptófano; **MS:** Materia Seca

5.6. Obtención del ensilaje

El proceso para la obtención del ensilaje de pez diablo fue de tipo químico, el cual consistió en adicionarle ácido fórmico al 85%, en una proporción de 2.35 L por cada 100 kg de pez diablo, se mezclaba diariamente durante 15 días y una vez que el pH se mantuvo estable entre 4 y 4.5 se adicionó en las distintas dietas. Al término del proceso de elaboración del ensilaje de pescado, éste se almacenó en recipientes de plástico que se conservaron en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Unidad Posta).

5.7. Manejo del ensilaje de pescado

Para reducir la humedad del ensilaje de pescado, se procedió de la siguiente manera: se mezcló el ensilaje de pescado con salvado de trigo, según la proporción requerida de ensilaje y salvado para cada dieta, se expuso a temperatura ambiente en sombra por espacio de una semana, posteriormente se pasaba por una licuadora de uso doméstico para reducir el tamaño de partícula que se formó durante el secado y facilitar el mezclado homogéneo con los demás ingredientes.

5.8. Costo de producción del ensilaje de pescado

Cuadro 5. Costo de producción del ensilaje de pescado por kilogramo en base seca y fresca

Insumo	Unidad de medida	Costo Unitario (\$)	Cantidad	Costo total
Pez Diablo	Kg	1.00	500	\$500.00
Ácido Fórmico	Litro	40.00	9.89	\$395.75
Energía Eléctrica	Kwatt/hora*	2.52	41.25	\$103.79
Mano de Obra	Jornada	100.00	2	\$200.00
Depreciación de Materiales	Hora	10.94	2.50	\$27.34
Depreciación de Molino, Mezcladora, Congelador y Potenciómetro (1)	Hora	21.45	2.50	\$53.62
Depreciación Cristalería de Laboratorio y reactivos (2)	Hora	5.00	2.50	\$12.50
Total				\$1293.00
Costo de producción por kg de ensilaje en base fresca				\$2.5
Costo de producción por kg de ensilaje en base seca				\$7.28

*Fuente: Secretaría de Energía, 2009; (1) Depreciado a 4 años y (2) Depreciado a 3 meses

El costo de producción por concepto de alimento se calculó con base al precio de los insumos como se encontraban en el mercado en el momento de la compra (marzo de 2011).

5.9. Variables de control

Cambios de peso vivo de las gallinas (inicial y final), se usó una balanza electrónica con precisión de 0.1 g (Marca: Denver Instrument, modelo TP-6101).

Producción de huevo: No. de huevos, peso del huevo y masa de huevo = (kg de huevo por ave)

Conversión alimenticia (consumo de alimento kg/kg de huevo producido).

La prueba experimental duró 90 días, con tres semanas previas de adaptación.

En la caseta, la luz natural fue complementada con luz artificial para contar con un fotoperiodo de 16 h. Diariamente se recolectó el huevo a las 12:00 h. El consumo de alimento se evaluó de modo individual para cada gallina con comederos separados y se midió semanalmente.

5.10. Evaluación de la calidad del huevo

Las mediciones externas fueron: peso de huevo y del cascarón (g), para ello se utilizó una balanza digital con precisión de 0.1 g (marca Escali, modelo L600, China); espesor del cascarón (mm), éste se midió con un micrómetro de mano (Mitutoyo No.7301, Japón) ; diámetro polar o longitudinal y ecuatorial o corto (largo y ancho del huevo) se midieron con la ayuda de un Vernier (marca Scala, México); porcentaje de cascarón, el cual se estimó a través de la siguiente ecuación: $\%C = \text{peso del cascarón} / \text{peso del huevo completo} \times 100$; índice de forma, éste se obtuvo mediante la fórmula $IF = \text{diámetro ecuatorial o menor} / \text{diámetro polar o mayor} \times 100$.

Las mediciones internas comprendieron: diámetro de clara y yema, para ello se midió con un Vernier; altura de clara y yema, éstas se midieron con la barra de profundidad del Vernier; peso de clara y yema,

[Efecto del ensilaje de pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*) sobre el comportamiento productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras]

para ello se utilizó una balanza digital con precisión de 0.1 g; unidades Haugh, éstas se determinaron a través de la ecuación $UH = 100 \log (H + 7.75 - 1.5 W^{0.37})$ donde H representa la altura de la clara en mm y W representa el peso del huevo. Pigmentación de yema, se determinó con el abanico Roche (Ovocolor BASF D-6700, Alemania)

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados generados en la presente investigación sugieren que los indicadores productivos de las gallinas, tales como consumo de alimento, conversión alimenticia, masa de huevo, número de huevos por gallina por semana, índice de postura, tamaño del huevo, peso del cascarón, peso de clara, unidades Haugh, porcentaje de clara y yema resultaron significativamente mayores ($P < 0.05$) en las aves que recibieron ensilaje de pescado en la dieta, en comparación con los resultados de las gallinas de la dieta testigo.

Dichos resultados parecen confirmar la hipótesis de trabajo que se tenía avanzada, en el sentido de que era factible sustituir fuentes de proteína tradicionales como la pasta de soya por el ensilaje ácido de pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*), en raciones para gallinas de postura, sin detrimento de la producción de huevo ni de la calidad del mismo, como se muestra en los Cuadros 6, 7, 8.

[Efecto del ensilaje de pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*) sobre el comportamiento productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras]

6.1. Comportamiento productivo

Cuadro 6. Comportamiento productivo de gallinas en postura, con diferentes niveles de inclusión de ensilaje de pescado en la dieta

Parámetro	Tratamiento (niveles de inclusión)			
	0 %	6 %	12 %	18 %
Peso vivo inicial, g	1940.2±301.1 ^a	1937.5±207.1 ^a	1916.2±359.3 ^a	1934±164.9 ^a
Peso vivo final, g	1819.2±196.7 ^a	1865.4±266.1 ^a	1914.5±387.7 ^a	1904±285.8 ^a
Cambio de peso, g	- 121.2±120.5 ^a	- 68.7±147 ^{ab}	- 1.6±109.1 ^b	- 33.3±170 ^{ab}
Consumo alimento, g	105.3±11.5 ^c	113.7±7.8 ^{cb}	127.7±12.4 ^a	116.5±16.2 ^b
Conversión, kg de alimento /kg huevo	3.5:1±0.7 ^a	2.8:1±0.5 ^b	2.78:1±0.3 ^b	2.8:1±0.5 ^b
Masa de huevo total, kg	2.826±642,3 ^c	3.749±546 ^b	4.212±491.9 ^a	3.801±638.7 ^{ab}
No. huevos/gallina/sem	3.9±0.9 ^c	4.9±0.8 ^b	5.5±0.6 ^a	5±0.7 ^{ab}
Índice de producción, %	56±12.6 ^c	71±11.3 ^b	80±8.9 ^a	72±10.6 ^{ab}

^{a,b,c} Literales distintas en hileras, significan diferencias estadísticas (P<0.05)

En relación con el cambio de peso vivo (inicial y final), hubo diferencia significativa (P<0.05), como se muestra en el Cuadro 6, en todos los tratamientos resultó negativo, lo que significa pérdida de peso, aunque la merma resultó mayor en las aves que recibieron la dieta testigo, quizá debido a que el consumo de alimento por ave por día resultó significativamente menor (P>0.05). Al respecto, Jolly (2005) indica que la gallina es sensible a la forma física de presentar el alimento, sobre todo al tamaño de partícula o a la granulación, por lo que quizá la pérdida de peso y el menor consumo de alimento se asocien con la presentación harinosa de las dietas. Cuca *et al.* (2009) indican que una deficiencia de calcio y fósforo puede repercutir en el consumo de alimento, por lo que quizá el mayor consumo se pueda atribuir al contenido de estos minerales que presenta el ensilaje de pescado como se muestra en el Cuadro 2.

[Efecto del ensilaje de pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*) sobre el comportamiento productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras]

Estos resultados de consumo de alimento concuerdan con los reportados por Balios (2003), quien indica que el consumo fue superior en los tratamientos que contenían ensilaje químico de pescado en gallinas de postura y Collazos y Guio (2004), también mencionan que el consumo de alimento fue superior en codornices, cuando se incluía ensilaje biológico de tilapia en la dieta, aunque en ninguno de los dos estudios dicen si hubo o no diferencias en el cambio de peso.

En relación con la conversión alimenticia en el presente estudio, se observó mayor eficiencia de las dietas que incluían ensilaje ácido de pescado, cuya conversión promedio fue de 2.8:1 (kg/kg), en comparación con 3.5:1 en la dieta testigo (Cuadro 6), aquí se muestra que las gallinas que no recibieron ensilaje de pescado consumieron 700 g más que las gallinas que recibieron las dietas que incluían ensilaje. Estos valores concuerdan con los hallazgos de Balios (2003), quien reporta haber obtenido una mejor conversión (2.29:1 y 2.27:1) al utilizar la dieta que incluía ensilaje químico de pescado con 2.5 y 5% respectivamente. De acuerdo con Vidotti *et al.* (2002) y Hetland y Chroct (2003), la mejora en la conversión se atribuya a la alta digestibilidad del alimento, cualidad que presenta el ensilaje de pescado.

La masa de huevo, resultó significativamente inferior ($P < 0.05$) en las gallinas que no recibieron ensilaje de pescado en la dieta. Este resultado es similar al encontrado por Balios (2003), quien observó mayor masa de huevo al utilizar ensilaje químico de pescado en gallinas de postura. Estos resultados tal vez se asocien con el contenido de aminoácidos esenciales como la lisina que contiene el ensilaje de pescado, de acuerdo con Harms (1992) y Schutte y Smink (1998), la lisina es un aminoácido que puede influir en una mayor masa de huevo.

Con base en los resultados, el número de huevos por gallina por semana fue superior en las que recibieron ensilaje de pescado (Cuadro 6). Estos resultados son similares a los encontrados por Balios (2003), en gallinas de postura, Collazos y Guio (2004) y Zynudheen (2008), en codornices quienes reportan

[Efecto del ensilaje de pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*) sobre el comportamiento productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras]

mayor índice de producción ($P < 0.05$) y consecuentemente mayor número de huevos por hembra por semana cuando la dieta incluía ensilaje de pescado.

El índice de productividad por gallina fue significativamente mayor ($P < 0.05$) en las aves a las que se adicionó ensilaje de pez diablo en el alimento, las cuales superaron el 70 %, por el contrario el índice de productividad en las gallinas que no recibieron ensilaje de pescado fue inferior de 60 % (Cuadro 6). Estos datos concuerdan con los hallazgos de Balios (2003), el cual reporta mayor índice de productividad al incluir ensilaje químico de pescado en la alimentación de las gallinas.

Como ya se mencionó, los indicadores productivos número de huevos por gallinas por semana e índice de productividad (%) fueron superiores en las gallinas cuya dieta contenía ensilaje de pescado, posiblemente esto se deba al proceso conocido como hidrólisis y digestibilidad proteínica del ensilaje, procesos que facilitan la formación de aminoácidos, los cuales presentan propiedades nutricionales de calidad e influyen en la producción de huevo, quizá el contenido de minerales como: calcio y fósforo en el ensilaje favoreciera éstos indicadores productivos como lo comentan Benjakul y Morrisey (1997); Ravallec *et al.* (2001) y Cuca *et al.* (2009).

El comportamiento productivo de las gallinas siempre resultó superior cuando recibieron ensilaje de pescado en la dieta. Sin embargo, debe destacarse que, en la mayoría de las mediciones, la inclusión de 12 % de ensilaje presentó los mejores resultados (Cuadro 6). Por su parte Balios (2003), al incluir 2.5 y 5% de ensilaje químico de pescado en las dietas indica haber obtenido resultados favorables en casi la totalidad de las variables medidas.

Según Hassan y Heath (1987), Dong *et al.* (1993), Arason (1994) y Vidotti *et al.* (2003) el ensilaje de pescado es satisfactorio en cuanto al contenido de aminoácidos esenciales, por lo que es recomendable su uso en alimentación animal. Por su parte Cuca *et al.*, (2009) mencionan que, al presentarse una deficiencia de aminoácidos en las dietas de las aves puede reducir la

[Efecto del ensilaje de pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*) sobre el comportamiento productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras]

producción de huevo, el peso del huevo y la conversión alimenticia también llega a ser menor. Posiblemente esto explique el porqué al incluir ensilaje de pescado en la dieta de las gallinas en postura se mejoró la producción. Inclusive, debido al valor nutricional del ensilado de pescado, se le ha usado como ingrediente para optimizar medio de cultivo para producir lisina, que es el segundo aminoácido limitante en dietas para aves (Coello *et al.*, 2002; Cuca *et al.*, 2009).

Cuadro 7. Indicadores externos de calidad del huevo de gallinas alimentadas con diferentes niveles de inclusión de ensilaje de pescado

Indicadores externos	Tratamiento (niveles de inclusión)			
	0 %	6 %	12 %	18 %
Peso del huevo, g	55.5±5.8 ^b	60.3±5.7 ^a	58.6±4.5 ^a	58±6.3 ^{ab}
Diámetro polar, cm	5.6±0.3 ^b	5.8±0.2 ^a	5.7±0.2 ^{ab}	5.7±0.3 ^{ab}
Diámetro ecuatorial, cm	4.2±0.1 ^a	4.3±0.2 ^a	4.3±0.1 ^a	4.2±0.2 ^a
Espesor del cascarón, mm	0.33±0.05 ^a	0.35±0.03 ^a	0.34±0.03 ^a	0.34±0.04 ^a
Peso del cascarón, g	4.6±0.7 ^b	5±0.5 ^a	5±0.6 ^a	4.8±0.4 ^{ab}
Porcentaje de cascarón, %	8.3±1 ^a	8.4±0.8 ^a	8.6±0.7 ^a	8.3±0.7 ^a

^{a,b,c} Literales distintas en hileras, significan diferencias estadísticas (P<0.05)

El peso del huevo varió entre tratamientos, aunque los más pesados fueron producidos por las gallinas que recibieron ensilaje de pescado en la dieta (P<0.05), en comparación con las testigo (Cuadro 7). Estos resultados son semejantes a los observados por Balios (2003), este autor encontró que los huevos mostraron mayor peso cuando se incluía ensilaje químico de pescado en la alimentación de gallinas de postura. Collazos y Guio (2004), también observaron que al utilizar ensilaje biológico de tilapia en la alimentación de codornices el peso del huevo fue mayor. De acuerdo con Cooper (2007), los adecuados requerimientos de aminoácidos y ácido linoléico, aumentan el peso del huevo, lo que puede explicar estos resultados puesto que dichos compuestos (aminoácidos y ácidos grasos esenciales) están contenidos en el ensilaje de pescado.

En relación también con el peso del huevo, Ávila (1990) menciona que en la formulación de las dietas para aves se debe considerar el aporte del ácido linoleico, ya que este no es sintetizado por el ave y es esencial para el tamaño del huevo, a partir de este ácido graso no saturado, el ave puede sintetizar otro, el araquidónico, lo cual indica que el ácido linoleico debe estar presente en la dieta. Desde 1992, Ottati y Bello observaron una tendencia en la mejora de la conversión alimenticia en dietas a base de ensilaje de pescado, debido a que su energía es aportada a través de los ácidos grasos que son metabólicamente más eficientes.

También en diámetro polar se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), este indicador, según Molina *et al.* (2004), es una característica que en la mayoría de los casos influye en el peso del huevo en comparación con el diámetro ecuatorial, es decir, los huevos de mayor longitud serán también los más pesados, como se muestra en el Cuadro 7. Como ya se indicó en párrafo anteriores, estos valores superiores en la producción de las aves que recibieron ensilaje, se atribuye al contenido de aminoácidos esenciales que contiene el ensilaje de pescado, ya que también se ha observado que, la reducción en el nivel de metionina en gallinas reduce el tamaño del huevo (Grobas *et al.*, 1996; Sohail *et al.*, 2002 y Keshavarz, 2003).

El peso del cascarón fue significativamente mayor ($P < 0.05$) en los huevos producidos por gallinas que consumieron ensilaje de pez diablo, en comparación con los resultados del grupo testigo, como se observa en el Cuadro 7; esto quizá se deba a que los huevos producidos por las mismas gallinas mostraron mayor peso que los huevos de las testigo, puesto que el espesor y el porcentaje de cascarón no mostraron efecto del tratamiento, solo se observaron tendencias a favor de las gallinas con dieta experimental.

Cuca *et al.* (2009) indican que el calcio es el mineral más importante en la producción de huevo, debido a que constituye aproximadamente el 98% de los minerales presentes en el cascarón del huevo. Una deficiencia de este mineral puede disminuir el consumo de alimento, la producción de huevo y producir

[Efecto del ensilaje de pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*) sobre el comportamiento productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras]

huevos con cascarrón delgado. La relación de calcio y fósforo es importante ya que el fósforo participa en la formación del cascarrón y una deficiencia de este mineral también puede reducir el consumo de alimento y la producción de huevo. Con base a lo anterior, se puede suponer que los huevos con mayor peso de cascarrón se asocian a la inclusión de ensilaje de pescado en la dieta, debido a que dicho ingrediente contiene elevados niveles de Ca y P como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 8. Indicadores internos de calidad del huevo de gallinas alimentadas con diferentes niveles de inclusión de ensilado de pescado

Indicadores internos	Tratamiento (niveles de inclusión)			
	0 %	6 %	12 %	18 %
Diámetro de clara, cm	7±0.4 ^a	7.2±0.4 ^a	7.2±0.4 ^a	7.1±0.4 ^a
Diámetro de yema, cm	4.1±0.1 ^a	4.1±0.1 ^a	4.1±0.1 ^a	4.0±0.1 ^a
Altura de clara, mm	7.3±0.1 ^b	7.6±0.1 ^{ab}	7.8±0.1 ^a	8.0±0.1 ^a
Altura de yema, cm	1.5±0.1 ^a	1.5±0.1 ^a	1.5±0.1 ^a	1.6±0.1 ^a
Peso de clara, g	31±4.3 ^c	35.7±5.2 ^a	33.7±3.2 ^{ab}	33.3±5.6 ^b
Peso de yema, g	15.7±1.5 ^a	15.8±1.4 ^a	15.9±1.5 ^a	15.3±1 ^a
Unidades Haugh, u	70.4±7 ^b	75.8±6.5 ^a	73.2±5.1 ^{ab}	72.0±6.7 ^b
Índice de forma, %	74± 3.7 ^a	74.1±3.3 ^a	74.5±2.9 ^a	74.4±3.1 ^a
Porcentaje de clara, %	55.8±4.3 ^b	59.1±4.5 ^a	57.6±4.1 ^{ab}	57.2±3.7 ^{ab}
Porcentaje de yema, %	28.3±2.4 ^a	26.4±2.4 ^b	27.1±1.9 ^b	26.6±2.4 ^b
Pigmentación, u	6.0	6.0	6.0	6.0

^{a,b,c} Literales distintas en hileras, significan diferencias estadísticas (P<0.05)

De los once indicadores utilizados para evaluar la calidad interna del huevo, se observaron diferencias estadísticas (P<0.05) entre altura de clara, peso de la clara, unidades Haugh, porcentaje de clara y yema de los diferentes tratamientos, con ventaja significativa (P<0.05) en favor de las gallinas cuya dieta contenía ensilaje, excepto el porcentaje de yema que resultó mayor en las

aves del tratamiento testigo, es decir, las que no consumieron ensilaje de pescado.

El mayor porcentaje de yema en los huevos producidos por las gallinas que no consumieron ensilaje de pescado, parece estar asociado con el menor porcentaje de postura mostrado por las mismas gallinas, como se muestra en el Cuadro 6 (56 %), Según Rose (1997), las gallinas con menor ritmo de postura permanecen más tiempo con la yema en el ovario, la cual recibe los efectos de la vitelogenesis (secreción de yema) durante más tiempo, consecuentemente éstas llegan a ser más grandes y proporcionalmente también representan mayor porcentaje, como se observó en este estudio.

Acerca de los mayores valores en altura de clara y unidades Haugh en las gallinas alimentadas con ensilaje en la dieta, Juárez-Caratachea *et al.* (2010) observaron resultados similares en gallinas criollas de traspatio, aunque quizá, esta coincidencia se deba a la frescura o edad del huevo, según Raigón *et al.* (2004), los huevos examinados el mismo día que fueron puestos presentan la mejor calidad: clara densa más alta y mejores unidades Haugh. Sin embargo, también debe considerarse el posible efecto de la dieta, como anteriormente se comentó, el ensilaje de pescado contiene aminoácidos esenciales y ácidos grasos que mejoran la producción y la calidad del huevo. Autores como Guerra (2000), Raigón *et al.* 2004 y Leeson y Summers (2005) coinciden en que las unidades Haugh es la medida más confiable de calidad del huevo, ésta se obtiene de la altura y del tamaño del huevo, valores superiores en las gallinas que consumieron ensilaje de pescado en la dieta (Cuadro 8).

El mayor promedio para peso de clara lo presentaron los tratamientos con inclusión de ensilaje de pescado, al respecto Keshavarz y Nakajima, (1995), indican que un aumento en el nivel de proteína aumenta la cantidad de albumen del huevo. Es posible también que el mayor peso de la clara sea debido a la digestibilidad que presentó el ensilaje de pescado. Según Whitehead (1995) y Grobas *et al.* (1996), al adicionar grasa al alimento aumenta más el peso del albumen que el de la yema.

[Efecto del ensilaje de pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*) sobre el comportamiento productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras]

Los mayores porcentajes de clara se observaron en los tratamientos que incluían ensilaje de pescado, en tanto que el más bajo correspondió a la dieta testigo. Como ya se indicó, parece ser que, al aumentar los niveles de grasa en la dieta tiende efecto sobre la cantidad de clara (Keshavarz y Nakajima, 1995; Grobas *et al.*, 1999b y Grobas *et al.*, 1999c). Por su parte, Whitehead *et al.* (1993) y Whitehead (1995) indicaron que el efecto se debe a la acción de ciertos ácidos grasos insaturados sobre la producción de los estrógenos responsables de la producción de albumen. Quizás los resultados se atribuyen a las características que presenta el ensilaje de pescado debido a que éste se obtiene de la molienda del pez completo, lo que asegura la presencia de ácidos grasos poliinsaturados.

Se debe destacar que en todos los tratamientos la pigmentación de la yema fue de 6, según la escala colorimétrica Roche, dicha pigmentación es baja si se compara con otros estudios, por ejemplo, Juárez-Caratachea *et al.* (2010), encontraron que la pigmentación de la yema de gallinas de traspatio fue de 12.1, y, según la Norma Oficial Mexicana (NMX-FF-079-SCFI-2004), la pigmentación que demanda el consumidor oscila entre 9 y 13 unidades, es decir, el doble de lo observado en los distintos tratamientos del presente estudio, lo que sugiere la necesidad de adicionar pigmentantes (xantofilas) naturales o sintéticos a las dietas como las aquí probadas.

Cuadro 9. Costo de producción por concepto de alimento (costo por kg)

Tratamiento	T1 (0%)	T2 (6%)	T3 (12%)	T4 (18%)
Costo por kg alimento (\$)	4.00	4.02	4.06	4.08
Costo por kg de huevo (\$)	14	11.26	11.29	11.42

El costo de producción por concepto de alimento se calculó con base al precio de los insumos en el mercado al momento de la compra (marzo de 2011), como se indicó en el apartado de material y métodos, en el Cuadro 9 se muestra el precio por kg de alimento, según el tratamiento, igualmente se

[Efecto del ensilaje de pez diablo (*Pterygoplichthys disjunctivus*) sobre el comportamiento productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras]

presenta el precio del kg de huevo, con base en la conversión observada en cada tratamiento.

El precio del kg de alimento se incrementa conforme aumenta el nivel de inclusión de ensilaje ácido de pez diablo en la dieta, de modo que el tratamiento con 0% de inclusión resultó más barato que el resto de los tratamientos (6, 12 y 18%). Sin embargo, el costo por kg de huevo, estimado con base en la conversión resultó más elevado en el tratamiento con 0% inclusión de ensilaje debido a su elevada conversión (3.5:1 kg/kg), para los tratamientos restantes, con mejor conversión (2.8:1, 2.78:1 y 2.8:1 kg/kg para los tratamientos con 6, 12 y 18% de inclusión respectivamente), el precio por kg de huevo fue de \$ 11.26, 11.29 a 11.42 respectivamente.

7. CONCLUSIONES

Del análisis y discusión de los resultados de la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

1.- La inclusión de ensilaje ácido de pez diablo en las dietas de gallinas en postura mejora los parámetros productivos y, representa una alternativa para sustituir fuentes de proteína tradicionales como la pasta de soya sin mermar el comportamiento productivo ni la calidad del huevo.

2.- Todos los niveles de inclusión de ensilaje ácido de pez diablo en la dieta (6, 12 y 18 %) mejoran los indicadores productivos y de calidad del huevo. Sin embargo, los mejores resultados se observaron con 6 y 12 % de inclusión, aunque siempre fueron mayores los de 12 %.

3.- Con base al costo de producción del kg de ensilaje ácido de pez diablo, el costo por kg de alimento es similar en las dietas con inclusión de ensilaje de pescado a la dieta testigo, y por consecuencia el costo por kg de huevo es más barato en la dietas que incluyen ensilaje.

8. BIBLIOGRAFÍA

Abadía, A. G., Harms, R. H. and El-Husseiny, O. 1998. Various methods of measuring shell quality in relation to percentage of cracked eggs. *Poult. Sci.*, 72:2038-2043.

Arason, S. (1994). Production of fish silage. En: *Fisheries processing, Biotechnological applications*. (A.M. Martin, edit.), Pp. 244-272. Chapman & Hall, Londres.

Areche, N., Berenz, Z. y Leon, G. 1992. Ensilado de pescado, utilización en alimentos para cerdos. VIII Curso Internacional "Tecnología de procesamiento de productos pesqueros", enero – febrero/. Perú. ITP/ JICA.

Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 1990. *Official Methods of Analysis*. 16th Edition, Vol. 1. Washington D.C. U.S.A.

Austic, R. E. 1994. Producción avícola. Ed. Manual moderno. México D.F. pp. 199-227.

Ávila, G. E. 1990. Alimentación de las aves. Segunda edición. México. Ed. Trillas

Ávila, G. E., Cuca, G. M., Pro, M. A. (2009). Alimentación de las aves. Segunda edición. México. Universidad Autónoma Chapingo

Balios, J. 2003. Nutritional value of fish by-products, and their utilization as fish silage in the nutrition of poultry. *Proceedings of the 8th International Conference on Environmental Science and Technology*, Lemnos Island, Greece. 8-10 september 2003.

Barral A. O., Castañón, C. A., Bergamaschi, N. J. y Roth, R. R. 1989. Ensilados ácidos de pescado. *La Industria Cárnica*. 43-47.

Bello, R. 1997. Experiencias con ensilado de pescado en Venezuela. Cap 1. En: F. Vilda y Y.M. Sánchez (eds). *Tratamientos y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal*. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. Roma, Italia. p. 1-14.

Benjakul, S. y Morrisey, M. T. 1997. Protein hydrolysates from pacific whiting solid wastes. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 45:3423-3430.

Berenz, Z. 1990. Utilización del ensilado de residuos de pescado en pollos. Capítulo 2. Instituto Tecnológico Pesquero del Perú, Callao, Perú (online) <http://www.fao.org/ag/AGA/APH123/cap2.htm>. En línea: [Fecha de consulta: 17 de agosto de 2011].

Berenz, Z. 1994. Utilización del ensilado de residuos de pescado en pollos. En: Taller "Tratamiento y utilización de desechos de origen animal y otros

desperdicios en la ganadería". FAO. La Habana, Cuba, del 5 al 8 de Septiembre. En línea:

<http://www.fao.org/ag/AGa/AGAP/FRG/APH134/cap2.htm>. [Fecha de consulta: 22 de Febrero del 2011].

Berenz, Z., F. Vilda, y Y. M. Sánchez 1997. Utilización del ensilado de residuos de pescado en pollos. Cap 2. En: F. Vilda y Y.M. Sánchez (eds). Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal. *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO). Roma, Italia. p. 15-27.

Betancourt, L., Díaz, G. J., Aguilar, X., Ríos, J. 2005. Efecto del ensilaje de vísceras de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) sobre el comportamiento productivo y el contenido de ácidos omega-3 en hígado, muslos y pechuga, de pollos de engorde. Bogotá, Colombia. En línea: <http://www.lrrd.org/lrrd17/9/beta17106.htm> [Fecha de consulta: 25 de julio de 2010].

Blas, D. C. y Mateos, G. G. 1991. Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp. 13-22;161.

Buxade, C. C. 1988. El pollo de carne. Ed. Mundiprensa. Segunda Edición. 365p.

Campabadal, H. C. M., Zumbado, A. E. M. 1985. Evaluación de fuentes de proteína en la alimentación de pollos de engorde. *Revista Agronomía Costarricense*, 9 (1):41-46.

Cardellino, R. A. 2003. Conservación y desarrollo de los recursos genéticos animales: El rol de la FAO. *Archivos de zootecnia*, año/vol. 52, número 198. pp 185-192. Universidad de Córdoba España, Córdoba España.

Castillo, D. R. M., Carrillo, D. S., Pérez-Gil, R. F., Ávila, G. E. y Villarreal, D. E. L. 2005. Enriquecimiento de carne de pollo con aceite de pescado como fuente de ácidos grasos omega 3. Dirección de Nutrición del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.

Coello, N., Montiel, E., Concepción, M. y Christen, P. (2002) Optimization of a cultura medium containing fish silage for L-lysine production by *Corynebacterium glutamicum*. *Bioresource Technology*. 85:207-211.

Collazos, H. y Guio, C. 2004. The effects of dietary biological fish silage on performance and egg quality of Laing Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). 16th European Symposium on Poultry Nutrition.

Cooper, O. 2007. So you want to... control egg size. In: *Poultry World*; Apr; 161:4. p. 28.

Cuca M; Ávila E y Pro A. 1996. Alimentación de las aves. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. México.p.69,136.

Cuca, G. M., Ávila, G. E. 1998. Fuentes de energía y proteína para la alimentación de las aves. *Ciencia Veterinaria*, Vol. 2:326-352. En línea: <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revista/cvvol2/2c12.poH> [Fecha de consulta: 31 de mayo de 2010].

Cuca, G. M., Ávila, G. E., Pro, M. A. (2009). Alimentación de las aves. Segunda edición. México. Universidad Autónoma Chapingo

Diaz, P. E. 2006. Desarrollo tecnológico para el aprovechamiento e industrialización del pez diablo en la región del Bajo Balsas en Michoacán (CONACYT- Gobierno del Estado de Michoacán). Colaboración con la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Dolz, S. 1996. Utilización de grasas y subproductos lipídicos en monogástricos. XII curso de especialización FEDNA. Piensos HENS – CARGILL. MADRID, 7 y 8 de Noviembre de 1996. p. 3

Dong, F. M., Fairgrieve, D. I., Skonberg, D. I. y Rasco, B. A. 1993. Preparation and nutrient analyses of lactic acid bacterial ensiled salmon viscera. *Aquaculture*. 109:351-366.

Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*, 11:1-45.

Enes Dapkevicius, M. L. N., Batista, I., Nout, M. J. R., Rombouts, F. M. y Houben, J. H. 1998. Lipid and protein changes during the ensilage of blue whiting (*Micromesistius poutassou* Risso) by acid and biological methods. *Food Chemistry*. 63(1):97-102.

Espe, M., Haaland, H. y Njaa, L. R. 1992. Substitution of fish silage protein and a free amino acid mixture for fish meal protein in a chicken diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 58:315-319.

Espe, M. & Lied, E. 1994. Do Atlantic salmon (*Salmo salar*) utilize mixtures of free amino acids to the same extent as intact protein sources for synthetic purposes? *Comparative Biochemistry and Physiology* 107A, 249-254.

Espe, M., Sveier, H., Høgøy, I. & Lied, E. 1999. Nutrient absorption and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed fish protein concentrate. *Aquaculture*. 174:119-137

Etches, R. J. 1996. Reproducción aviar. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España. 339 p.

FAO, s.a. Poultry Development Review. Poultry feed availability and nutrition in developing countries. En línea: <http://www.fao.org/docrep/013/al705e/al705e00.pdf> [Fecha de consulta: 15 enero de 2012]

FAO, 1992. Segunda Consulta de Expertos sobre Tecnologías de Productos Pesqueros en América Latina. Trabajos presentados en Montevideo, Uruguay del 11 al 15 de diciembre de 1992. FAO, Roma, p.368.

FAO. 1997. Tratamiento y Utilización de Residuos de Origen Animal, Pesquero y Alimenticio en la Alimentación Animal. Memorias de un Taller Regional en la Habana Cuba. FAO. Roma, Italia. Pp 225.

FAO, 2003. Cría de aves de corral, un salvavidas para campesinos pobres. En línea: <http://www.fao.org/spanish/newsroom/news/2003/13201-es.html> [Fecha de consulta: 2 de febrero de 2012]

FAO, 2005. Con concentrados caseros mejore la alimentación de sus aves y aumente la producción. Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI). Proyecto Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA).

FAO, 2009. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo. Crisis económicas: repercusiones y enseñanzas extraídas. La subnutrición en el mundo. ISBN 978-92-5-306288-1 Roma: FAO. En línea: <http://www.fao.org/docrep/012/i0876s/i0876s00.htm> [Fecha de consulta: 28 de noviembre de 2011]

Finzi, A. 2000. Integrated backyard system. A contribution to the special programme for food security. Boletín técnico de la FAO. University of Tuscia, Viterbo, Italia. En línea: www.fao.org

Flores, A. 1994. Programas de alimentación en avicultura: ponedoras comerciales. X curso de especialización FEDNA. Estación Experimental. Casarrubios del Monte, Toledo. Trouw Ibérica, S.A. MADRID, 10 y 11 de Noviembre de 1994. p. 18

French, M. K. 1981. Cría Práctica de aves. (En Línea). Peace Corps. Information Collection & Exchange. Manual series M34. Washington D.C Estados Unidos de América. pp. 127-130.

Grobas, S, Méndez, J, G.G. Mateos. 1996. Influencia de la nutrición sobre el tamaño del huevo. American Soybean Association. Bruselas, Bélgica. p. 24

Grobas, S., Méndez, J., de Blas, C., Mateos, G.G. 1999b. Laying hen productivity as affected by energy, supplemental fat, and linoleic acid concentration of the diet. *Poult. Sci.*, 78:1542-1551.

Grobas, S., Mendez, J., De Blas, C., Mateos, G.G. 1999c. Influence of dietary energy, supplemental fat and linoleic acid concentration on performance of laying hens at two ages. *Brit. Poult. Sci.*, 40:681-687.

Guerra, M. 2000. Factores que afectan la calidad del huevo. *Revista de Agricultura*. 4:38-40.

Guevara, J., Bello, R. y Montilla, J. 1991. Evaluación del ensilado de pescado elaborado por vía microbiológica como suplemento proteínico en dietas para pollos de engorde. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 41(2):247-256.

Green, S., Wiseman, J. and Cole, D.J. A. 1983. Fish silage in pig diets. *Pig News and Infomation*. 3:356-358.

Hall, G. M. 2002. Lactic acid bacteria in fish preservation. En: *Safety and quality issues in fish processing*. (H.A. Bremner, edit.). 1st edition. Pp. 330-347, Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC. England.

Haard, N. F., Kariel, N., Herzberg, G., Woodrow, L. A. y Winter, K. 1985. Stabilization of protein and oil in fish silage for use as a ruminant feed supplement. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 36:229-241.

Harms, R. H. 1992. A new method approach to defining amino acid requeriments. III Simposium de Avances Tecnológicos Modernos; 1992 junio 18-21; Ixtapa Zihuatanejo (Guerrero) México. México (DF): NOVUS Internacional de México, SA de CV, 1992: 2:23.

Hassan, T.R. y Heath, J.L. (1987). Chemical and nutritive characteristics of fish silage produced by biological fermentation. *Biological Wastes*. 20:187-201.

Hernandez, S., Martinez, M., Ciria, J., Asenjo, B. 2000. Producción mundial de leche y huevos. *Mundo Ganadero* no. 16. En línea <http://www.eumedia.es/articulos/mg/121lechehuevos.html> [Fecha de consulta: 10 de febrero de 2012]

Herstad, O., Overland, M., Haugh, A., Skrede, A., Thomassen, M. S. And Egass, E. 2000. Reproductive performance of broiler breeder hens fed n-3 fatty acid rich fish oil. *Acta Agricola Scandinavica, Sect. A. Animal Science*. 50:121-128.

Hetland, H. y Choct, M. (2003). Role of non starch polysaccharides in poultry nutrition. *Proceedings of the 14th Eur. Symp. Poult. Nut.*, Aug. 2003 (Lillehammer, Norway).

Howard, K. F. 1994. Nutrient requeriment of poultry. *National academy*. Washington D.C. pp. 1-25.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2008. En línea: www.inegi.org.mx [Fecha de consulta: 13 de junio de 2010]

Johnson, J. R., Brown, N., Eason, P. and Summer, J. 1985. The nutritional quality of two types of fish silage for broilers. *Journal Science of Food and Agriculture*. 36:1051-1056.

Jolly, P. 2005. Principales factores de variación de la ingesta: influencia del nivel energético, de la presentación del pienso y de los programas de

iluminación sobre los resultados productivos de las ponedoras. XIX Congreso Latinoamericano de Avicultura. Panamá 2005.

Juárez, P. R. 1989. Presa Adolfo López Mateos El Infiernillo, Caracterización. Informe preliminar. Secretaría de Pesca, México. p. 62.

Juárez-Caratachea, A., Gutiérrez-Vázquez, E., Segura-Correa, J., Santos-Ricalde, R. 2010. Calidad del huevo de gallinas criollas criadas en traspatio en Michoacán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, (12):1. pp. 109-115. Universidad Autónoma de Yucatán, México.

Keshavarz, K., Nakajima, S. 1995. The effect of dietary manipulations of energy, protein, and fat during the growing and laying periods on early egg weight and egg components. *Poult. Sci.*, 74:50-61.

Keshavarz, K. 2003. Effects of reducing dietary protein, methionine, choline, folic acid, and vitamin B₁₂ during the late stages of the egg production cycle on performance and eggshell quality. *Poult. Sci.*, 82:1407-1414.

Kjos, N.P., Herstad, O., Overland, M., and Skrede, A. 2000. Effects of dietary fish silage and fish fat on growth performance and meat quality of broiler chicks. *Canadian Journal of Animal Science* 80:625-632.

Kjos, N. P., Herstad, O., Skrede, A. and Overland, M. 2001. Effect of dietary fish silage and fish fat on performance and egg quality of laying hens. *Canadian Journal of Animal Science*. 81(2):245-251.

Leeson, S., and Summers, J. D. 2005. Nutrition and feed programs. *Comercial Poultry Nutrition*. 3rd Ed., Ontario, Canada. pp 67-86.

Li, P., Wang, X., Hardy, R. W. y Gatlin, D. M. 2004. Nutritional value of fisheries by-catch and by-products meals in the diet of red drum. *Aquaculture*. 236:485-496.

López-Ferrer, S., Baucells, M. D., Barrotea, A. C., and Grashorn, M. A. 2001. n-3 Enrichment of Chicken Meat. 1. Use of Very Long-Chain Fatty Acid in Chicken Diets and Their Influence on Meat Quality: Fish Oil. *Poult. Sci.* 80:741-752.

Machinea, J., L. Bárcena, A. y León, A. 2005. Objetivos de Desarrollo del Milenio. Una mirada desde América Latina. Naciones Unidas. ISBN: 92-1 322741-8. p 357.

McDonald P.R; Edwards J.F.K y Greenhalgh. 1996. Nutrición animal. Ed. Acribia. Zaragoza, España. pp. 22-165.

Martin, A. M. (1996). Role of lactic acid fermentation in bioconversion of wastes. En: *Lactic acid bacteria: Current advances in metabolism, genetics and application*. (T.F. Bozoglu y B. Ray, eds.), Pp. 219-252, Springer-Verlag, Germany.

Martinez, V. R., de la Cruz-Pascual, M. y Bello, R. A. 1991. Elaboración de ensilados biológicos de pescado en Venezuela y España. *Alimentaria*. pp 43 - 49.

McDowell, L.R., Conrad, J.H., Thomas J. E., Harris E. L. (1974). *Latin American Feed Tables*. University Of Florida. Gainesville, Florida. p. XVI.

Molina, A. S., Ochoa, S. M. P., Juárez, C. A. 2004. Análisis de la calidad externa del huevo de gallinas criollas. XV Encuentro de Investigación Veterinaria y Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1 a 3 de diciembre, Morelia, Michoacán, México. Pp 146-152.

National Research Council. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 8th rev. Ed. National Academic Press. Washington D.C., EEUU.

Norma Oficial Mexicana: NMX- FF-079-SCFI-2004. Productos Avícolas-Huevo Fresco de Gallina- Especificaciones y Métodos de Prueba. Poultry Products Fresh Hen Egg-Specifications and Test Methods. En línea: <http://www.sagarpa.gob.mx/v1/ganaderia/NOM/NMX-FF-079-SCFI-2004.pdf> [Fecha de consulta, 5 febrero de 2011].

Ockerman, H. W. y Hansen, C. L. 1994. Industrialización de subproductos de origen animal: Subproductos pesqueros. 2^a Edición, Pp. 291-320, Acribia. Zaragoza, España.

Ottati, G. y Bello, R. 1992. Ensilado microbiano de pescado en la alimentación porcina. I. Valor nutritivo del producto en dietas para cerdos. En: Segunda Consulta de Expertos sobre Tecnología de Productos Pesqueros en América Latina. 11-15 de Diciembre de 1989. Informe de Pesca. FAO. Roma. 441: 69 79.

Pampín, B. M. 2003. Cría familiar de aves. Experiencia cubana. Curso Internacional "Ganadería, Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente". Modelos alternativos, Módulo III, pp.14-25. ISBN: 959-246-061-2.

Plascencia, J.M., Olvera, M.A., Arredondo, J.L.A. y Shirai, K. 2002. Feasibility of fishmeal replacement by shrimp head silage protein hydrolysates in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L) diets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82:753-759.

Ponce, L. y Gernat, A. 2002. The effect of using different levels of tilapia by product meal in broilers diets. *Poult. Sci.*, 81:1045-1049.

Raa, J. y Gildberg, A. 1982. Fish silage: a review. CRC. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.*, 383 pp.

Raigón, M. D., García, M. M. D., Esteve, P. 2004. Valoración de la calidad del huevo de granja ecológica e intensiva. Universidad Politécnica de Valencia, España. En línea.

[Http://www.google.com.mx/#hl=es&source=hp&biw=1280&bih=659&q=raigon m+d+valoraci3n&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs-rfai=fp=b8e440c03216bcf6](http://www.google.com.mx/#hl=es&source=hp&biw=1280&bih=659&q=raigon+m+d+valoraci3n&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs-rfai=fp=b8e440c03216bcf6).
[Fecha de consulta: 14 noviembre de 2011].

Ravallec, P. R., Charlot, C., Pires, C., Braga, V., Batista, I., Van, W. A., Le, G. Y. y Fouchereau, P. M. 2001. The presence of bioactive peptides in hidrolysates prepared from processing waste of sardine (*Sardine pilchardus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 81:1120-1125.

Rodríguez, T., Montilla J., Bello R. 1990b. Ensilado de pescado a partir de la fauna de acompañamiento del camar3n. II. Prueba de comportamiento en pollos de engorde. *Archivos Latinoamericanos de Nutrici3n*. 40(4): 548-559.

Rose, S. P. 1997. Principios de la ciencia avícola. Ed. Acribia, Madrid, España, p. 47-77.

SAS, 2002. SAS/STAT® User's Guide (Release 9.1). SAS inst. Inc., Cary, N.C.

Secretaría de Energía. 2009. Sistema de Informaci3n Energetica; costo del mes de diciembre de 2009 tarifa comercial. En línea: <http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController?action=login>. [Fecha de consulta: 04 de diciembre de 2011]

Schutte, J. B. y Smink, W. 1998. Requirement of the laying hen for apparent fecal digestible lysine. *Poult. Sci.*, 77:697-701.

Shirai, K., Guerrero, I., Huerta, S., Saucedo, G., Castillo, A., González, R. O. y Hall, G. M. 2001. Effect of initial glucose concentration and inoculation level of lactic acid bacteria in shrimp waste ensilation. *Enzyme Microbial Technology*. 28: 446-452.

Smith, P. 1977. An evaluation of liquid fish as a protein source for fattening pigs. *Journal of Experimental Husbandry*, 32:34-41.

Sohail, S.S., Bryant, M.M., Roland, D.A. 2002. Influence of supplemental lysine, isoleucine, threonine, tryptophan and total sulfur amino acids on egg weight of Hy-Line W-36 hens. *Poult. Sci.*, 81:1038-1044.

Tibbets, G. W., Seerly, R. W., Mc Campbelli, H. C. and Vezey, S. A. 1981. An evaluation of an ensiled waste fish product in swine diets. *Journal of Animal Science*. 52:93-100.

Vidotti, R.M., Carneiro, D.J. y Viegas, E.M. 2002. Acid and fermented silage characterization and determination of apparent digestibility coefficient of crude protein for *Piaractus mesopotamicus*. *Journal of the World Acuaculture Society*. 33(1):57-62.

Vidotti, R.M., Macedo, E.M. y Carneiro, D.J. 2003. Amino acid composition of processed fish silage using different raw materials. *Animal Feed Science and Technology*. 105:199- 204.

Windsor, M. y Barlow, S. 1982. introduction to fishery by-products. Fishing News Book Ltd. p. 84-100.

Wiseman, J., Green, S. and Cole, D. J. A. 1982. Nutritive value of oily-fish silage when used to replace ingredients of plant origin in growing pigs. *Proceedings of Animal Production*. 3:358-363.

Whitehead, C.C., Bowman, A.S., Griffin, H.D. 1993. Regulation of plasma oestrogen by dietary fats in the laying hen: relationships with egg weight. *Brit. Poul. Sci.*, 34:999-1010.

Whitehead, C.C. 1995. Plasma oestrogen and the regulation of egg weight in laying hens by dietary fats. *Animal Feed Science and Technology*., 53:91-98.

Zahar, M., Benkerrow, N., Guerouali, A., Laraki, Y. y Yaboudi, K. E. 2002. Effect of temperature, anaerobiosis, stirring and salt addition on natural fermentation silage of sardine and sardine wastes in sugarcane molasses. *Bioresource Technology*. 82:171-176.

Zuberi R., R. Fatima, S. Shamshad Isma, and R. B. Qadri. 1993. Preparation of fish silage by microbial fermentation. *Trop. Sci.* 33:171-182.

Zynudheen, A. A., Anandan, R. and Ramachandran Nair, K. G. 2008. Effect of dietary supplementation of fermented fish silage on egg production in Japanese quail (*Coturnix coromandelica*). *African Journal of Agricultural Research*. (3):5, p.379-383. En línea: <http://www.academicjournals.org/AJAR>. [Fecha de consulta: 10 de enero de 2012].