

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN Y
SERVICIO EN ZOOTECNIA

POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CALIDAD DEL HUEVO DE GALLINAS EN SISTEMAS DE AVICULTURA FAMILIAR DE TRASPATIO

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

Presenta:

GUERRERO RAMÍREZ JESÚS



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Bajo la supervisión de: **MARIANO J. GONZÁLEZ ALCORTA Ph. D.**



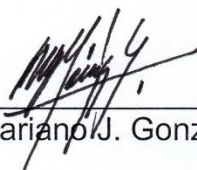
Chapingo, Estado de México, junio 2016

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CALIDAD DEL HUEVO DE GALLINAS EN SISTEMAS DE AVICULTURA FAMILIAR DE TRASPATIO

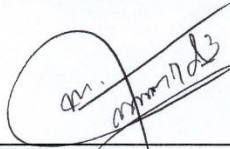
Tesis realizada por **JESÚS GUERRERO RAMÍREZ** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

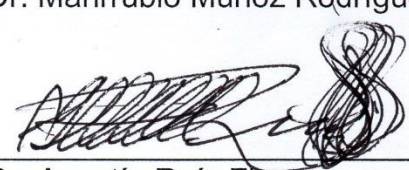
DIRECTOR:


Dr. Mariano J. González Alcorta

ASESOR:


Dr. Manrubio Muñoz Rodríguez

ASESOR:


Dr. Agustín Ruíz Flores

ASESOR:


Dra. Silvia Carrillo Domínguez

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
DEDICATORIAS	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
DATOS BIOGRÁFICOS	x
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
HIPÓTESIS	4
OBJETIVOS	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
1. CARACTERIZACIÓN DE LA AVICULTURA FAMILIAR DE TRASPATIO EN MÉXICO Y EN EL ESTADO DE OAXACA	5
1.1 El concepto del sistema de avicultura familiar o de traspatio	5
1.2 Problemática de la avicultura familiar de traspatio	6
1.3 Tipos de gallinas encontradas en los sistemas de avicultura familiar de traspatio	6
1.3.1 Rhode Island	8
1.3.2 Plymouth Rock	8
1.3.3 New Hampshire	8
1.4 Infraestructura y equipo en la avicultura familiar de traspatio	9
1.5 Caracterización del tipo de alimentación en la avicultura familiar de traspatio	11
1.6 Manejo alimenticio de las gallinas en sistemas de avicultura familiar de traspatio	12
1.7 Manejo sanitario en la avicultura familiar: enfermedades y mortalidad	13
1.8 Caracterización de los parámetros productivos en la avicultura familiar de traspatio	15

2. RESPUESTA PRODUCTIVA DE DIETAS ALTERNATIVAS EN GALLINAS DE SISTEMAS DE AVICULTURA FAMILIAR DE TRASPATIO	16
2.1 Gallinas de avicultura familiar de traspatio alimentadas con dietas balanceadas alternativas	16
2.2 Gallinas de avicultura familiar de traspatio alimentadas con dietas balanceadas con el uso de ingredientes alternativos no convencionales	17
3. CALIDAD FÍSICA Y LIPÍDICA EL HUEVO	20
3.1 Calidad física del huevo según el tipo de alimentación	20
3.2 Calidad lipídica de la yema de huevo.....	22
4. EFECTO DE LA LUZ EN GALLINAS REPRODUCTORAS PESADAS Y SEMIPESADAS	23
5. PONDERACIÓN DE LOS PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN A LOS SISTEMAS DE AVICULTURA FAMILIAR DE TRASPATIO	24
LITERATURA CITADA	26
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CALIDAD DEL HUEVO DE GALLINAS EN SISTEMAS DE AVICULTURA FAMILIAR DE TRASPATIO	32
1. RESUMEN	32
1.1 ABSTRACT	33
2. INTRODUCCIÓN	34
3. MATERIALES Y MÉTODOS	36
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1 Comportamiento productivo	39
4.2 Calidad del huevo	43
4.2.1 Calidad física.....	43
4.2.2 Calidad lipídica: Ácidos grasos poliinsaturados ω -6 y ω -3	46
5. CONCLUSIONES	51
6. AGRADECIMIENTOS	52
7. LITERATURA CITADA.....	53

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Tipos de gallinas que se manejan en los sistemas de avicultura familiar de traspatio.....	7
Cuadro 2. Porcentaje de las familias que poseen gallineros, bebederos y comederos comerciales, y dan de comer a sus gallinas en el piso.	9
Cuadro 3. Principal alimentación utilizada en los sistemas de avicultura familiar de traspatio.....	12
Cuadro 4. Porcentaje de familias que vacunan y utilizan medicina tradicional y causas de muerte.	14
Cuadro 5. Parámetros productivos y reproductivos de las gallinas en sistemas de avicultura familiar de traspatio.	16
Cuadro 6. Respuesta productiva en gallinas de sistemas de avicultura familiar de traspatio con dietas alternativas balanceadas.....	17
Cuadro 7. Respuesta productiva de gallinas con la inclusión de insumos alternativos en dietas balanceadas.	18
Cuadro 8. Niveles de ingredientes alternativos incluidos en dietas balanceadas.	20
Cuadro 9. Efecto del tipo de alimentación en la calidad física del huevo.	21
Cuadro 10. Estudio del efecto del tipo de alojamiento en la calidad lipídica de yema de huevo en gallinas ponedoras.....	22
Cuadro 11. Efecto del tipo de alojamiento en la calidad lipídica de yema de huevo, el cual fue colectado en supermercados.	23
Cuadro 12. Ponderación de factores que afectan los sistemas de avicultura familiar de traspatio.	25
Cuadro 13. Proporción de los ingredientes e información nutrimental de las dietas.....	37

Cuadro 14. Nivel de significancia para consumo de alimento/gallina/semana (CAGS), numero de huevos/gallina/semana (NHGS), masa de huevo/gallina/semana (MHGS), ganancia de peso en 49 días (GP49d), conversión alimenticia (CA), y eficiencia alimenticia (EFA) de gallinas en sistemas de avicultura familiar de traspatio para cada factor y su interacción.	39
Cuadro 15. Medias ^z para consumo de alimento/gallina/semana (CAGS), numero de huevos/gallina/semana (NHGS), masa de huevo/gallina/semana (MHGS), ganancia de peso en 49 días (GP49d), conversión alimenticia (CA), y eficiencia alimenticia (EFA) de gallinas en sistemas de avicultura familiar de traspatio....	42
Cuadro 16. Nivel de significancia de los efectos considerados en el modelo para el análisis de peso de huevo (PHU), grosor de cascarón (GROCAS), peso de cascarón (PCAS), peso de yema (PY), peso de clara (PCLA), color de yema (COLY), altura de la albumina (ALTALB), unidades Haugh (UH), altura de la yema (ALTY) del huevo de gallinas en sistemas de avicultura familiar de traspatio de cada factor y su interacción.	43
Cuadro 17. Medias ^z para peso de huevo (PHU), grosor de cascarón (GROCAS), peso de cascarón (PCAS), peso de yema (PY), peso de clara (PCLA), color de yema (COLY), altura de la albumina (ALTALB), unidades Haugh (UH), altura de la yema (ALTY), diámetro de yema (DIAY), e índice de yema (INDY) del huevo de gallinas en sistemas de avicultura familiar de traspatio.....	45
Cuadro 18. Nivel de significancia de los efectos considerados en los modelos para el análisis de ácidos grasos poliinsaturados omega-6 (AGPI ω -6), ácidos grasos poliinsaturados omega-3 (AGPI ω -3), y relación de ácidos grasos poliinsaturados omega-6:omega-3 (ω -6: ω -3) en la yema de huevo de gallinas en sistemas de avicultura familiar de traspatio de cada factor y su interacción.....	46
Cuadro 19. Medias ^z para ácidos grasos poliinsaturados omega-6 (AGPI ω -6), ácidos grasos poliinsaturados omega-3 (AGPI ω -3), y relación de ácidos grasos	

poliinsaturados omega-6:omega-3 (ω -6: ω -3) en la yema de huevo de gallinas en sistemas de avicultura familiar de traspatio.	48
Cuadro 20. Análisis del índice del Costo de Alimentación Sobre Ingresos en los diferentes tipos de sistemas de producción propuestos en sistemas de avicultura familiar de traspatio.	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Efecto sobre el porcentaje de postura al transferir a las gallinas de 8 a 16 h a las 20 semanas de edad (Negro: transferidas de 8 a 16 h luz a las 20 semanas de edad; Rojo: Transferidas de 8 a 16 h luz a las 10 semanas de edad; Azul: mantenidas a 16 h luz).....	24
Figura 2. Efecto del tipo de dieta sobre el número de huevos por gallina por semana y ganancia de peso en 49 días.....	43

DEDICATORIAS

Dedico esta tesis de maestría, en especial a mi esposa Natividad López Almaraz y a mi hijo Ethan Jesús Guerrero López, a quienes amo mucho, pues gracias a ese amor, confianza y apoyo incondicional que a diario me ofrecen logré concluir mis estudios de maestría, y este trabajo de tesis.

También la quiero dedicar a mis padres: Honoria Ramírez Flora y Honorio Guerrero Hernández, por el hecho de darme la vida en este mundo. He logrado lo que soy hasta este momento, gracias al ejemplo de mis padres de ser siempre muy trabajadores, en especial mi madre, que toda su vida dio todo de ella para que nada nos faltara a mí y mis hermanos.

A mis hermanos, porque de alguna forma me acompañaron en gran parte de mi vida, y por esos momentos inolvidables que compartimos en la niñez y la adolescencia, lo que ayudó a que me formara como ahora soy. Gracias porque siempre están ahí si en algo los necesito.

Por último, se la dedico a mis amigos que me han rodeado desde el inicio de la maestría, pues la amistad es un factor muy importante para poder desenvolverse en cualquier ámbito laboral.

Atentamente

Jesús Guerrero Ramírez

AGRADECIMIENTOS

En primera, quiero agradecer a mi alma mater, la Universidad Autónoma Chapingo por darme otra vez la oportunidad de seguir superándome profesionalmente con estudios de maestría.

Al CONACYT, que junto con mi alma mater, hicieron que fuera posible mis estudios de maestría y este trabajo de tesis.

Quiero también agradecer a todo mi comité asesor: al Dr. Mariano Jesús González Alcorta, al Dr. Agustín Ruíz Flores, al Dr. Manrrubio Muñoz Rodríguez, y a la Dra. Silvia Carrillo Domínguez, por su gran apoyo quienes hicieron posible este trabajo de tesis.

A mi asesor de tesis, el Dr. Mariano Jesús González Alcorta, quien ha sido mi guía en todo este proceso.

Al Dr. Manrrubio Muñoz Rodríguez y el CIESTAAM, por el apoyo que me ofrecieron para poder concluir mi fase experimental del proyecto de tesis.

A la Dra. Silvia Carrillo Domínguez, al Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, y a todo su equipo de trabajo, por el apoyo incondicional que me ofrecieron para lograr la fase de laboratorio del proyecto de tesis.

Al Centro de Desarrollo Rural (CYAGRO), quienes me apoyaron en la fase experimental del proyecto de tesis.

Y por último, a los productores de la comunidad de El Rosario, Santiago Tetepec, Oaxaca, ya que sin ellos no hubiera sido posible desarrollar la fase experimental del trabajo de tesis.

Atentamente

Jesús Guerrero Ramírez

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos personales

Nombre	Jesús Guerrero Ramírez
Fecha de nacimiento	2 de enero de 1989
Lugar de nacimiento	Cuautlixco, Cuautla, Morelos
No. Cartilla Militar	3742870
CURP	GURJ890102HMSRMS05
Profesión	Ingeniero Agrónoma Especialista en Zootecnia
Cédula profesional	08776012

Desarrollo académico

Bachillerato	Centro de Bachillerato Tecnológico e Industrial y Servicios No. 76.
Licenciatura	Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Enseñanza e Investigación y Servicio en Zootecnia
Maestría	Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Enseñanza e Investigación y Servicio en Zootecnia.
	Posgrado en Producción Animal

INTRODUCCIÓN GENERAL

La desnutrición y el hambre son de los problemas más graves que enfrenta la humanidad (Cruz, 2008). Según la FAO (2013a), la desnutrición y el hambre la padecen 14.3% de la población mundial en desarrollo (827 millones de personas), mientras que, en América Latina la padece 7.1% de la población (39.8 millones de personas). En México, la desnutrición y el hambre la sufren cerca de 5% de la población (5.9 millones de personas; FAO, 2013b). Por otro lado, el nivel de pobreza en México se presenta en 46.2% de la población (55.3 millones de pobres). El estado de Oaxaca ocupa el segundo lugar en pobreza después de Chiapas, con 66.8% de la población (2.6 millones de pobres), y específicamente, en el municipio de Santiago Tetepec, la padece el 88.7% de la población (4,302 de pobres; CONEVAL, 2014).

Ante la situación de desnutrición, hambre y pobreza, en 2002 nace en México el Proyecto Estratégico para la Seguridad Alimentaria (PESA), para el cual se cuenta con el soporte y experiencia de la FAO.

El PESA está enfocado al desarrollo de comunidades rurales que viven en alta marginación, en las que busca la seguridad alimentaria y nutricional, donde se consideran las limitantes y el potencial de su territorio para la producción de alimentos y la generación de ingresos (FAO, 2002a). Uno de los proyectos estratégicos que el PESA impulsa, es la producción de huevo y carne bajo sistemas de Avicultura Familiar de Traspatio (AFT). Sin embargo, algunas evaluaciones de esta estrategia han mostrado que la producción de huevo no se ha visto incrementada.

Los sistemas de AFT representan hasta 70% de la producción de huevo y carne en países de bajos ingresos y con deficiencia en alimentos (FAO, 2002b), lo que sugiere que sin los sistemas AFT, el hambre se incrementaría considerablemente, por la insuficiente de producción de carne y huevo. En México se cuenta con 356'824,347 aves de corral (INEGI, 2007a), mientras que la UNA (2015) reporta una parvada de 492 millones de aves (152 millones de

ponedoras y 277 millones de pollos por ciclo), de las cuales aproximadamente 32% son criadas a pequeña escala. Cabe aclarar que la parvada a nivel nacional se ha incrementado 28%. De la parvada total nacional, 4,323,779 aves, 1.2% corresponden al estado de Oaxaca. Del total de Oaxaca, 61.85% corresponde a aves no clasificadas, es decir, aves de corral en viviendas, y de unidades de producción con menos de 100 cabezas, las cuales podrían clasificarse como de sistemas de AFT (INEGI, 2007a; INEGI, 2007b). Lo anterior da idea de la importancia de la AFT, ya que el porcentaje de dedicación a esta actividad, es suficiente prueba para impulsar proyectos de investigación y/o de producción en relación al mejoramiento de estos sistemas, con la meta de producir huevo y carne.

Cabe mencionar que en México, 22.4% de las Unidades Económicas Rurales (UER), son para la subsistencia de la familia y no tienen ninguna vinculación con el mercado, mientras que 50.6% tiene vinculación con el mercado (SAGARPA, 2012). Por otro lado, en el estado de Oaxaca, de las 136,308 unidades de producción con cría y explotación de alguna especie animal, 11.5% venden parte de su producción, mientras que el resto destinan su producción exclusivamente al autoconsumo (INEGI, 2007b). Con el hecho de ver el porcentaje de UER de autoconsumo, se vuelve a reiterar que los sistemas de producción de traspatio, particularmente de gallinas, dan pauta para mejorarlos con el fin de lograr la seguridad alimentaria, y en un futuro, aumentar sus ingresos por medio de la venta de excedentes.

Los sistemas de AFT constituyen una actividad muy importante para las comunidades rurales de México, ya que además de proveer huevo y carne como alimento a las familias, son una forma de adquirir y transmitir conocimientos, hacer uso de recursos locales para la alimentación de las aves y tener un ahorro económico, entre otros beneficios (Albalat, 2011). Es por ello que Cruz (2008) sugiere el aprovechamiento de los recursos locales disponibles con nuevas técnicas complementarias a través de estrategias de alimentación, como puede ser la formulación de dietas balanceadas con ingredientes alternativos de la

región. Sin embargo, estos sistemas pueden resultar ineficientes por el bajo aprovechamiento de los recursos disponibles para producción de carne y huevo; lo anterior debido a que las familias campesinas no tienen el conocimiento del manejo zootécnico con base en tecnologías de producción, no existen genotipos especializados, podría existir una alta mortalidad por enfermedades, depredación y una alimentación desbalanceada. Es así como el tipo de alimentación de las gallinas en sistemas de AFT, se vuelve como el principal factor limitante para la obtención de buenos parámetros productivos, puesto que la dieta que se les ofrece no está balanceada, la cual está compuesta por el libre pastoreo (hierbas, insectos, lombrices), maíz, o desperdicios de cocina (Cruz, 2008; Jerez *et al.*, 2012; González *et al.*, 2014).

Actualmente se conoce muy poco sobre los sistemas AFT, debido a la falta de registros relacionados con los indicadores productivos y de la calidad del huevo (Juárez *et al.*, 2010; Cuca *et al.*, 2015). Sin embargo, a través de una alimentación balanceada y manejo del fotoperiodo, el comportamiento productivo y la calidad del huevo pueden ser incrementadas, y con esto dar pauta a una investigación para recabar información sobre gallinas en sistemas AFT. Es por ello que el objetivo de esta investigación fue estimar el efecto de tres tipos de dieta y dos tipos de fotoperiodo en el comportamiento productivo y de calidad del huevo de gallinas en sistemas de avicultura familiar de traspatio.

HIPÓTESIS

La alimentación balanceada y el incremento de fotoperiodo mejoran el comportamiento productivo y la calidad física del huevo respecto a la dieta desbalanceada con solo maíz con fotoperiodo natural, en sistemas de avicultura familiar de traspatio.

La dieta balanceada enriquecida con aceite de soya (ácidos grasos poliinsaturados ω -6) y aceite de canola (ácidos grasos poliinsaturados ω -3), incrementa los niveles de ácidos grasos poliinsaturados ω -6 y ω -3 en la yema de huevo respecto a las dietas no enriquecidas, en sistemas de avicultura familiar de traspatio.

Los incrementos de la producción de huevo de gallinas alimentadas con dietas balanceadas, con o sin aceite, respecto a las dietas desbalanceadas con solo maíz, incrementan el valor de la producción de huevos y por consecuencia el margen neto del productor.

OBJETIVOS

Estimar el efecto de dieta y de fotoperiodo en el comportamiento productivo y la calidad física del huevo de gallinas en sistemas de avicultura familiar de traspatio.

Determinar el efecto de enriquecer una dieta balanceada con ácidos grasos poliinsaturados ω -6 y ω -3 sobre la concentración de éstos mismos en la yema de huevo de gallinas en sistemas de avicultura familiar de traspatio para evaluar su relación de ácidos grasos poliinsaturados ω -6: ω -3.

Calcular el CASI (Costos de Alimentación Sobre Ingresos) de los sistemas de producción propuestos en sistemas de avicultura familiar de traspatio para determinar el valor de la producción y el margen neto del productor.

REVISIÓN DE LITERATURA

1. CARACTERIZACIÓN DE LA AVICULTURA FAMILIAR DE TRASPATIO EN MÉXICO Y EN EL ESTADO DE OAXACA

1.1 El concepto del sistema de avicultura familiar o de traspatio

La avicultura de traspatio o familiar, también conocida como de solar, rural, criolla, doméstica, no especializada o autóctona, constituye un sistema tradicional de producción pecuaria que realizan las familias campesinas en el patio de sus viviendas o alrededor de las mismas, y consiste en criar un pequeño grupo de aves no especializadas alimentadas con insumos producidos localmente, desperdicio de la unidad familiar, insectos y hierbas que recogen del suelo en el pastoreo, y donde los productos obtenidos de la actividad son exclusivamente para autoconsumo (Juárez y Ortiz, 2001; Cuca *et al.*, 2015). Sin embargo, actualmente, no solo se considera de autoconsumo, si no existen algunas familias que venden el huevo o carne de sus aves de traspatio para generar algunos ingresos.

Otro concepto de la avicultura a pequeña escala o de traspatio, es que PESA-FAO, maneja a la “avicultura de traspatio” como una “avicultura familiar”, lo cual se ha prestado a discusiones, pues al calificar a la avicultura como familiar, se piensa como una explotación donde la principal actividad no es sólo para autoconsumo, si no también comercial, pues las empresas de producción intensiva también se pueden considerar explotaciones familiares. Pero, lo que PESA-FAO quiere dar a entender con lo “familiar”, es que la mano de obra en estos sistemas la aportan principalmente los integrantes de la familia, un concepto más propio de lo que es una actividad familiar donde ellos se organizan sin depender de nadie, muy diferente a cualquier otro sistema familiar. Es por ello que se ha creado un concepto propio, el cual se podría manejar como una Avicultura Familiar de Traspatio (AFT), pues hoy día, algunas familias crían sus gallinas en traspatio, no solo para autoconsumo, sino también para generar ingresos extra.

1.2 Problemática de la avicultura familiar de traspatio

Uno de los problemas más importantes de los sistemas de AFT, es la mala alimentación de las gallinas, pues González *et al.* (2014) mencionan que el factor principal que limita la producción, es la alimentación desbalanceada. Así mismo, estos autores enumeran como factores secundarios el tipo de instalaciones donde se alojan las gallinas, el manejo sanitario, y la capacidad de aves en el gallinero, lo cual también coincide con Jerez *et al.* (1994). Ante esta situación, se recomienda dar a las gallinas un lugar que responda a las normas higiénicas, una alimentación balanceada (como principal factor) y protegerlas de los cambios e incidencias del clima (Jerez *et al.*, 1994). De no ser así, los sistemas de AFT seguirán siendo acorralados, marginados y en algunos casos eliminados por los sistemas intensivos (Haynes, 1990).

En el estado de Tlaxcala, Cruz (2008) menciona que la mortalidad está relacionada con instalaciones inadecuadas con escasa asistencia técnica y el tipo y procedencia de ave utilizada; así mismo, el autor menciona que los productores de avicultura familiar utilizan métodos tradicionales de manejo y manutención de las gallinas, lo cual es parte de la experiencia y se considera como viable para conservar la esencia de estos sistemas. Algo similar menciona Alonso (2000), para quien el traspatio manejado de manera intensiva, sustentable e integral, representaría una forma de vida sana y productiva para las familias de escasos recursos, donde puedan tener ingresos adicionales con posibilidad de crecer y tener una pequeña empresa familiar.

1.3 Tipos de gallinas encontradas en los sistemas de avicultura familiar de traspatio

Jerez *et al.* (1994), mencionan que en los valles centrales de Oaxaca, el tipo de gallina no está bien definida, si no que existen aves producto de mezclas entre razas, las cuales se han adaptado a la región denominándolas como criollas. Se ha encontrado una predominancia de las razas Rhode Island y Plymouth Rock. Una situación similar encontró Cruz (2008) en el estado de Tlaxcala, donde las

aves utilizadas son cruzas de genotipos criollos (57%) por selección natural, cruzas simples de Plymouth Rock (17%) por Rhode Island (14%) y líneas genéticas especializadas. En los sistemas AFT, se puede generalizar esta tendencia, pues hoy día se apoya a las familias con paquetes tecnológicos donde vienen incluidas aves de las razas antes mencionadas. Esto se corroboró con el diagnóstico que hizo Albalat (2011) en Puente Nacional, Veracruz, donde encontró que del total de las gallinas el 54.5% corresponden a gallinas criollas, 27.3% a las cruzas de gallinas criollas con la raza Rhode Island Roja o Plymouth Rock Barrada, 13.6% a gallinas de líneas genéticas ponedoras, y 4.5% de pollos de engorda. Sin embargo, el manejo de estas razas puede ser relativo, ya que con el tiempo se han mezclado con gallinas criollas de la región, pues en el lugar de estudio sólo se encontraron características fenotípicas de estas razas, mas no se puede asegurar al 100% su pureza.

En el Cuadro 1, se muestra de manera resumida la proporción del tipo de gallina que se maneja en los sistemas AFT, donde las gallinas criollas ocupan el primer lugar y en segundo lugar las gallinas comerciales. En algunos casos, algunos autores encontraron que el manejo de las gallinas criollas y comerciales se hace en conjunto.

Cuadro 1. Tipos de gallinas que se manejan en los sistemas de avicultura familiar de traspatio.

Criollas (%)	Comerciales (%)	Ambas (%)	Autor (es)
58.4	---	---	(Camacho <i>et al.</i> , 2006)
---	58.0	---	(Centeno <i>et al.</i> , 2007)
81.7	6.0	12.3	(Gutiérrez <i>et al.</i> , 2007)
57.0	4.0	---	(Cruz, 2008)
54.4	13.6	27.2	(Albalat, 2011)
97.0	3.0	---	(Sánchez y Torres, 2014)

Los datos están expresados en porcentaje de la parvada.

A continuación se describen de manera general las razas de gallinas (Rhode Island, Plymouth Rock y New Hampshire) comerciales que se manejan en los sistemas AFT.

1.3.1 Rhode Island

Según Haynes (1990) esta raza tiene el color de piel amarillo, las plumas son de rojo intenso y el huevo rojo, su peso vivo en edad adulta es de 2.95 a 3.86 kg. Existen cuatro variedades: la roja cresta sencilla (única conocida en México) la roja cresta rosa, la blanca cresta sencilla, que se ha empleado mucho en la producción de líneas para pollo de engorda y aves de postura, y la blanca cresta rosa, prácticamente desaparecida (Oteiza, 2004). Estas gallinas son precoces y poseen rusticidad manifiesta, adaptándose particularmente bien a regiones de baja temperatura y climas desiguales (CEA, 2001).

1.3.2 Plymouth Rock

Según Haynes (1990), el color de piel es amarillo, plumaje blanco y negro, de huevo rojo, su peso vivo varía de 3.40 a 4.31 kg en la adultez. Esta raza es buena ponedora, varía en color de pluma, como la blanca, la barrada, la leonada, el azul etc., siendo las de mayor importancia comercial la blanca y la barrada (CEA, 2001). Aunque Plymouth Rock barrada es una de las razas populares en el mundo, su actual selección tiene como objetivo la producción de huevo café, olvidando el fenotipo; se emplea mucho en la cruce con Rhode Island y New Hampshire para producir pollos autosexantes (*sex line*; Oteiza, 2004).

1.3.3 New Hampshire

Según Haynes (1990), el color de la piel de las aves de esta raza es amarillo, las plumas son rojas moderadas y su huevo rojo, con un peso vivo adulto de 2.95 a 3.63 kg. Realmente es una derivación de la raza Rhode Island Roja, que se hizo por selección de líneas claras durante muchos años, estas son precoces en el emplume y crecimiento, y de buena producción de huevo, con lo que se logró establecer en Estados Unidos, logrando en México gran popularidad a finales de la década de 1940 (Oteiza, 2004). Esta raza crece rápidamente, tiene un emplume rápido y completo, convierte el alimento en forma más eficiente, y los huevos son de color marrón con una incubabilidad excelente (CEA, 2001).

1.4 Infraestructura y equipo en la avicultura familiar de traspatio

Una de las características importantes de los sistemas AFT, son sus instalaciones rudimentarias construidas con poca infraestructura, donde la mayoría de los gallineros están hechos de materiales de la región. En el Cuadro 2, se puede observar que la proporción de familias que cuentan con un gallinero varía según cada autor, así como la utilización de comederos y bebederos comerciales. En la mayoría de los casos, no se utilizan comederos ni bebederos comerciales, sino recipientes de plásticos, trastes o cualquier otro objeto que sirva para este fin. En otros casos, las gallinas se alimentan en el piso en su totalidad o parcialmente.

Cuadro 2. Porcentaje de las familias que poseen gallineros, bebederos y comederos comerciales, y dan de comer a sus gallinas en el piso.

Gallinero (%)	Bebederos (%)	Comederos (%)	Piso (%)	Autor(es)
89.4	---	---	---	(Rejón <i>et al.</i> , 1996)
100.0	---	---	---	(Rodríguez <i>et al.</i> , 1996)
39.4	---	---	---	(Camacho <i>et al.</i> , 2006)
100.0	---	18.0	82.0	(Centeno <i>et al.</i> , 2007)
91.3	---	---	---	(Gutiérrez <i>et al.</i> , 2007)
53.0	---	---	---	(Cruz, 2008)
50.0	36.6	---	36.6	(Albalat, 2011)
0.0	0.0	0.0	100.0	(Zaragoza <i>et al.</i> , 2011)
67.0	---	---	73.0	(Sánchez y Torres, 2014)

Los datos están expresados en porcentaje del total de las familias encuestadas.

En referencia al Cuadro 2, se puede especificar el material del cual están contruidos los gallineros, el tipo de bebederos y comederos que utilizan para alimentar a las gallinas. A continuación se enlistan diferentes casos en cuanto a la infraestructura de los gallineros:

- En Tetiz, Yucatán, Gutiérrez *et al.* (2007) encontraron que 67.9% de los gallineros están contruidos con techos de lámina de cartón, 63.6% con paredes de malla gallinera, y 80.4% con piso de tierra.
- En Xalpatlahuaya, Huamantla, Tlaxcala, Cruz (2008) encontró que 55% de las paredes están contruidas de block y los techos con lámina de asbesto;

el otro 45% de las paredes son de adobe, madera, o malla y los techos de teja, mientras que 42% tienen piso de cemento.

- c) En Dzununcán, Yucatán, Rodríguez *et al.* (1996) encontraron que 20.83% de los gallineros están contruidos con madera. De los techos, 62.5% están contruidos de lámina de cartón, 12.5% con lamina de asbesto, y 25% con guano o plástico. El 50% de los pisos son de tierra, y 29% de cemento.
- d) Albalat (2011) encontró en Alto de la Higuera, Puente Nacional, Veracruz, que 45% de los techos están contruidos de lámina de zinc, y el resto de las familias los construyen de lámina de cartón, de asbesto, plástico o trapos como sábanas. El 50% de las paredes son de malla gallinera y 22.72% de block, el resto de las paredes son de palos o resortes de colchones viejos, 68.18% de los pisos son de tierra.
- e) Camacho *et al.* (2011) en Costa Sierra Juárez y Valles Centrales de Oaxaca, y Antonio *et al.* (2011) en Santo Domingo Tepuxtepec Mixe, Oaxaca, encontraron que las familias no cuentan con instalaciones, las gallinas duermen en las ramas de los árboles, con excepción de Camacho *et al.* (2006), quienes encontraron que 39.4% de las familias cuentan con un gallinero.

A los casos anteriores encontrados en diferentes investigaciones, se puede rescatar que en más del 50% de los gallineros, el techo y la pared son contruidos con lámina de cartón y con tela gallinera; y que para más del 60% de las familias los pisos son de tierra, el resto puede ser de cemento o cualquier otro material. Entre 20 y 50% de los gallineros pueden estar contruidos de materiales de la región, como carrizo, adobe, madera, sábanas, resortes de camas, entre otros. Esto permite confirmar que la infraestructura de los gallineros es pobre y con bajo costo, ya que se observa que los materiales utilizados no son de alto costo, mitigando también con el uso de materiales alternativos de la región.

En cuanto al equipo:

- a) Albalat (2011) menciona que en 36.63% de los casos se usan bebederos industriales, 31.81% reciclados. Aunque no mencionan datos sobre el porcentaje de familias que utiliza nidos para sus gallinas, se puede rescatar que los nidos utilizados son principalmente de cajas de cartón, de madera, o de ollas de barro, y dentro de los nidos les colocan rastrojo, papel o hierbas de olor.
- b) Camacho *et al.* (2011) y Antonio *et al.* (2011) mencionan que no es común usar bebederos y ocasionalmente se usan ollas viejas o pedazos de llantas. En el caso de los nidos, se usan cajones de madera o de plástico, canastas o cazuelas de barro, los nidos los acolchan con viruta, aserrín, pino, plantas silvestres, hojas secas o telas viejas.

Se aprecia que la mayoría de las familias no usan equipo comercial, sino lo que tengan a su alcance, como artículos de desecho. Los bebederos y comederos industriales salen sobrando en estos sistemas, quizás por el alto costo de adquisición, o por el número reducido de aves que se tiene por familia. En cuanto a no utilizar recipientes para alimentar las gallinas, la incidencia de dar de comer en el suelo cambia dependiendo del lugar.

1.5 Caracterización del tipo de alimentación en la avicultura familiar de traspatio

La alimentación representa del 60% al 70% del total de los costos de producción de huevo y carne, lo cual significa que el precio del alimento influye considerablemente en el costo de producción, razón por la cual hacer uso correcto y adecuado del alimento es muy importante para el productor (Cuca *et al.*, 2009), ya que le ahorra costos de producción e incrementa su productividad, siempre y cuando se tenga una dieta bien balanceada en cuanto a nutrimentos.

En los sistemas de avicultura de traspatio, las gallinas reciben su alimentación con base en granos locales y desperdicios de cocina que las amas de casa les arrojan al piso, complementando con insectos y forrajes verdes que las gallinas levantan del suelo durante el pastoreo (Jerez *et al.*, 1994). Dicho lo anterior, el

uso de algunos insumos locales para la producción de gallinas de huevo para plato a pequeña escala (Sarmiento, 2001), se vuelve una estrategia de alimentación viable para la formulación de dietas, donde se busca encontrar una mejor nutrición balanceada, y por consiguiente una mejor respuesta productiva. Sin embargo, este conocimiento sobre el balanceo de dietas no se explota en los sistemas de AFT debido a que se desconoce el procedimiento de formulación.

En el Cuadro 3, se muestra la alimentación que se le da a las gallinas en sistemas de AFT. En él se puede observar que el maíz es el principal alimento que no puede faltar en la dieta de las gallinas. El segundo alimento principal se obtiene del pastoreo, donde las gallinas colectan hierbas e insectos. Sin embargo, algunas familias (20-50%) no usan este método de alimentación por miedo a que las gallinas sean víctimas de algunos depredadores. Cuando se trata de alimento comercial, las familias solo lo usan cuando los pollitos están en crecimiento o las gallinas se encuentran en la fase de postura, de ahí en fuera el uso de alimento comercial es esporádico. En general, el mínimo uso de alimento comercial es 13% y el máximo 68% de las familias.

Cuadro 3. Principal alimentación utilizada en los sistemas de avicultura familiar de traspatio.

Pastoreo (%)	Tortilla (%)	Maíz (%)	Alimento Comercial [†] (%)	Otros ^{††} (%)	Desperdicios de cocina (%)	Autor (es)
---	---	87.0	61.5	---	75.0	(Rejón <i>et al.</i> , 1996)
---	---	66.6	16.6	16.6	---	(Rodríguez <i>et al.</i> , 1996)
---	---	---	33.8	---	---	(Camacho <i>et al.</i> , 2006)
52.0	61.7	68.0	68.5	15.2	---	(Gutiérrez <i>et al.</i> , 2007)
100.0	---	100.0	17.6	12.0	---	(Centeno <i>et al.</i> , 2007)
80.0	---	81.0	54.0	18.0	---	(Cruz, 2008)
22.7	---	86.3	13.6	---	---	(Albalat, 2011)
---	---	100.0	---	---	---	(Camacho <i>et al.</i> , 2011)
100.0	---	100.0	---	---	---	(Zaragoza <i>et al.</i> , 2011)
100.0	---	---	18.0	27.3	36.4	(Sánchez y Torres, 2014)

Los datos están expresados en porcentaje del total de las familias encuestadas. [†]Solo se les ofrece esporádicamente, y en algunos casos solo a los pollitos en crecimiento. ^{††}Puede ser forraje verde ofrecido directamente, salvado, masa, otros granos que no sea maíz.

1.6 Manejo alimenticio de las gallinas en sistemas de avicultura familiar de

traspatio

Manejo alimenticio de las gallinas se refiere a la forma en que las familias les dan de comer y la frecuencia con las que son alimentadas.

Albalat (2011) encontró que 77.27% de las familias dan de comer a las gallinas tres veces al día, el resto una vez al día. Posterior a su alimentación, las gallinas andan libres pastoreando, mientras que Zaragoza *et al.* (2011) encontraron que les dan de comer dos veces al día. Por otro lado, en Valles Centrales de Oaxaca, Camacho *et al.* (2011) encontraron que las gallinas reciben alimento sólo por la mañana y a veces por la tarde, después la mayor parte de su alimentación la obtienen por medio del pastoreo. Un manejo particular de algunas familias, es que a los pollitos se les alimenta durante cuatro semanas con masa mezclada con hierbas, después de eso, se alimentan con masa y granos de nixtamal, al llegar a la madurez sexual se les alimenta con grano entero. Mientras que Antonio *et al.* (2011) en Tepuxtepec, Mixe, Oaxaca, encontraron que los pollitos reciben maíz y hierba del pollo (una herbácea conocida de la región por ser consumida por las gallinas con frecuencia en el pastoreo) hasta valerse por sí solos, aproximadamente hasta las tres semanas de edad, después se les da maíz.

Según lo que se encuentra en literatura, el manejo alimenticio de las gallinas, puede variar, pues no todas las familias tienen el hábito de darles de comer según lo requieran. Las veces que se les da de comer a las gallinas no necesariamente es un buen indicador de una buena o mala alimentación, pero la cantidad y calidad de alimento ofrecido en cada comida sí lo es. Quizá en algunas familias, la alimentación pueda ser deficiente pero mejor balanceada, o en otras, suficiente pero desbalanceada, lo cual es un factor principal que puede afectar los parámetros productivos y reproductivos de los sistemas de AFT

1.7 Manejo sanitario en la avicultura familiar: enfermedades y mortalidad

En el Cuadro 4 se muestra que el hábito de vacunar es muy variable, al variar desde un mínimo del 13 a un 68% de las familias que vacunan a las gallinas. Sin embargo, según Camacho *et al.* (2006) la mayoría no lo hace adecuadamente.

De los que vacunan a las gallinas, Cruz (2008) menciona que lo hacen para Newcastle aplicado al ojo, mientras que Albalat (2011) encontró que se vacuna para triple aviar y viruela.

Algunas actividades que hacen las familias para evitar enfermedades en las gallinas son: barrer gallineros, lavar bebederos y comederos, cambiar los nidos cuando están sucios cada una a dos semanas, también se encuentra que 18.4% desinfecta el agua, y que 79% tira a las gallinas muertas al campo (Albalat, 2011; Gutiérrez *et al.*, 2007), esta última actividad está mal hecha, ya que los perros o depredadores pueden ser responsables de propagar alguna enfermedad. Sin embargo, no todas las familias reportan tener medidas sanitarias (Antonio *et al.*, 2011; Zaragoza *et al.*, 2011; Juárez y Pérez, 2003).

Cuadro 4. Porcentaje de familias que vacunan y utilizan medicina tradicional y causas de muerte.

Vacunan [†] (%)	Medicina Tradicional (%)	Mortalidad (%)	Causas por mortalidad (%)				Autor (es)
			Catarro	Viruela	Diarrea	Depredación	
36.5	---	---	16.5	---	16.5	---	(Rejón <i>et al.</i> , 1996)
---	---	21.0	17.0	7.0	22.3	7.0	(Rodríguez <i>et al.</i> , 1996)
67.6	---	---	---	---	---	---	(Camacho <i>et al.</i> , 2006)
13.3	49.1	66.0	67.3	30.4	28.4	---	(Gutiérrez <i>et al.</i> , 2007)
18.0	---	---	---	---	--	---	(Centeno <i>et al.</i> , 2007)
38.0	---	56.0	65.0	---	29.0	---	(Cruz, 2008)
4.3	---	---	29.9	8.2	38.3	6.8	(Albalat, 2011)
---	---	30.1	---	---	---	---	(Verduzco, 2015)

Los datos están expresados en porcentaje del total de las familias encuestadas. [†]Pudieron haber aplicado al menos una vacuna.

Referente al Cuadro 4 se observa que la mortalidad en los sistemas AFT es elevada: va de 21 a 66%. De las muertes, la principal es por catarro, después le

sigue diarrea, luego viruela, y finalmente depredación. Las causas de muerte por enfermedad, se deben a que las familias no les dan un manejo adecuado a la hora de vacunar, y los que practican medidas de higiene no las practican totalmente, es decir, no usan desinfectantes adecuados o bien, no lo hacen en toda el área donde las gallinas transitan. Las muertes por depredación, es por el mal acondicionamiento de los gallineros, y por dejar afuera a las gallinas por las noches. La mayor mortalidad ocurre en las primeras 8 semanas de edad (Verduzco, 2015).

La sanidad es un factor importante, ya que si no se tiene un conocimiento adecuado del manejo de vacunas y medidas de higiene, se puede reflejar en mortalidades altas. Otro factor importante es la introducción de gallinas de líneas comerciales, las cuales generalmente no son resistentes a enfermedades, como las gallinas criollas, lo cual fácilmente aumenta la mortalidad en la parvada.

1.8 Caracterización de los parámetros productivos en la avicultura familiar de traspatio

Con base en la literatura consultada, y haciendo referencia a los factores que afectan a la AFT, se encuentran los siguientes parámetros productivos y reproductivos en dicho sistema (Cuadro 5). Se puede destacar que el menor número de huevos por gallina a la semana es 1.1 y el máximo hasta 3.5 huevos/gallina/semana. Si se considera un promedio de 2.5 nidadas al año, y un tiempo de 90 días que resulta de la suma de los días que tarda la postura más los días que cuida la gallina a los pollitos, se obtiene una postura de 53 a 138.5 huevos/gallina/año. La variación entre estos parámetros productivos depende mucho de las condiciones en que se hizo el experimento, el tipo de alimentación, el tipo de gallinas y el tipo de manejo que se les haya dado.

La maduración sexual de las gallinas también va a variar a causa de los factores antes mencionados, principalmente por el manejo del fotoperiodo y el tipo de alimentación. Las gallinas romperán postura entre 21 y 36 semanas de edad. Al

igual que los parámetros reproductivos, se puede apreciar que de los huevos incubados solo van a eclosionar de 35 a 78%.

Cuadro 5. Parámetros productivos y reproductivos de las gallinas en sistemas de avicultura familiar de traspatio.

NH/G/S	NH/G/A	Nidadas al año [†]	Huevos incubados por nidada	Eclosión (%)	Rompen postura (semanas)	Autor (es)
1.62	---	---	---	35.87	---	(Rodríguez <i>et al.</i> , 1996)
1.65	147.0	2.3	9.0	80.00	30.0	(Centeno <i>et al.</i> , 2007)
2.68	---	---	---	61.90	---	(Gutiérrez <i>et al.</i> , 2007)
---	138.5	---	5.8	38.16	21.0	(Cruz, 2008)
2.64	---	---	---	47.20	28.0-36.0	(Albalat, 2011)
1.10	53.0	2.7	---	---	28.0	(Antonio <i>et al.</i> , 2011)
1.75	52.5	2.5	7.0 a 15.0	78.57	---	(Zaragoza <i>et al.</i> , 2011)
---	90.8	---	---	---	---	(Sánchez y Torres, 2014)
3.50	---	2.6	12.0	67.00	---	(Verduzco, 2015)

NH/G/S: número de huevos por gallina a la semana. NH/G/A: número de huevos por gallina al año. [†]Cada nidada dura en promedio 90 días (Verduzco, 2015; Antonio *et al.*, 2011).

2. RESPUESTA PRODUCTIVA DE DIETAS ALTERNATIVAS EN GALLINAS DE SISTEMAS DE AVICULTURA FAMILIAR DE TRASPATIO

2.1 Gallinas de avicultura familiar de traspatio alimentadas con dietas balanceadas alternativas

La respuesta productiva de las gallinas, depende del manejo, alimentación y condiciones de infraestructura donde estén alojadas. Particularmente, la avicultura familiar al aire libre representa hasta 70% de la producción de huevos y carne en los países de bajos ingresos y con deficiencia de alimentos (FAO, 2002b). En otro estudio, Sonaiya y Swan (2004) encontraron que en África, Asia y América Latina, 80% de la avicultura familiar se practica en condiciones extensivas, es decir, las aves no están en total confinamiento, pueden contar con un refugio o no, deambulan en busca de comida en áreas muy grandes, y la composición de la parvada es muy variable en cuanto a genotipo y edad. Mientras

tanto, en México según INEGI (2007a), 32% de la avicultura se practica a pequeña escala

En el Cuadro 6, se muestran algunos parámetros del comportamiento productivo de gallinas en sistemas AFT, las cuales fueron alimentadas con dietas alternativas balanceadas. Se puede observar mucha diferencia en los resultados, quizás por el tipo de gallina y la forma en que fueron alimentadas, ya que algunos autores restringían la alimentación y otros la complementaban con pastoreo en praderas, tales como Aguirre *et al.* (2012) y Ruíz *et al.* (2008). La producción de huevo en estos estudios varió de 1.8 a 4.83 huevos/gallina/semana.

Cuadro 6. Respuesta productiva en gallinas de sistemas de avicultura familiar de traspatio con dietas alternativas balanceadas.

Consumo (g)	NH/G/S	NH/G/A	GP49d	CA	Autor (es)
---	4.0	---	---	---	(Segura <i>et al.</i> , 2007)
94	---	102	---	---	(Ruíz <i>et al.</i> , 2008)
---	1.8	---	---	---	(Jerez <i>et al.</i> , 2009)
---	2.3	---	---	---	(Jerez y Carrillo, 2009)
109	3.5	---	0.18	4.2	(Aguirre <i>et al.</i> , 2012)
---	3.2	---	---	---	(Jerez <i>et al.</i> , 2014a)
---	---	---	---	2.9	(Sánchez <i>et al.</i> , 2015)
---	4.8	---	---	---	(Torres, 2015)

NH/G/S: número de huevos por gallina a la semana. NH/G/A: número de huevos por gallina al año. CA: Conversión alimenticia. GP49d: ganancia de peso a 49 días.

En la literatura no se encuentra suficiente información sobre parámetros productivos de gallinas criollas en sistemas de AFT (Cuca *et al.*, 2015). Por lo que se sugiere hacer investigación de esto sistemas, ya que de él dependen miles de familias rurales.

2.2 Gallinas de avicultura familiar de traspatio alimentadas con dietas balanceadas con el uso de ingredientes alternativos no convencionales

Uno de los mayores problemas que enfrenta la humanidad es que parte de la población vive con bajos niveles de alimentación y nutrición, lo que ocasiona subdesarrollo físico y mental, expresado en diversos problemas de salud. La implementación de sistemas de producción de huevo y carne con razas locales

con mayor capacidad de resistencia a enfermedades y eficiencia alimenticia conduce a menor mortalidad y mayor producción; así mismo, el uso de insumos locales para su introducción en dietas balanceadas y la construcción de gallineros con material local, reduciría el costo de producción y aumentaría la posibilidad de incrementar el consumo de huevo y carne de aves. En el Cuadro 7 se muestran algunos resultados de estudios acerca del efecto de utilizar insumos alternativos agregados a dietas balanceadas en la respuesta productiva.

Cuadro 7. Respuesta productiva de gallinas con la inclusión de insumos alternativos en dietas balanceadas.

Tipo de dieta	Insumos alternativos (% en la dieta y tipo de ave)	Respuesta productiva	Autor (es)
Sorgo, soya, chaya, aceite	Harina de hoja de chaya (<i>Cnidoscolus chayamansa</i>) al 10% en aves criollas	101.5 g, 20.8 g, 4.9 kg, y 81%; Consumo, GDP, CA y DMS, respectivamente	(Aguilar <i>et al.</i> , 2000)
Sorgo, soya, leucaena, aceite	Harina de hoja de guaje (<i>Leucaena leucocephala</i>) al 10% en aves criollas)	100.7 g, 17.9 g, 5.6 kg, 76.6%; Consumo, GDP, CA y DMS, respectivamente	(Aguilar <i>et al.</i> , 2000)
Sorgo, soya, aceite, yuca o batata, aceite	Harina de raíz de yuca al 15%	105 g, 75%, 58 g, 2.4 kg;	(Posada <i>et al.</i> , 2006)
	Harina de raíz de batata al 15%	Consumo, PP, PH, CA, respectivamente	
Sorgo, soya, maíz, h. de carne y hueso, leucaena, grasa	Harina hoja de guaje (<i>Leucaena leucocephala</i>) al 4% en pollo de engorda, Línea genética Ross	61.4 g, 1,8 kg; GDP, CA, respectivamente	(Rodríguez <i>et al.</i> , 2007)
Sorgo, maíz, h. carne, leucaena o lemma	Harina de hoja de guaje (<i>Leucaena leucocephala</i>) al 4% y Harina de hoja de <i>Lemna spp.</i> al 4% en línea genética Sex-Line	6 huevos/gallina/semana	(Rodríguez, 2007)

Sorgo, soya, canola, leucaena, aceite	Harina de hoja de guaje (<i>Leucaena leucocephala</i>) al 5% en raza Rhode Island	57.46%, 59.22 g, 3.47 kg; PP, PH, y CA, respectivamente	(Abou <i>et al.</i> , 2011)
Sorgo, soya, canola, moringa, aceite	Harina de hoja de Moringa (<i>Moringa oleífera</i>) al 5% en raza Rhode Island	59.72%, 57.78, 3.64 kg PP, PH, y CA, respectivamente	(Abou <i>et al.</i> , 2011)

PP: porcentaje de postura; PH: peso promedio del huevo; CA: conversión alimenticia; GDP: ganancia diaria de peso; DMS: digestibilidad de la materia seca.

Aguilar *et al.* (2000) observaron en gallinas criollas la mejor respuesta productiva, las cuales estuvieron alimentadas con dietas con 10% de harina de chaya y de guaje en comparación con dietas con 20 y 30%. Sin embargo, la dieta con 10% de chaya tuvo un comportamiento productivo similar al de las gallinas con una dieta testigo (sin chaya). Por otro lado, cuando se adicionó a la dieta más de 10% de harina de guaje, el comportamiento productivo de las gallinas se reduce en comparación a una dieta testigo (sin guaje) y con chaya al 10%.

About *et al.* (2011) encontraron con gallinas Rhode Island Red en un sistema intensivo un comportamiento productivo similar al alimentarlas con dieta con 5% de harina de leucaena y con una dieta con 5% de harina de moringa. Sin embargo, los autores sugieren que para ambas especies (leucaena y moringa) pueden tolerarse en la dieta hasta 10%, lo que coincide con lo indicado por Aguilar *et al.* (2000). Por otro lado, Posada *et al.* (2006) observaron en gallinas Isa Brown en condiciones intensivas, que al adicionar 15% de harina de yuca y 15% de harina de batata la producción de huevo fue 75 y 72% mayor, respectivamente, que la observada con la dieta testigo (sin yuca y sin batata), en la cual se obtuvo una producción de huevo del 69%.

Rodríguez *et al.* (2007) encontraron en pollo de engorda Ross que la ganancia diaria de peso, y conversión alimenticia (61.4 g, 1.8) se comportaron mejor con la dieta con 4% en comparación con dietas con 2 y 6% de harina de leucaena.

Estos mismos autores, encontraron en gallinas ponedoras sex-line que al adicionar 4% de harina de leucaena en una dieta o 4% de harina de *Lemna spp.* en comparación con una dieta comercial, se obtuvo una producción promedio de 6 huevos/semana/gallina, sin haber diferencia significativa entre las tres dietas, lo que indica que una dieta al 4% de *Lemna spp.* o leucaena no afecta el comportamiento productivo. En el Cuadro 8 se muestran los niveles recomendados de ingredientes alternativos para su inclusión en dietas balanceadas.

Cuadro 8. Niveles de ingredientes alternativos incluidos en dietas balanceadas.

Insumos alternativos	Porcentaje en la dieta
Harina de chaya (<i>Cnidoscolus chayamansa</i>)	10
Harina de guaje o leucaena (<i>Leucaena leucocephala</i>)	4 a 10
Harina de yuca (<i>Manihot esculenta</i>)	15
Harina de batata (<i>Ipomoea batatas</i>)	15
Harina de <i>Lemna spp.</i>	4
Harina de moringa (<i>Moringa oleífera</i>)	5

Fuentes: (Aguilar *et al.*, 2000; Posada *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2007; Abou *et al.*, 2011).

3. CALIDAD FÍSICA Y LIPÍDICA EL HUEVO

3.1 Calidad física del huevo según el tipo de alimentación

La calidad del huevo depende principalmente de la calidad y tipo de alimentación que se ofrezca a las gallinas, interactuando con el manejo y la sanidad de las gallinas. Estas características no se cumplen en los sistemas AFT, por la falta de conocimientos sobre el manejo de las gallinas de postura. Juárez *et al.* (2010) mencionan que por las condiciones en que se encuentran los sistemas AFT, estos serán deficientes en la calidad del huevo; mientras que Jerez *et al.* (2014ab), mencionan que con dietas balanceadas se puede mejorar el comportamiento productivo y la calidad física del huevo. En el Cuadro 9 se

presentan resultados de algunos estudios donde se compara el efecto de la alimentación balanceada contra la no balanceada.

Cuadro 9. Efecto del tipo de alimentación en la calidad física del huevo.

Variable	Con alimentación balanceada	Con alimentación desbalanceada [†]	Autor(es)
Peso de huevo (g)	57.40	50.20	(García <i>et al.</i> , 2007)
	56.50	40.04	(Islam y Dutta, 2010)
	57.43	47.56	(Jerez <i>et al.</i> , 2014a)
Grosor de cascarón (mm)	0.338	0.320	(Krawczyk, 2009)
	7.62	6.80	(García <i>et al.</i> , 2007)
	5.71	5.35	(Krawczyk, 2009)
Peso de cascarón (g)	6.70	6.30	(Krawczyk y Gornowicz, 2009)
	9.10	6.41	(Islam y Dutta, 2010)
	5.10	4.89	(Hussain <i>et al.</i> , 2013)
	17.90	14.70	(García <i>et al.</i> , 2007)
Peso de yema (g)	17.56	18.49	(Krawczyk y Gornowicz 2009)
	11.20	14.65	(Islam y Dutta, 2010)
	16.15	13.75	(Hussain <i>et al.</i> , 2013)
	31.67	28.70	(García <i>et al.</i> , 2007)
Peso de clara (g)	43.34	41.44	(Krawczyk y Gornowicz, 2009)
	36.10	18.92	(Islam y Dutta, 2010)
	34.26	21.56	(Hussain <i>et al.</i> , 2013)
Color de yema (unidades)	12.70	11.80	(Krawczyk y Gornowicz, 2009)
	7.00	8.50	(Jerez <i>et al.</i> , 2014a)
	5.64	6.36	(Krawczyk, 2009)
Altura de la albúmina (mm)	6.17	7.60	(Krawczyk y Gornowicz, 2009)
	5.90	4.40	(Hussain <i>et al.</i> , 2013)
	74.20	80.00	(Krawczyk, 2009)
Unidades Haugh (unidades)	74.60	84.90	(Krawczyk y Gornowicz, 2009)
	74.42	71.40	(Hussain <i>et al.</i> , 2013)

Altura de la Yema (cm)	1.63	1.36	(Hussain <i>et al.</i> , 2013)
Diámetro de la yema (cm)	4.66	4.44	(Hussain <i>et al.</i> , 2013)
Índice de Yema (unidad)	31.35	30.90	(Hussain <i>et al.</i> , 2013)

[†]En condiciones de traspatio y/o similares al traspatio

De la información presentada en el Cuadro 9 se concluye que hay una tendencia a mejorar la calidad física del huevo al alimentar a las gallinas con dietas balanceadas.

3.2 Calidad lipídica de la yema de huevo

Algunos resultados de estudios del pastoreo en gallinas ponedoras se muestran en el Cuadro 10, donde se observa que las gallinas en pastoreo alimentadas con forrajes, mejoraron la concentración de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) ω -3 en la yema de huevo, y disminuyeron la concentración AGPI ω -6 en comparación a las gallinas alojadas en jaulas. Asimismo, la relación de AGPI ω -6 y ω -3, se mejoró 39.53 y 58.53%. Es de esperarse que, las gallinas que pastorearon forrajes, tienden a aumentar la concentración de los AGPI ω -3, ya que los forrajes verdes son ricos en AGPI ω -6 y ω -3.

Cuadro 10. Estudio del efecto del tipo de alojamiento en la calidad lipídica de yema de huevo en gallinas ponedoras.

Calidad lipídica	Huevo en pastoreo o Free Range [†]	Huevo convencional o en jaula ^{††}	Autor
ω -6	14.93 %	17.69 %	(Simčič <i>et al.</i> , 2011)
ω -3	2.50 %	1.71 %	
ω -6: ω -3	6.27	10.37	
ω -6	16.79 %	16.31 %	(Karsten <i>et al.</i> , 2010)
ω -3	3.46 %	1.28 %	
ω -6: ω -3	4.96	12.05	

[†]Alimentadas con forrajes en el pastoreo ^{††}No fueron alimentadas con forrajes, estuvieron exclusivamente enjauladas.

Existe en la población la idea que los huevos convencionales, de pastoreo, de granja u orgánicos, que son vendidos en los supermercados, que al ser consumidos ofrecerían una mejor calidad nutritiva, lo cual se piensa que se

reflejaría en una salud más saludable (la mejor relación AGPI ω -6: ω -3 es por debajo de 10; OMS, 2003). Sin embargo, al analizar estos tipos de huevos, se encontró que no había diferencia en la concentración de los AGPI ω -6 y ω -3 y la relación entre ellos. Por otro lado, si se compran huevos enriquecidos con ω -3, la cantidad de la misma aumenta respecto a los demás tipos de huevos (Cuadro 11). El comportamiento que encontraron ambos grupos de investigación, puede ser explicado porque la alimentación de las gallinas no fue adecuada, desde el punto de vista de que no tenía los AGPI ω -6 y ω -3 suficientes para enriquecer la yema de huevo. Y se corrobora con el huevo producido en pastoreo, en el que se esperaba que la concentración de AGPI ω -3 hubiera sido mejor que los demás tipos de huevo, según lo que informan algunos estudios (Karsten *et al.*, 2010; Simčič *et al.*, 2011).

Cuadro 11. Efecto del tipo de alojamiento en la calidad lipídica de yema de huevo, el cual fue colectado en supermercados.

Calidad lipídica	Huevo convencional o en jaula	Huevo en pastoreo o Free Range	Huevo de granja	Huevo orgánico	Huevo enriquecido con AGPI ω -3	Autor
ω -6	15.00 %	---	---	15.00 %	14.8 %	(Samman <i>et al.</i> , 2009)
ω -3	1.36 %	---	---	1.34 %	6.57 %	
ω -6: ω -3	11.02	---	---	11.19	2.25	
ω -6	23.4 %	20.2 %	21.3 %	22.1 %	--	(Hidalgo <i>et al.</i> , 2008)
ω -3	2.2 %	1.8 %	1.8 %	1.9 %	--	
ω -6: ω -3	11.2	11.1	12.0	11.5	--	

4. EFECTO DE LA LUZ EN GALLINAS REPRODUCTORAS PESADAS Y SEMIPESADAS

Según Lewis (2009), las aves reproductoras pesadas son fotorrefractoras, es decir, que no son sensibles a la luz visible. Esta característica reproductiva la presentan desde el nacimiento, por lo que no podrán responder a una duración

estimulante de las horas luz del día. Este fenómeno natural da origen a la reproducción estacional. Por tanto, las aves reproductoras ya desarrolladas necesitan aproximadamente de 19 a 20 semanas de días cortos con duración de 8 horas luz para responder al estímulo de luz (Figura 1). Así mismo, Lewis (2009), recomienda una intensidad de luz de 10 a 20 lux durante el levante y 30-60 lux en el período de postura. Lo anterior coincide con Fairchild (2007), quien menciona que las razas pesadas como Plymouth Rock y Rhode Island Roja, requieren intensidades de luz de 20 a 50 lux para estimular la reproducción. Mientras que Jacob *et al.*, (2014) afirman que las gallinas en traspatio requieren 14 horas de duración del día para mantener la producción del huevo.

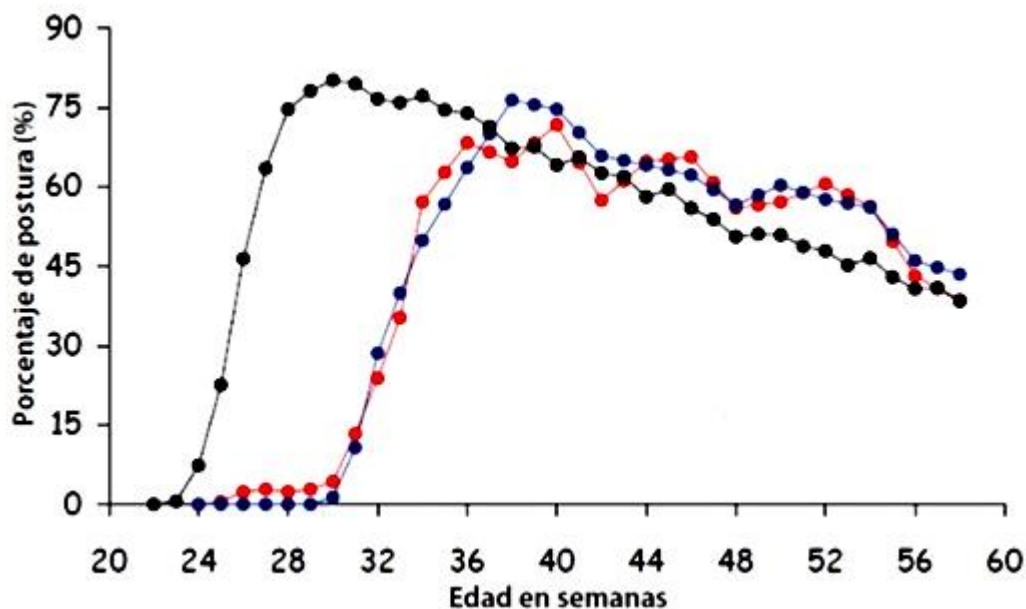


Figura 1. Efecto sobre el porcentaje de postura al transferir a las gallinas de 8 a 16 h a las 20 semanas de edad (Negro: transferidas de 8 a 16 h luz a las 20 semanas de edad; Rojo: Transferidas de 8 a 16 h luz a las 10 semanas de edad; Azul: mantenidas a 16 h luz).

5. PONDERACIÓN DE LOS PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN A LOS SISTEMAS DE AVICULTURA FAMILIAR DE TRASPATIO

Las ponderaciones de los principales factores que afectan a la avicultura familiar de traspatio se muestran en el Cuadro 12. La respuesta productiva de las gallinas en sistemas de AFT depende totalmente de dos principales factores, la alimentación balanceada y el manejo de las parvadas. Sin no se toman en cuenta estos factores, la producción de huevo se verá reflejada en baja producción. Dicha producción va variar según la combinación entre los dos factores. Por ejemplo, si se da un manejo adecuado y una alimentación balanceada a las gallinas, esta se reflejaría en la mejor producción de huevo en comparación a las demás combinaciones. Por otro lado, si se cuenta con una alimentación balanceada pero con manejo deficiente, la producción de huevo se vería beneficiada en mayor cantidad, en comparación a un manejo bueno y una alimentación desbalanceada. Asimismo, al no tener un buen manejo y una alimentación balanceada de las gallinas en sistemas AFT, la producción de huevo será nula o muy baja.

Cuadro 12. Ponderación de factores que afectan los sistemas de avicultura familiar de traspatio.

Alimentación	Manejo	Producción de huevo/gallina/semana	Autor(es)
SI	SI	3.00	(Gutiérrez <i>et al.</i> , 2007; Cruz, 2008; Verduzco, 2015)
SI	NO	2.64	(Albalat, 2011)
NO	SI	1.62	(Rodríguez <i>et al.</i> , 1996)
NO	NO	1.10	(Antonio <i>et al.</i> , 2011; Zaragoza <i>et al.</i> , 2011)

LITERATURA CITADA

- Abou E., F. M. K., L. Sarmiento F., R. Santos R., y F. Solorio S. 2011. Efectos nutricionales de la inclusión dietética de harina de hojas de *Leucaena leucocephala* y *Moringa oleifera* en el comportamiento de gallinas Rhode Island Red. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 45(2): 163-170
- Aguilar R. J., R. Santos R., V. Pech M., y R. Montes P. 2000. Utilización de la hoja de Chaya (*Cnidoscolus chayamansa*) y de Huaxín (*Leucaena leucocephala*) en la alimentación de aves criollas. Revista Biomédica 11: 17-24.
- Aguirre M., L. A., G. V. Escudero S., y O. Armijos. 2012. Evaluación productiva de seis estirpes de gallinas criollas en un sistema de crianza semi-intensivo. Medicina Veterinaria y Zootecnia 1(1): 38-45.
- Albalat B., A. 2011. Factores que inciden en el manejo avícola familiar: el caso de Hato de la Higuera, Puente Nacional, Veracruz, México. Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados. México. 73 p.
- Alonso P., F. 2000. La avicultura en México. Centro Mexicano de Estudios Sociales-Reflexión-Debate-Propuesta. México. 192 p.
- Antonio, J., S. Orozco, y J. Ramírez. 2011. Contribución de la avicultura campesina en la disponibilidad alimentaria de familias indígenas del sureste mexicano. Revista Colombiana de Ciencia Animal 4(1): 69-78.
- Camacho E., M. A., P. N. Lezama N., M. P. Jerez S., J. Kollas, M. A. Vázquez D., J. C. García L., J. Arroyo L., N. Y. Ávila S., y F. Chávez C. 2011. Avicultura indígena mexicana: sabiduría milenaria en extinción. Actas Iberoamericanas de Conservación Animal 1: 375-379.
- Camacho E., M. A., I. Lira T., L. Ramírez C., R. López P., y J. L. Arcos G. 2006. La avicultura de traspato en la Costa de Oaxaca, México. Ciencia y Mar 10: 3-11.
- Centeno-Bautista, S. B., M. A. Juárez E., y C. A. López D. 2007. Producción avícola familiar en una comunidad del municipio de Ixtacamaxtitlán, Puebla. Técnica Pecuaria en México 45(1): 41-60.
- CEA (Centro de Estudios Agropecuarios). 2001. Gallinas de postura. Grupo Editorial Iberoamérica, S. A. de C. V. Serie Agronegocios. México, D. F. 88 p.
- CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). 2014. Medición de la pobreza, Estados Unidos Mexicanos, 2014: Evolución de la pobreza y pobreza extrema nacional y en entidades federativas, 2010, 2012 y 2014. Disponible en: <http://www.coneval.org.mx/medicion/Paginas/PobrezaInicio.aspx> consultado el 20 de noviembre de 2015.

- Cuca G., J. M., E. Ávila G., y A. Pro M. 2009. Alimentación de las aves. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Zootecnia. Chapingo, México. p 5.
- Cuca G., J. M., D. A. Gutiérrez A., E. López P. 2015. La avicultura de traspatio en México: Historia y caracterización. *Agroproductividad* 8(4): 30-36.
- Cruz P., M. A. 2008. La ganadería en sistema familiar campesino, con atención especial, avicultura (*Gallus gallus domesticus*) en Xalpatlahuaya, Huamantla, Tlaxcala. Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados. Montecillos, México. 160 p.
- Fairchild, B. 2007. Lighting programs for backyard egg production. The University of Georgia. Cooperative Extension Service College of Agricultural and Environmental Sciences / Athens, Georgia 30602-4356. Disponible en: <http://www.poultry.uga.edu/extension/tips/documents/byfmar07.pdf>. Consultado el 10 de diciembre de 2015.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2002a. PESA en México. Disponible en: <http://www.pesamexico.org/Inicio.aspx>. Consultado el 12 de noviembre del 2015.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2002b. Enfoques: Avicultura familiar. Cumbre mundial sobre la alimentación cinco años después. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0203sp1.htm>. Consultado el 23 de abril de 2014.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2013a. Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. Hambre en América Latina y el Caribe: acercándose a los Objetivos del Milenio. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/019/i3520s/i3520s.pdf>. Consultado el 28 de abril de 2014.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2013b. La subalimentación en el mundo en 2013. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo. Las múltiples dimensiones de la seguridad alimentaria. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/019/i3434s/i3434s.pdf>. Consultado el 28 de abril del 2014.
- Garcia L., J. C., M. E. Suarez O., J. M. Pinos R., and G. Álvarez F. 2007. Egg components, lipid fraction and fatty acid composition of Creole and Plymouth Rock× Rhode Island Red cross hens fed with three diets. *World's Poultry Science Journal* 63(3): 473-479.
- González A., M. J., J. Guerrero R., F. Cruz R., F. Sánchez L., A. Ruiz F. y M. Muñoz R. 2014. Estrategias de alimentación para la avicultura de traspatio. *In: Simposio Internacional de Avicultura de Traspatio 2014: Una alternativa para mejorar el estado de salud y nutrición de la población.* Díaz R., P., S.

- Carrillo D., A. Juárez Z., y J. M. Hernández P. (eds.) Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. México D. F. 14 p.
- Gutiérrez T., M. A., J. C. Segura C., L. López B., J. Santos F., R. H. Santos R., L. Sarmiento F., M. Carvajal H., y G. Molina C. 2007. Características de la avicultura de traspatio en el municipio de Tetiz, Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 7(3): 217-224.
- Hidalgo, A., M. Rossi, F. Clerici, and S. Ratti. 2008. A market study on the quality characteristics of eggs from different housing systems. *Food Chemistry* 106(3): 1031-1038.
- Haynes, C. 1990. *Cría de Doméstica de Pollos*. Editorial Limusa. México D. F. 20 p.
- Hussain, S., Z. Ahmed, M. N. Khan, and T. A. Khan. 2013. A study on quality traits of chicken eggs collected from different areas of Karachi. *Sarhad Journal of Agriculture* 29(2): 255-259.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2007a. Panorama agropecuario en México. Censo Agropecuario 2007-2013. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro/default.aspx>. Consultado el 6 de diciembre de 2015.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2007b. Panorama agropecuario en Oaxaca. Censo Agropecuario 2007-2013. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro/default.aspx>. Consultado el 6 de diciembre de 2015.
- Islam, M. S., and R. K. Dutta, 2010. Egg quality traits of indigenous, exotic and crossbred chickens (*Gallus domesticus* L.) in Rajshahi, Bangladesh. *Journal of Life and Earth Science* 5: 63-67.
- Jacob, J. P., H. R. Wilson, R. D. Miles, G. D. Butcher, and F. B. Mather. 2014. Factors Affecting Egg Production in Backyard Chicken Flocks. University of Florida. Disponible en: <https://edis.ifas.ufl.edu/ps029>. Consultado el 6 de diciembre del 2015.
- Jerez S., M. P., M. Reyes S., J. C. Carrillo R., Y. Villegas A., y J. Segura C. 2009. Indicadores productivos de gallinas criollas en un sistema de producción avícola alternativo en Oaxaca, México. Disponible en: [http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actas-bullas/seae_bullas/verd/sesiones/17%20S3D.%20GANADERIA%20\(II\)/S3D7.pdf](http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actas-bullas/seae_bullas/verd/sesiones/17%20S3D.%20GANADERIA%20(II)/S3D7.pdf). Consultado el 10 de marzo de 2014.
- Jerez S., M. P., y J. C. Carrillo R. 2009. Producción de huevo de gallinas Rhode Island Rojas bajo un sistema alternativo de traspatio. *Revista Brasileña de Agroecología* 4(2): 656-659.
- Jerez S., M. P., J. Herrera H., y V. Vásquez D. 1994. La gallina criolla en los valles centrales de Oaxaca. Reporte de investigación No. 1. Instituto

Agropecuaria de Oaxaca No 23. Centro de Investigación y Graduados. Nazareno Xoxocotlán, Oaxaca. 89 p.

- Jerez S., M. P., M. A. Vázquez D., e Y. Villegas A. 2012. La avicultura actual en los traspacios rurales de Oaxaca: las gallinas criollas. *In: Aves y huertos de México*. Vázquez D., M. A. y D. López A. (eds.) Aves y Huertos de México. Oaxaca. pp. 54-55.
- Jerez S., M. P., A. Camacho M., G. Quijano V., S. Lozano T., E. Sosa M., y J. Ruiz L. 2014a. Características del huevo de gallinas de traspacio alimentadas con una formulación alternativa con o sin verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 4: 158-160.
- Jerez S., M. P., J. C. González, J. C. Carrillo R., Y. Villegas, M. A. Vázquez. 2014b. Evaluación de cuatro dietas alternativas en el crecimiento y desarrollo de pollos criollos. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 4: 210-212.
- Juárez C., A. y J. Pérez T. 2003. Comportamiento de la parvada de gallinas criollas en condiciones naturales del medio rural. *Ciencia Nicolaitia* 35: 73-80.
- Juárez C., A., y M. A. Ortiz A. 2001. Estudio de la incubabilidad y crianza en aves criollas de traspacio. *Veterinaria México* 32(1): 27-32.
- Juárez C., A., E. Gutiérrez V., J. Segura C., R. Santos R. 2010. Calidad del huevo de gallinas criollas criadas en traspacio en Michoacán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12: 109-115.
- Karsten, H. D., P. H. Patterson, R. Stout, and G. Crews. 2010. Vitamins A, E and fatty acid composition of the eggs of caged hens and pastured hens. *Renewable agriculture and Food Systems* 25(01): 45-54.
- Krawczyk, J. 2009. Quality of eggs from Polish native Greenleg Partridge chicken-hens maintained in organic vs. backyard production systems. *Animal Science Papers and Reports* 27(3): 227-235.
- Krawczyk, J., and E. Gornowicz. 2010. Quality of eggs from hens kept in two different free-range systems in comparison with a barn system. *Archives fur Geflügelkuden* 74(3): 151-157.
- Lewis, P. 2009. Lighting for broiler breeders. *Aviagen Tech*. Disponible en: http://ar.aviagen.com/assets/Tech_Center/Broiler_Breeder_Tech_Articles/English/Lighting_for_Breeders.pdf. Consultado el 6 de diciembre del 2015.
- Oteiza F., J. 2004. Razas de Gallinas: origen y descripción. Editorial Trillas. México, D. F. 172 p.
- Posada, C. A., A. López G., y H. Ceballos L. 2006. Influencia de harinas de yuca y de batata sobre pigmentación, contenido de carotenoides en la yema y desempeño productivo de aves en postura. *Acta Agronómica* 55(3): 47-54.

- Rejón A., M. J., A. F. Dájer A., y N. Honhold. 1996. Diagnóstico comparativo de la ganadería de traspatio en las comunidades Texán y Tzacalá de la zona henequenera del estado de Yucatán. *Veterinaria México* 27(1): 49-55.
- Rodríguez, I., D. Osechas, A. Torres. 2007. Respuesta de la harina de hojas de *leucaena leucocephala* en la alimentación de pollos de engorde. *Agricultura Andina* 13: 71-78.
- Rodríguez, I. 2007. Importancia de la harina de hojas de *leucaena leucocephala* (hhl) y *Lemna spp* en la calidad de huevos de consumo. *Revista Agricultura Andina* 13: 79-85.
- Rodríguez B., J. C., C. E. Allaway, G. J. Wassink, J. C. Segura C., y T. Rivera O. 1996. Estudio de la avicultura de traspatio en el municipio de Dzununcán, Yucatán. *Veterinaria México* 27(3): 215-219.
- Ruiz S., C., J. Salaverría, C. Valles, Y. Yépez, y S. Herrera. 2008. Comportamiento de gallinas criollas (gen Na) en un sistema semi-libre y alimentadas con recursos alternativos en Yaracuy, Venezuela. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 20(5): 1-9. Disponible en: <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd20/5/ruiz20066.htm>. Consultado el 4 de noviembre del 2015.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación). 2012. Diagnóstico del sector rural y pesquero en México 2012. Disponible en: <https://www.google.com.mx/#safe=off&q=Diagn%C3%B3stico+del+sector+rural+y+pesquero+en+M%C3%A9xico>. Consultado el 10 de diciembre del 2015.
- Samman, S., F. P. Kung, L. M. Carter, M. J. Foster, Z. I. Ahmad, J. L. Phuyal, and P. Petocz. 2009. Fatty acid composition of certified organic, conventional and omega-3 eggs. *Food Chemistry* 116(4): 911-914.
- Sánchez S., M., y J. A. Torres R. 2014. Diagnóstico y tipificación de unidades familiares con y sin gallinas de traspatio en una comunidad de Huatusco, Veracruz (México). *Avances en Investigación Agropecuaria* 18(2), 63-75.
- Sánchez S., M., V. Morales R., L. Bucio A., S. Díaz C. 2015. Producción de huevo en cafetales: una opción de diversificación productiva. *Agroproductividad* 8(6): 72-75.
- Sarmiento F., L. 2001. Insumos no convencionales para la alimentación de aves rústicas. Experiencias en el trópico mexicano. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Apartado Postal, 4-116. Disponible en: <http://www.infpd.net/filemanager/upload/research/am1340347226es.pdf>. Consultado el 8 de febrero del 2014.
- Segura C., J. C., M. P. Jerez S., L. Sarmiento F., y R. Santos R. 2007. Indicadores de producción de huevo de gallinas criollas en el trópico de México. *Archivos de Zootecnia* 56(215): 309-317.

- Simčič, M., V. Stibilj, and A. Holcman. 2011. Fatty acid composition of eggs produced by the Slovenian autochthonous Styrian hen. *Food Chemistry* 125(3): 873-877.
- Sonaiya, E. B., and S. E. J. Swan. 2004. Production en aviculture familiale. *Production et Sante Animaux Manuel*. FAO 2004. Roma, Italia. 134 p. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-y5169f.pdf>. Consultado el 12 de diciembre del 2014.
- Torres G., A. 2015. Indicadores Productivos de Gallinas Rhode Island en un Sistema de Traspatio en la Localidad de Valle de San Francisco, Loreto, Zacatecas. *In: XII Encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia*. León Guanajuato, México. Disponible en: http://congresos.cio.mx/memorias_congreso_mujer/archivos/sesion3/S3-BCA13.pdf. Consultado el 19 de septiembre del 2015.
- UNA (Unión Nacional de Avicultores). 2015. Compendio de indicadores económicos del sector avícola 2015. UNA. México, D. F. 163 p.
- Verduzco R., C. 2015. Estrategia de gestión de la innovación para la avicultura de traspatio en zonas rurales marginadas. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. 71 p.
- Zaragoza, L., B. Martínez, A. Méndez, V. Rodríguez, J. S. Hernández, G. Rodríguez, y R. Perezgrovas. 2011. Avicultura familiar en comunidades indígenas de Chiapas, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 1: 411-415.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CALIDAD DEL HUEVO DE GALLINAS EN SISTEMAS DE AVICULTURA FAMILIAR DE TRASPATIO

1. RESUMEN

El estudio se realizó en El Rosario, Santiago Tetepec, Oaxaca en sistemas de avicultura familiar de traspatio para evaluar el efecto de tres dietas (maíz, dieta sin ácidos grasos poliinsaturados [AGPI] omega-6 [ω -6] y omega-3 [ω -3], dieta con AGPI 6- ω and ω -3) y dos fotoperiodos (natural y artificial). Se definieron seis tratamientos en un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 3x2. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones. Las medias se compararon mediante la prueba de Tukey. La dieta sin o con AGPI ω -6 y ω -3, comparado con la dieta de maíz, mejoró ($p \leq 0.05$) la postura promedio de 0.86 a 3.69 huevos/gallina/semana y la conversión alimenticia de 19.79 a 3.95. La adición de luz no incrementó ($p \geq 0.05$) el comportamiento productivo. En lo que concierne a la calidad física, las dietas con o sin AGPI ω -6 and ω -3, comparado con la dieta de maíz, mejoró ($p \leq 0.05$) peso de huevo de 51.55 a 59.61 g, grosor de cascarón de 0.305 a 0.367 mm, peso de cascarón de 4.64 a 5.57 g, peso de yema de 15.71 a 17.75 g, peso de clara de 30.53 a 35.98 g, color de yema de 6.38 a 8.0 unidades, altura de albúmina de 4.71 a 5.72 mm, y unidades Haugh de 67.70 a 73.56 unidades. La calidad de los lípidos mostró que la dieta con AGPI ω -6 y ω -3, comparado con la dieta de maíz, aumentó ($p \leq 0.05$) ω -3 de 211 a 501 mg/100 g y mejoró la relación ω -6: ω -3 de 21.0 a 9.7%. Las dietas con y sin AGPI ω -6 y ω -3 mejoraron el comportamiento productivo y la calidad física del huevo, independientemente de la adición de luz. El enriquecimiento de las dietas con AGPI ω -6 y ω -3 aumentaron la cantidad de ω -6 y la relación ω -6: ω -3 en yema de huevo.

Palabras claves: Traspatio, Dieta, Fotoperiodo, Calidad del Huevo, Comportamiento Productivo.

PRODUCTIVE PERFORMANCE AND EGG QUALITY OF HENS IN BACKYARD FAMILY POULTRY SYSTEMS

1.1 ABSTRACT

The study was conducted in El Rosario, Santiago Tetepec, Oaxaca in backyard family poultry systems in order to evaluate the effects of three diets (corn, diet without Polyunsaturated Fatty Acids [PUFA] omega-6 [ω -6] and omega-3 [ω -3], diet with PUFA ω -6 and ω -3) and two photoperiods (natural and artificial light) on productive performance, egg physical quality and egg lipid profile. Six treatments were tested on a completely randomized experimental design with a 3x2 factorial arrangement. Each treatment had three replicates. Treatment means were compared using the Tukey's test. Balanced diets with or without PUFA ω and ω -3 improved average posture ($p \leq 0.05$) from 0.86 to 3.69 eggs/hen/week, and feed conversion from 19.79 to 3.95 compared to diet with only corn. Addition of artificial light did not increase ($p \geq 0.05$) productive performance. Balanced diets with or without PUFA ω -6 and ω -3, compared to diet with only corn, improved ($p \leq 0.05$) egg weight from 51.55 to 59.61 g, shell thickness from 0.305 to 0.367 mm, shell weight from 4.64 to 5.57 g, yolk weight from 15.71 to 17.75 g, albumen weight from 30.53 to 35.98 g, yolk color from 6.38 to 8.0 units, albumen height from 4.71 to 5.72 mm, and Haugh units from 67.70 to 73.56. The evaluation of lipid quality showed that balanced diets with PUFA ω -6 and ω -3, compared to only corn diet, increased ($p \leq 0.05$) ω -3 from 211 to 501 mg/100g, and improved ω -6: ω -3 relationship from 21.0 to 9.7%. The main conclusions of this trial are: balanced diets with and without PUFA ω -6 and ω -3 increased productive performance and the egg physical quality, regardless of photoperiod. Enrichment of diets with PUFA ω -3 and ω -6 increased the amount of ω -3 and ω -6: ω -3 relationship in the egg yolk.

Key words: backyard, diet, photoperiod, egg quality, productive performance.

Master of Science Thesis, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Jesús Guerrero Ramírez
Advisor: Dr. Mariano J. González Alcorta

2. INTRODUCCIÓN

En los sistemas de avicultura familiar de traspatio (AFT) se produce principalmente con gallinas criollas, las cuales se alimentan con lo que encuentran en el libre pastoreo, maíz, o desperdicios de cocina; sus instalaciones son rudimentarias, y se conoce poco de su manejo por parte de la familia (Cruz, 2008; Jerez *et al.*, 2012). Así mismo la AFT se considera una actividad representativa de las comunidades rurales de México donde la principal mano de obra es provista por los integrantes de la familia. Estos sistemas de producción además de proveer huevo y carne para alimento a las familias, son una forma de adquirir y transmitir conocimientos, y hacer uso de recursos locales para la alimentación de las aves (Albalat, 2011; Jerez y Carrillo, 2009). Según Cruz (2008), el aprovechamiento de los recursos locales para la formulación de dietas balanceadas, constituye una estrategia adecuada de alimentación para las gallinas.

Estos sistemas AFT, según la FAO (2002b), representan hasta 70% de la producción de huevo y carne en los países con deficiencia en alimentos y de bajos ingreso. Lastra *et al.* (1998) mencionan que la AFT representa hasta 10% de la producción avícola mexicana, mientras que para 2007, INEGI (2007a) menciona que aproximadamente 32% de la avicultura nacional se practica a pequeña escala.

Por las condiciones en las que se encuentran las gallinas en sistemas de AFT, principalmente por la alimentación desbalanceada, las características de la calidad física del huevo pueden ser diferentes al estándar comercial (Juárez *et al.*, 2010), y esto influye en la viabilidad y aceptabilidad del producto, tal como lo especifica la NMX-FF-079-SCFI-2004. Jerez *et al.* (2014ab), encuentran viable alimentar las gallinas con dietas balanceadas para un incremento en el comportamiento productivo y la calidad física del huevo.

Desde el punto de vista de la salud humana, los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) ω -6 y ω -3 son precursores inmediatos de una importante serie de mediadores de la inmunidad y la inflamación. En la dieta normal del ser humano se puede encontrar un déficit de AGPI ω -3 entre 10 y 20 veces en relación a los AGPI ω -6, y se cree que esta diferencia ha contribuido al aumento de trastornos en la sociedad humana moderna, tales como enfermedades del corazón, colitis y tal vez osteoporosis (IFFO, 2008; Tarlton *et al.*, 2013). Lo anterior se debe a que los AGPI ω -6 promueven la inflamación en los vasos sanguíneos. Por el contrario, los AGPI ω -3, tales como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el docosahexaenoico (DHA), presentan propiedades vasodilatadoras y generan moléculas que alivian la inflamación denominada resolvinas (IFFO, 2008; Gatica, 2011; OMS, 2011). Esta relación entre los AGPI ω -6 y ω -3 ha llevado al concepto del “ying-yang de los AGPI”, es decir, que la correcta proporción en el consumo de AGPI ω -6 y ω -3 disminuye el riesgo de padecer dichas enfermedades (Gatica, 2011).

En sistemas parecidos a los practicados en la AFT, se ha encontrado que con una alimentación con dieta balanceada suplementados con pastoreo rico en alfalfa y gramíneas mejora la cantidad y relación de AGPI ω -6 y ω -3 en yema de huevo (Karsten *et al.*, 2010, Simcic *et al.*, 2011). Esto quiere decir, que con dietas enriquecidas con AGPI ω -6 y ω -3 con aceites ricos en los mismos, y el uso de ingredientes locales como la hoja de guaje (*Leucaena leucocephala*), podría ayudar a mejorar la cantidad de AGPI ω -6 y ω -3 y la relación entre ellos.

Por otra parte, las gallinas son reproductoras estacionales que responden a variaciones de la longitud del día y a cambios de la intensidad lumínica (Hy-Line, 2015) es decir, se necesita un mínimo de 11 a 12 h de luz visible para que esa energía se convierta en impulsos nerviosos en el hipotálamo, lo cual desencadena reacciones hormonales para la producción de folículos y por consecuente, la producción de huevo. Sin embargo, Jacob *et al.*, (2014) afirman que las gallinas en traspatio requieren 14 horas de horas luz al día para mantener la producción del huevo.

Las gallinas de traspatio en el estado de Oaxaca, tienen 2.6 ciclos de postura al año, y cada ciclo dura en promedio de 45 días de postura, 21 días en la incubación del huevo, y 75 días en la cría de pollitos y pelecha (Verduzco, 2015). Cabe mencionar, que las gallinas de traspatio tienen tres ciclos de postura en 424 días, en los que el tiempo de postura dura 63, 44 y 29 días en el primer, segundo y tercer ciclo respectivamente, manteniéndose constante el tiempo de incubación y el tiempo de la cría de pollitos y la pelecha (Verduzco, 2015).

Actualmente se conoce muy poco sobre los sistemas AFT, debido a la falta de registros relacionados con los indicadores productivos y de calidad del huevo de las gallinas criollas (Juárez *et al.*, 2010; Cuca *et al.*, 2015). Sin embargo, a través de una alimentación balanceada enriquecida con ácidos grasos poliinsaturados ω -6 y ω -3 y un manejo del fotoperiodo, el comportamiento productivo y la calidad física y lipídica del huevo pueden ser incrementadas. Asimismo, las dietas balanceadas con ácidos grasos poliinsaturados ω -6 y ω -3, incrementaran los ingresos netos y ganancias del productor por concepto de alimentación en relación a la producción de huevo. Es por ello que el objetivo de esta investigación fue estimar el efecto de tres dietas y dos fotoperiodos en el comportamiento productivo y la calidad física y lipídica del huevo de gallinas en sistemas de avicultura familiar de traspatio. También, se realizó un estudio económico para determinar los ingresos y ganancias del productor por concepto de alimentación en relación a la producción de huevo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la comunidad El Rosario, Santiago Tetepec, Oaxaca. La comunidad está ubicada a una altitud de 256 msnm, tiene 26.5 °C de temperatura media anual y precipitación media anual de 1,103 mm (CONAGUA, 2010).

El diseño experimental fue completamente al azar con seis tratamientos y tres repeticiones cada uno. Los tratamientos fueron T1 (maíz con luz natural), T2 (maíz con luz artificial), T3 (Dieta sin AGPI ω -6 y ω -3 con luz natural), T4 (Dieta sin AGPI ω -6 y ω -3 con luz artificial), T5 (Dieta con AGPI ω -6 y ω -3 con luz

natural), y T6 (Dieta con AGPI ω -6 y ω -3 con luz artificial). Los tratamientos con “luz artificial” se refieren a que las gallinas estuvieron expuestas hasta completar 16 horas luz al día, equivalentes a un total de 20 lux al día. Se impuso la restricción de que la aleatorización de los tratamientos fuera de tal manera que todos los tratamientos estuvieran representados en los fenotipos (color de plumas) que se dispusieron, los tratamientos resultaron del arreglo factorial 3x2 para evaluar el efecto de los factores tipo de dieta (maíz, dieta sin AGPI ω -6 y ω -3, dieta con AGPI ω -6 y ω -3) y tipo de luz (natural y artificial). La unidad experimental constó de 10 gallinas. Cada unidad experimental se dividió con tela gallinera y contó con 12 m² (un área de sombra de 4 m² y un área de asoleadero de 8 m²). El agua y el alimento estuvieron a libre acceso.

La proporción de los ingredientes y la información nutrimental de las dietas se muestra en el Cuadro 13. Es importante mencionar que la dieta sin AGPI ω -6 y ω -3, es deficiente en energía según los requerimientos que se utilizaron. Las dietas se calcularon con los requerimientos de la raza Rhode Island de doble propósito (Toledo, 2014). Los datos del análisis calculado se verificaron con un análisis bromatológico.

Cuadro 13. Proporción de los ingredientes e información nutrimental de las dietas.

Ingrediente	% en la dieta	
	Dieta sin AGPI ω -6 y ω -3	Dietas con AGPI ω -6 y ω -3
Maíz [†]	62.38	57.97
Melaza	1.00	1.28
Pasta de soya	22.68	23.62
Harina de hoja de guaje [†]	5.00	5.00
Aceite de canola (AGPI ω -3)	--	1.60
Aceite de soya (AGPI ω -6)	--	1.60
Cloruro de sodio	0.43	0.43
Carbonato de calcio	6.47	6.47
Ortofosfato de calcio	1.68	1.68
Premezcla vitamínica ^{††}	0.05	0.05
Premezcla mineral traza ^{†††}	0.10	0.10
DL-Metionina	0.20	0.21
Total	100	100

Nutrimiento	Concentración	
EM (Kcal/kg)	2,636	2,800
Proteína cruda (%)	17.50	17.50
Fibra cruda (%)	3.38	3.36
Lisina (%)	0.85	0.87
Arginina (%)	1.05	1.07
Metionina (%)	0.47	0.47
Metionina + cistina (%)	0.75	0.75
Calcio (%)	3.00	3.00
Fósforo disponible (%)	0.45	0.45
Sodio (%)	0.20	0.20

[†]El contenido de proteína cruda del maíz que se le ofreció a las gallinas fue de 10.82% el cual se determinó en laboratorio, mientras que la del guaje (*Leucaena leucocephala*) fue de 24.8%.

^{††}Contenido de la premezcla vitamínica en un kg de alimento: α -tocoferol, 16 UI; retinol, 12 000 UI; colecalciferol, 4 000 UI; piridoxina, 4 mg; tiamina, 3 mg; riboflavina, 8 mg; niacina, 50 mg; cianocobalamina, 0.03 mg; menadiona, 5 mg; pantotenato de calcio, 14 mg; ácido fólico, 1.5 mg; colina 110 mg. ^{†††}Contenido de la premezcla mineral por kg de alimento: zinc, 100 mg; hierro, 50 mg; cobre, 10 mg; manganeso, 100 mg; yodo, 1 mg; selenio, 0.3 mg.

Se realizó una comparación múltiple de medias con la prueba Tukey. Los modelos estadísticos para analizar las variables de respuesta fueron los siguientes:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad (1)$$

donde Y_{ij} = variable de respuesta, μ = media general de la muestra, T = efecto del i-ésimo tratamiento, y e = error experimental asociado con la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (2)$$

donde Y_{ij} = variable de respuesta, μ = media general, α_i = efecto del i-ésimo nivel del factor A (dieta), β_j = efecto del j-ésimo nivel del factor B (luz), $(\alpha\beta)_{ij}$ = el efecto de interacción en la combinación ij y ε_{ijk} = error aleatorio que supone sigue una distribución normal con media cero y varianza constante σ^2 y son independientes entre sí.

Las variables evaluadas para comportamiento productivo fueron: número de huevos/gallina/semana (NHGS), masa de huevo/gallina/semana (MHGS),

consumo de alimento/gallina/semana (CAGS), conversión alimenticia (CA), eficiencia alimenticia (EFA), y ganancia de peso en 49 días (GP49d). Las variables evaluadas para calidad física del huevo fueron: peso del huevo (PHU), grosor del cascarón (GROCAS), peso del cascarón (PCAS), peso de la clara (PCLA), peso de la yema (PY), color de la yema (COLY), altura de la albúmina (ALTALB), unidades Haugh (UH), altura de la yema (ALTY), diámetro de la yema (DIAY), e índice de la yema (INDY). Las variables evaluadas para calidad lipídica fueron: ácidos grasos poliinsaturados omega-6 (AGPI ω -6), ácidos grasos poliinsaturados omega-3 (AGPI ω -3), y relación ácidos grasos poliinsaturados omega-6: omega-3 (AGPI ω -6: ω -3). La calidad física y lipídica se determinó en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. La calidad lipídica se analizó por medio de cromatografía de gases.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Comportamiento productivo

El efecto de dieta resultó altamente significativo ($p \leq 0.001$) para todas las variables estudiadas, esto significa que las gallinas AFT alimentadas con dietas balanceadas con o sin AGPI ω -6 y ω -3, mejoran el comportamiento productivo (Cuadro 14). Sin embargo, el factor luz no fue significativo ($p \geq 0.05$), lo que indica que proporcionar luz artificial adicional a gallinas AFT, no mejora el comportamiento productivo (Cuadro 14).

Cuadro 14. Nivel de significancia para consumo de alimento/gallina/semana (CAGS), número de huevos/gallina/semana (NHGS), masa de huevo/gallina/semana (MHGS), ganancia de peso en 49 días (GP49d), conversión alimenticia (CA), y eficiencia alimenticia (EFA) de gallinas en sistemas de avicultura familiar de traspaso para cada factor y su interacción.

Origen	CAGS (g)	NHGS	MHGS (g)	CA (kg)	EFA (kg)
Dieta	***	***	***	***	***
Luz	NS	NS	NS	NS	NS
Dieta x Luz	***	***	***	NS	**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, NS: no significativo ($p > 0.05$)

Según los requerimientos de la raza Rhode Island, es importante mencionar que en las dietas balanceadas sin AGPI ω -6 y ω -3, no se cubre el requerimiento de energía, mientras que la dieta balanceada con AGPI ω -6 y ω -3 sí.

Los resultados del comportamiento productivo, se muestran en el Cuadro 15. Respecto al fotoperiodo con luz natural, las dietas balanceadas sin (T3) y con AGPI ω -6 y ω -3 (T5), incrementaron ($p \leq 0.05$) el CAGS, NHGS, MHGS, GP49d, EFA, y mejoraron ($p \leq 0.05$) la CA en comparación con la dieta desbalanceada con solo maíz (T1). El mismo comportamiento ($p \leq 0.05$) se presentó para los tratamientos de fotoperiodo con luz artificial en las dietas balanceadas sin (T4) y con (T6) AGPI ω -6 y ω -3, en comparación con la dieta desbalanceada con solo maíz (T2). Según los resultados obtenidos, las dietas balanceadas con o sin AGPI ω -6 y ω -3, mejoran el comportamiento productivo en gallinas de sistemas de AFT.

En los tratamientos con luz natural con dietas balanceadas con (T3) o sin (T5) AGPI ω -6 y ω -3, se encontró una postura promedio de 4.5 huevos/gallina/semana. Esta postura promedio es superior a la obtenida por Jerez y Carrillo (2009), quienes encuentran con una dieta alternativa una producción de 2.3 huevos/gallina/semana, es decir, una diferencia del 51.1%. Posteriormente, Jerez *et al.* (2014a) encontraron con dietas alternativas un promedio de 3.2 huevos/gallina/semana, dato similar encontrarón Aguirre *et al.* (2012), con una postura de 3.5 huevos/gallina/semana. De igual manera, Torres (2015) encontró con una dieta alternativa una postura de 4.8 huevos/gallina/semana, similar a lo que se encontró en la presente investigación.

Por otro lado, si se comparara la postura promedio observada en el presente estudio en número de huevos/gallina/año, y considerando lo que Verduzco (2015) menciona en su investigación sobre el tiempo de postura (16.7 semanas/año), se obtendría una postura de 75 huevos/gallina/año, inferior a lo que Ruíz *et al.* (2008) encontraron con un manejo alimenticio alternativo (102 huevos/gallina/año). Lo anterior puede deberse a que las gallinas recogieron del suelo un alimento más nutritivo, ya que contaban con una cobertura de forraje y otra de composta, lo cual no se tuvo en esta investigación. Para reforzar lo

anterior, además del ofrecimiento de una dieta balanceada a las gallinas en sistemas AFT, Ruíz *et al.* (2008) recomiendan un manejo de la actividad reproductiva (reducción del tiempo de cloquez y de cría), para lograr el mayor potencial de producción de huevos/gallina/año.

En el tratamiento de luz natural con dieta desbalanceada con solo maíz (T1), el cual se consideró como un sistema tradicional de los sistemas de AFT, se encontró que la producción fue 0.86 huevos/gallina/semana, inferior a lo que Zaragoza *et al.* (2011) y Antonio *et al.* (2011) encontraron (1.75 y 1.10 huevos/gallina/semana, respectivamente), una diferencia de 0.89 y 0.24 más huevos. Esta diferencia se puede deber a que las gallinas fueron complementadas con desperdicios de cocina y expuestas a un área de pastoreo más amplio en comparación al manejo alimenticio que se dio en este estudio, es decir, que solo se asignó un área de pastoreo de 8 m² lo cual limitaba a la gallina a buscar insectos, gusanos y hiervas que le ayudaran a complementar su dieta. Dicha limitación se hizo para controlar mejor los tratamientos y evitar la depredación y combinación de las gallinas con otras externas al estudio. Similarmente, para el mismo tratamiento, es notorio que la CA y la EFA son muy alta y baja, respectivamente, lo cual se podría reflejar en un mayor gasto en alimentación. Sin embargo, Sánchez *et al.* (2015) encontraron con dietas balanceadas una CA de 2.9. Mientras que Aguirre *et al.* (2012) encontraron una CA de 4.2, similar a lo que se encontró en este estudio. A todo lo anterior, se vuelve a corroborar que las dietas balanceadas con o sin AGPI ω -6 y ω -3, mejoran el comportamiento productivo de gallinas en sistemas AFT.

En lo que respecta a la suplementación de luz artificial en los sistemas de producción que resultan de la combinación de tipo de dieta y tipo de fotoperiodo, se encontró que en los sistemas de producción que corresponden a los T2, T4, y T6, no mejoró ($p \geq 0.05$) el comportamiento productivo en comparación con T1, T3 y T5. Sin embargo, T3 fue mejor ($p \leq 0.05$) con luz natural en todas las variables excepto para CA y EFA. En lo que concierne a los tratamientos con luz artificial, la literatura científica menciona dos posibles razones por la que no se detectó

efecto de la misma, el periodo de adaptación y la intensidad lumínica. La primera razón es que las aves reproductoras pesadas necesitan un periodo de adaptación con ocho horas de luz al día constantes durante las primeras 20 semanas de edad y una cantidad de 30 a 60 lux en la postura (Lewis, 2009). Por otro lado, Fairchild (2007) menciona que las gallinas de doble propósito semipesadas, como Rhode Island y New Hampshire, necesitan una intensidad lumínica de 20 a 50 lux en postura, por lo cual es muy probable que haya faltado más intensidad lumínica en los tratamientos.

Cuadro 15. Medias^z para consumo de alimento/gallina/semana (CAGS), numero de huevos/gallina/semana (NHGS), masa de huevo/gallina/semana (MHGS), ganancia de peso en 49 días (GP49d), conversión alimenticia (CA), y eficiencia alimenticia (EFA) de gallinas en sistemas de avicultura familiar de traspatio.

Tratamiento	Tipo de dieta	Tipo de fotoperiodo	CAGS (g)	NHGS	MHGS (g)	GP49d (kg)	CA	EFA
T1	Maíz	Con Luz natural	563.16 ^c	0.86 ^c	44.30 ^c	-0.023 ^c	19.79 ^a	0.077 ^b
T2		Con Luz artificial [†]	567.86 ^c	1.37 ^c	70.92 ^c	-0.036 ^c	13.70 ^a	0.131 ^b
T3	Sin AGPI ω-6 y ω-3	Con Luz natural	1119.40 ^a	4.89 ^a	296.05 ^a	0.275 ^a	3.97 ^b	0.266 ^a
T4		Con Luz artificial [†]	968.18 ^b	3.75 ^b	232.28 ^b	0.162 ^b	5.27 ^b	0.239 ^a
T5	Con AGPI ω-6 y ω-3	Con Luz natural	893.68 ^b	4.21 ^a	247.08 ^a	0.341 ^a	3.92 ^b	0.275 ^a
T6		Con Luz artificial [†]	969.46 ^b	4.06 ^a	243.60 ^b	0.344 ^a	4.33 ^b	0.253 ^a
EEM ^y			20.72	0.159	9.96	0.0159	1.23	0.0087

^zMedias sin una letra en común, dentro de la misma columna, son diferentes ($p \leq 0.05$). ^yEEM: Error Estándar de la Media; [†]para completar 16 horas luz al día.

El efecto de tipo de dieta en la respuesta de número de huevos (NHGS) y ganancia de peso (GP49d), se muestra en la Figura 2. La comparación de la dieta desbalanceada con solo maíz contra la dieta balanceada sin AGPI ω-6 y ω-3, mostró que el NHGS aumentó conforme la GP49d también aumentaba. Sin embargo, la comparación de la dieta desbalanceada con solo maíz con la dieta balanceada con AGPI ω-6 y ω-3, mostro que la GP49d siguió aumentando pero el NHGS disminuyó. Se puede deducir que existe mejor balance de GP49d y el NHGS en la dieta con AGPI ω-6 y ω-3 respecto a la dieta sin AGPI ω-6 y ω-3, ya

que se refleja en más producción de huevo y carne si se tratara de aprovechar ambos productos. Pero, si se tratase de producir más huevo que carne, la dieta sin AGPI ω -6 y ω -3 sería la mejor.

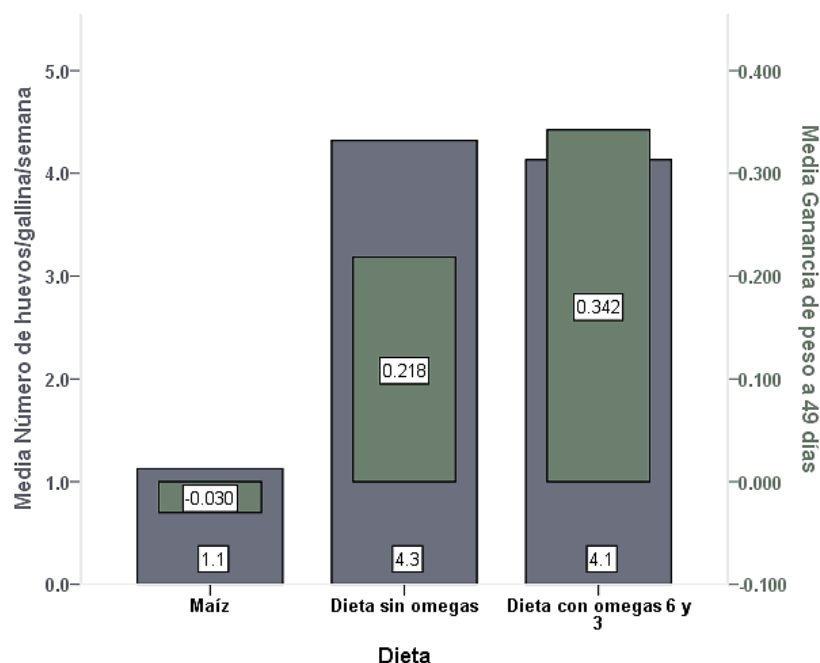


Figura 2. Efecto del tipo de dieta sobre el número de huevos por gallina por semana y ganancia de peso en 49 días.

4.2 Calidad del huevo

4.2.1 Calidad física

Los niveles de significancia para calidad física del huevo de cada factor y su interacción se muestran en el Cuadro 16. Se observó un efecto significativo ($p \leq 0.01$) del factor dieta para todas las variables, excepto ALTY, DIAY e INDY. Según lo anterior, se deduce que las dietas balanceadas con o sin AGPI ω -6 y ω -3, mejoran la calidad física del huevo. Asimismo, el efecto del factor luz solo es significativo ($p \leq 0.01$) para PY, COLY, y ALTY.

Cuadro 16. Nivel de significancia de los efectos considerados en el modelo para el análisis de peso de huevo (PHU), grosor de cascarón (GROCAS), peso de cascarón (PCAS), peso de yema (PY), peso de clara (PCLA), color de yema (COLY), altura de la albumina (ALTALB), unidades Haugh (UH), altura de la yema

(ALTY) del huevo de gallinas en sistemas de avicultura familiar de traspatio de cada factor y su interacción.

Origen	PHU (g)	GROCAS (mm)	PCAS(g)	PY (g)	PCLA (g)
Dieta	***	***	***	**	***
Luz	NS	NS.	NS	***	NS
Dieta x Luz	NS	*	NS	**	NS

Continuación del Cuadro 16...

Origen	COLY (g)	ALTALB (mm)	UH (unidades)	ALTY (cm)
Dieta	**	**	**	NS
Luz	**	NS	NS	***
Dieta x Luz	**	***	***	NS

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, NS: no significativo (p>0.05)

Los resultados para calidad física del huevo se muestran en el Cuadro 17. En lo que concierne a los tratamientos con luz natural, las dietas balanceadas sin (T3) o con (T5) AGPI ω -6 y ω -3, incrementaron ($p \leq 0.05$) la calidad física del huevo en las variables PHU, GROCAS, PCAS, PY, PCLA, COLY, ALTALB, UH, y ALTY en comparación con la dieta desbalanceada de solo maíz (T1). Asimismo, con luz artificial las dietas balanceadas (T4 y T6) también mejoraron ($p \leq 0.05$) la calidad física en las variables PHU, PCAS, GROCAS y PCLA en comparación a la dieta desbalanceada con solo maíz (T2). De lo anterior se desprende que las dietas balanceadas, con o sin AGPI ω -6 y ω -3, incrementan ($p \leq 0.05$) la calidad física del huevo en las variables indicadas.

Algunos autores que comparan sistemas comerciales en jaulas con sistemas de producción de huevo en libre pastoreo, discuten lo siguiente en lo que concierne a calidad del huevo. García *et al.* (2007) encontraron que la calidad física del huevo incrementó ($p \leq 0.05$) en PHU (57.4 vs 50.2 g), PCAS (7.62 vs 6.80 g), y PCLA (31.66 vs 28.69 g). Mientras que Krawczyk, (2009) encontró mejoría ($p \leq 0.05$) en GROCAS (0.338 vs 0.320 mm). Hussain, *et al.* (2013) encontraron incremento ($p \leq 0.05$) en PY (17.9 vs 14.7), ALTY (1.63 vs 1.36) y ALTALB (5.90 vs 4.40), mientras que para las UH (74.42 vs 71.40) encontraron una tendencia positiva, aunque no significativa estadísticamente. Por su parte, Krawczyk y

Gornowicz (2010), encontraron una mayor ($p \leq 0.05$) calidad en COLY (12.7 vs 11.8). Por tanto, en los sistemas de producción donde se ofrecen dietas balanceadas, la calidad física del huevo se incrementa.

En lo que respecta a la suplementación de luz artificial en los sistemas de producción que resultan de la combinación de tipo de dieta y tipo de fotoperiodo, el sistema de producción con dieta desbalanceada con solo maíz (T1 y T2), la calidad física del huevo se mejoran ($p \leq 0.05$) las variables PY, COLY, ALTALB, UH, y ALTY. Para el sistema de producción con dieta balanceada sin AGPI ω -6 y ω -3 (T3 y T4), la calidad física del huevo solo mejora ($p \leq 0.05$) la variable PY. Por último, en el sistema de producción con dieta balanceada con AGPI ω -6 y ω -3 (T5 y T6), la calidad física del huevo solo mejora ($p \leq 0.05$) la variable GROCAS. Conforme a los resultados obtenidos en este experimento, para mejorar la calidad del huevo, sería suficiente suplementar luz artificial en el sistema de producción de dieta desbalanceada con solo maíz.

Cuadro 17. Medias^z para peso de huevo (PHU), grosor de cascarón (GROCAS), peso de cascarón (PCAS), peso de yema (PY), peso de clara (PCLA), color de yema (COLY), altura de la albumina (ALTALB), unidades Haugh (UH), altura de la yema (ALTY), diámetro de yema (DIAY), e índice de yema (INDY) del huevo de gallinas en sistemas de avicultura familiar de traspatio.

Tratamiento	Tipo de dieta	Tipo de fotoperiodo	PHU (g)	GROCAS (mm)	PCAS (g)	PY (g)	PCLA (g)	COLY
T1	Solo maíz	Con Luz natural	51.55 ^b	0.305 ^c	4.64 ^b	15.71 ^c	30.53 ^b	6.38 ^b
T2		Con Luz artificial [†]	51.55 ^b	0.298 ^c	4.20 ^b	17.89 ^a	29.48 ^b	8.23 ^a
T3	Sin AGPI ω-6 y ω-3	Con Luz natural	60.56 ^a	0.385 ^a	5.75 ^a	17.00 ^b	37.20 ^a	8.26 ^a
T4		Con Luz artificial [†]	61.62 ^a	0.363 ^a	5.63 ^a	19.48 ^a	36.51 ^a	8.41 ^a
T5	Con AGPI ω-6 y ω-3	Con Luz natural	58.66 ^a	0.349 ^b	5.39 ^a	18.50 ^a	34.76 ^a	7.85 ^a
T6		Con Luz artificial [†]	57.33 ^a	0.360 ^a	5.41 ^a	18.66 ^a	34.59 ^a	7.82 ^a
EEM ^Y			0.5	0.003	0.06	0.18	0.39	0.11

Continuación del Cuadro 17...

Tratamiento	Tipo de dieta	Tipo de fotoperiodo	ALTALB (mm)	UH (unidades)	ALTY (cm)	DIAY (cm)	INDY
-------------	---------------	---------------------	-------------	---------------	-----------	-----------	------

T1	Maíz	Con Luz natural	4.71 ^c	67.70 ^c	1.60 ^b	4.65 ^a	34.72 ^a
T2		Con Luz artificial [†]	5.99 ^a	79.18 ^a	1.66 ^a	4.60 ^a	36.23 ^a
T3	Sin AGPI ω-6 y ω-3	Con Luz natural	6.27 ^a	77.60 ^a	1.63 ^a	4.61 ^a	35.48 ^a
T4		Con Luz artificial [†]	5.10 ^b	66.96 ^c	1.70 ^a	4.74 ^a	35.90 ^a
T5	Con AGPI ω-6 y ω-3	Con Luz natural	5.17 ^b	69.59 ^b	1.64 ^a	4.70 ^a	34.87 ^a
T6		Con Luz artificial [†]	4.83 ^c	66.65 ^c	1.72 ^a	4.76 ^a	36.30 ^a
EEM ^w			0.09	0.85	0.01	0.23	0.26

^zMedias sin una letra en común, dentro de la misma columna, son diferentes ($p \leq 0.05$). ^yEEM: Error Estándar de la Media; [†]para completar 16 horas luz al día

4.2.2 Calidad lipídica: Ácidos grasos poliinsaturados ω -6 y ω -3

La calidad lipídica de la yema de huevo aumentó cuando las gallinas consumían dietas balanceadas enriquecidas con AGPI ω -6 y ω -3 (Cuadro 18). Asimismo, al suplementar a las gallinas con luz artificial, la calidad lipídica de yema de huevo solo incrementó en los AGPI ω -6 (Cuadro 18).

Cuadro 18. Nivel de significancia de los efectos considerados en los modelos para el análisis de ácidos grasos poliinsaturados omega-6 (AGPI ω -6), ácidos grasos poliinsaturados omega-3 (AGPI ω -3), y relación de ácidos grasos poliinsaturados omega-6:omega-3 (ω -6: ω -3) en la yema de huevo de gallinas en sistemas de avicultura familiar de traspatio de cada factor y su interacción.

Origen	AGPI ω -6 mg/100g	AGPI ω -3 mg/100g	ω -6 y ω -3
Dieta	***	***	***
Luz	**	NS	NS
Dieta x Luz	NS	NS	*

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, NS: no significativo ($p > 0.05$).

Los resultados de calidad lipídica de la yema de huevo se presentan en el Cuadro 19. En los sistemas de producción con dietas balanceadas con aceites que contienen AGPI ω -6 y ω -3 (T5 y T6), incrementaron ($p \leq 0.05$) la concentración de estos AG en la yema de huevo en comparación con las otras dietas, excepto en la dieta con solo maíz (T1), aunque los efectos no fueron significativos ($p \geq 0.05$) para tipo de luz. Según lo anterior, el T1 fue igual ($p \geq 0.05$) a T5 y T6, esto se explica, porque el maíz contiene entre 55.3 y 58.5 % de AGPI ω -6 en

comparación al AGPI ω -3, el cual solo tiene entre el 0.77 y 0.84 % del total del aceite que se le extrae (Villalpando *et al.*, 2007; FEDNA, S/A). En el sistema de producción con luz natural, la dieta balanceada con AGPI ω -6 y ω -3 (T5) incrementó ($p \leq 0.05$) la concentración de AGPI ω -6 y ω -3 en 18.15 y 41.51%, respectivamente, en comparación con la dieta balanceada sin AGPI ω -6 y ω -3 (T3). Asimismo, si se compara el T5 con la dieta desbalanceada con solo maíz (T1), el incremento de los AGPI ω -3 ($p \leq 0.05$) fue 57.88 %.

En lo que concierne a la relación de AGPI ω -6: ω -3 (Cuadro 19), la dieta balanceada enriquecida con AGPI ω -6 y ω -3 y con luz natural (T5) tuvo la mejor ($p \leq 0.05$) relación respecto a las demás dietas; y dado que la relación recomendada para la salud humana es menor o igual que 10 (OMS, 2003), dicha dieta cumple la recomendación. Es importante resaltar que las gallinas alimentadas con dietas con solo maíz (T1 y T2), la yema de huevo tuvo una relación de AGPI ω -6: ω -3 muy por arriba de la recomendada, la cual es dañina para la salud humana. Lo anterior se debe a que el maíz contiene entre 55.3 y 58.5 % de AGPI ω -6 en comparación al AGPI ω -3, el cual solo tiene entre el 0.77 y 0.84 % del total del aceite que se le extrae (Villalpando *et al.*, 2007; FEDNA, S/A), y por consecuencia, la gallina al consumir solo maíz pondrá un huevo con una relación de AGPI ω -6: ω -3 por arriba del recomendado.

En otros sistemas de producción alternativos a los comerciales, diversos autores han logrado que la relación de AGPI ω -6: ω -3 sea menor o igual a 10. Simčič *et al.* (2011) evaluó un sistema de gallinas ponedoras para incrementar AGPI ω -3 y mejorar la relación de AGPI ω -6: ω -3, donde gallinas ponedoras fueron pastoreadas en praderas de gramíneas (ω -3:1259.32 mg/100 g; ω -6: ω -3: 6.27) comparadas con gallinas que estuvieron enjauladas (ω -3:857.82 mg/100 g; ω -6: ω -3: 10.37). La cantidad de AGPI ω -6 (8874.22 vs 7520.64 mg/100 g), disminuyó cuando las gallinas pastorearon. Por otro lado, Karsten *et al.* (2010) utilizaron un sistema de pastoreo y encontraron que gallinas alimentadas con alfalfa, trébol o gramíneas, tuvieron mejor cantidad de AGPI ω -3 (3.46%) y

relación de AGPI ω -6: ω -3 (4.96%) a que si estuvieran enjauladas (ω -3: 1.28% y ω -6: ω -3: 12.05%).

Cuadro 19. Medias^z para ácidos grasos poliinsaturados omega-6 (AGPI ω -6), ácidos grasos poliinsaturados omega-3 (AGPI ω -3), y relación de ácidos grasos poliinsaturados omega-6:omega-3 (ω -6: ω -3) en la yema de huevo de gallinas en sistemas de avicultura familiar de traspatio.

Tratamiento	Tipo de dieta	Tipo de fotoperiodo	AGPI ω -6 mg/100g	AGPI ω -3 mg/100g	ω -6: ω -3
T1	Maíz	Con Luz natural	4299 ^a	211 ^b	21.0 ^a
T2		Con Luz artificial [†]	3861 ^b	218 ^b	18.6 ^a
T3	Sin AGPI ω -6: ω -3	Con Luz natural	3873 ^b	293 ^b	14.1 ^b
T4		Con Luz artificial [†]	3397 ^c	261 ^b	13.2 ^b
T5	Con AGPI ω -6: ω -3	Con Luz natural	4732 ^a	501 ^a	9.7 ^c
T6		Con Luz artificial [†]	4594 ^a	485 ^a	10.8 ^c
EEM ^Y			74.33	12.04	0.335

^zMedias sin una letra en común, dentro de la misma columna, son diferentes ($p \leq 0.05$). ^YEEM: Error Estándar de la Media; [†]para completar 16 horas luz al día.

Como dato importante, en un estudio donde se analizó el perfil lipídico de huevo orgánico, de libre pastoreo, de traspatio, y convencional recolectados en supermercados, se encontró que todos los tipos de huevo tuvieron igual ($p \geq 0.05$) cantidad de AGPI ω -6 y ω -3 y su relación (Hidalgo *et al.*, 2008). Asimismo, Samman *et al.* (2009) encontraron que huevos enriquecidos con AG ω -3 eran mejores ($p \leq 0.05$) en cantidad y relación de AG ω -6: ω -3. Lo anterior va a dependerá mucho del tipo de manejo y alimentación que recibieron las gallinas. Po ello, es importante conocer si a las gallinas en verdad se les dio una alimentación y manejo adecuado, ya que en ocasiones el cliente cree que por ser de un sistema de producción diferente al convencional, estará consumiendo un huevo más saludable en cuanto a mejor cantidad de AGPI ω -6 y ω -3.

4.3 Análisis económico: índice del Costo de Alimentación Sobre Ingresos (CASI)

El índice CASI es una herramienta de evaluación económica de las explotaciones pecuarias. Dicho índice sirve para determinar la eficiencia económica de la alimentación de los animales, en relación a la producción y el valor de ésta. Según la UNA (2015) el costo de alimentación sobre el valor de la producción en explotaciones intensivas de aves de postura es 67%. El margen neto o utilidad del productor oscila aproximadamente entre el 8.3 y 9.4%, los demás costos (mano de obra, empaque, agotamiento de las aves, etc.) lo representa del 23.6 al 24.7% (Bachoco, 2015). Los indicadores económicos mencionados para la avicultura familiar de traspatio, no se encuentran claramente en la literatura, por tal razón, solo se analizó el ingreso total y el costo de alimentación respecto al valor de la producción. Cuando el índice CASI es mayor al mencionado, disminuye el margen neto que le queda al productor para los otros gastos y por ende la utilidad neta que percibirá.

Para esta investigación se calculó el índice CASI en los diferentes sistemas de producción propuestos para la avicultura familiar de traspatio, los cuales se muestran en el Cuadro 20. Para calcular el costo de alimentación, se multiplicó el costo de los ingredientes incluidos en las dietas por el consumo de dichos ingredientes de 10 gallinas en una semana. Para calcular el valor de la producción, se multiplicó el número de huevos que producen 10 gallinas en una semana por el costo de una pieza de huevo. En los sistemas de producción de dieta desbalanceada con solo maíz y balanceada sin AGPI ω -6 y ω -3, se consideró un precio del huevo de \$2.50 por pieza, dicho precio es el que a menudo se maneja por los productores (observado en campo), y el consumidor lo paga por el hecho de considerarlo como huevo orgánico al saber que proviene del traspatio. Para las dietas balanceadas con AGPI ω -6 y ω -3, se consideró un precio del huevo de \$3.00 por pieza por ser enriquecido con dichos ácidos. Además de que los huevos fueron enriquecidos con AGPI ω -6 y ω -3, también se mejoró la calidad física del huevo, lo cual justificaría dicho precio.

Se observó que el mejor índice CASI se presentó en los sistemas de producción de dietas balanceadas con y sin AGPI ω -6 y ω -3 y con luz natural, de los cuales

el mejor fue la dieta balanceada con AGPI ω -6 y ω -3 (40.56%) lo que representa un costo de alimentación de \$51.22 y un ingreso total de \$75.08 del total del valor de la producción (\$126.30). Sin embargo, el índice CASI en el sistema de dieta desbalanceada con solo maíz y con luz natural rebasó el 100%, lo cual se reflejó en cero ingresos totales, donde apenas alcanzó para pagar el costo de alimentación. Sin embargo, la suplementación de luz artificial en dicha dieta (sistema innovador), el índice CASI se mejoró a 66.32%, y el valor de la producción menos el costo de alimentación se reflejó en un ingreso total de \$12.57. La diferencia entre los sistemas de dieta balanceada con y sin AGPI ω -6 y ω -3 y la dieta desbalanceada con solo maíz, se debe a que esta última no cubre los requerimientos nutrimentales de las gallinas para la puesta de huevo, y como indicador principal se tiene a la proteína, donde el maíz no cubre la proteína que se requiere, lo cual se refleja en una baja producción de huevo.

Por medio del análisis del índice CASI, se corrobora que las dietas balanceadas con o sin AGPI ω -6 y ω -3, generan mayores ingresos a los productores en comparación a las dietas desbalanceadas con solo maíz. Sin embargo, si los productores complementan con luz artificial a las gallinas y las alimentan con solo maíz, éste manejo les generará un ingreso extra.

Cuadro 20. Análisis del índice del Costo de Alimentación Sobre Ingresos en los diferentes tipos de sistemas de producción propuestos en sistemas de avicultura familiar de traspatio.

Indicadores	Dieta con solo Maíz		Dieta sin AGPI ω -6 y ω -3		Dieta con AGPI ω -6 y ω -3	
	Con Luz natural	Con Luz artificial [†]	Con Luz natural	Con Luz artificial [†]	Con Luz natural	Con Luz artificial [†]
	Sin innovaciones	Con innovaciones	Con innovaciones		Con innovaciones	
Consumo de materia seca (kg/10 gallinas/semana)	5.18	5.22	10.33	8.93	8.25	8.95
PC en la dieta (%)	10.82	10.82	17.33	17.33	17.35	17.35
EM en la dieta (kcal/kg)	3250.00	3250.00	2637.17	2637.17	2807.11	2807.11
Producción de huevo (10 gallinas/semana)	8.60	13.70	48.90	37.50	42.10	40.60
Precio del huevo (\$/pieza)	2.50	2.50	2.50	2.50	3.00	3.00
Costo de alimentación (\$/10 gallinas/semana)	22.53	22.71	57.75	49.94	51.22	55.57

Valor de la producción (\$/10 gallinas/semana)	21.50	34.25	122.25	93.75	126.30	121.80
Índice CASI (%)	104.77	66.32	47.24	53.27	40.56	45.62
Ingresos Totales (\$/10 gallinas/semana)	-1.03	11.54	64.50	43.81	75.08	66.23
Fuga de ingresos (\$/10 gallinas/semana)	12.57		64.50	43.81	75.08	66.23

[†]Para completar 16 horas luz al día.

5. CONCLUSIONES

La alimentación de gallinas en sistemas de avicultura familiar de traspatio alimentadas con dietas balanceadas con o sin ácidos grasos poliinsaturados ω -6 y ω -3 incrementa el comportamiento productivo y la calidad física del huevo en comparación al sistema donde las gallinas fueron alimentadas con solo maíz. Por su parte, el manejo del fotoperiodo con luz artificial hasta 16 horas luz al día mejora la calidad física de huevo en gallinas con dieta desbalanceada con solo maíz, aunque no influye en mejoramiento del comportamiento productivo.

La adición de aceite de soya (con ácidos grasos poliinsaturados ω -6) y aceite de canola (con ácidos grasos poliinsaturados ω -3) a una dieta balanceada incrementa la concentración de ácidos grasos poliinsaturados ω -6 y ω -3 en la yema de huevo, y mejora la relación de ácidos grasos poliinsaturados ω -6: ω -3, en comparación a los sistemas donde las gallinas se alimentaron con dietas desbalanceadas con solo maíz y dietas balanceadas sin ácidos grasos poliinsaturados ω -6 y ω -3

Los sistemas de producción de huevo con dietas balanceadas con ácidos grasos poliinsaturados ω -6 y ω -3, tienen mayor margen neto, lo cual se refleja en mayores ganancias para el productor y por ende para invertir en los demás costos de operación, en comparación a los sistemas donde las gallinas se alimentaron con dietas desbalanceadas con solo maíz y dietas balanceadas sin ácidos grasos poliinsaturados ω -6 y ω -3.

6. AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); al Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ); al Posgrado en Producción Animal (PPA) y CIESTAAM de la Universidad Autónoma Chapingo, y a la Agencia de Desarrollo Rural CYAGRO. Por el apoyo incondicional que hizo posible este artículo.

7. LITERATURA CITADA

- Aguirre M., L. A., G. V. Escudero S., y O. Armijos. 2012. Evaluación productiva de seis estirpes de gallinas criollas en un sistema de crianza semi-intensivo. *Medicina Veterinaria y Zootecnia* 1(1): 38-45.
- Albalat B., A. 2011. Factores que inciden en el manejo avícola familiar: el caso de Hato de la Higuera, Puente Nacional, Veracruz, México. Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados. México. 73 p.
- Antonio, J., S. Orozco, y J. Ramírez. 2011. Contribución de la avicultura campesina en la disponibilidad alimentaria de familias indígenas del sureste mexicano. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 4(1): 69-78.
- Bachoco. 2015. Reporte anual 2015. Disponible en: <http://bachoco.com.mx/inversionistas/statics/archive/BachocoInformeannual2015.pdf> consultado el 15 de mayo de 2016.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2010. Normales climatológicas: Oaxaca. Disponible en: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=183:oaxaca&catid=14&Itemid=63. Consultado el 20 de marzo del 2014.
- Cuca-García J. M., Gutiérrez-Arenas D. A., López-Pérez E. 2015. La avicultura de traspatio en México: Historia y caracterización. *Agro productividad* 8(4): 30-36.
- Cruz P., M. A. 2008. La ganadería en sistema familiar campesino, con atención especial, avicultura (*Gallus, gallus domesticus*) en Xalpatlahuaya, Huamantla, Tlaxcala. Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados. 160 p.
- Fairchild, B. 2007. Lighting Programs for Backyard Egg Production. The University of Georgia. Cooperative Extension Service College of Agricultural and Environmental Sciences / Athens, Georgia 30602-4356. Disponible en: <http://www.poultry.uga.edu/extension/tips/documents/byfmar07.pdf>. Consultado el 10 de diciembre del 2015.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2002b. Enfoques: Avicultura familiar. Cumbre mundial sobre la alimentación cinco años después. Revisado el 23 de abril de 2014 en: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0203sp1.htm>.
- FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal). S/A. Aceites y oleínas de origen vegetal. Disponible en: http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/aceites-y-ole%C3%ADnas-de-origen-vegetal. Consultado el 10 de enero del 2016.
- García-López J. C., Suárez-Oporta M. E., Pinos-Rodríguez J. M., and Álvarez-Fuentes G. 2007. Egg components, lipid fraction and fatty acid composition

- of Creole and Plymouth Rock× Rhode Island Red cross hens fed with three diets. *World's Poultry Science Journal* 63(03): 473-479.
- Gatica B., A. 2011. Ácidos grasos EPA y DHA y su vital importancia en la nutrición humana. *Indualimentos*. Disponible en: <http://www.dinta.cl/wp-dintacl/wp-content/uploads/epa-dha.pdf>. Consultado el 23 de enero del 2016.
- Hidalgo, A., M. Rossi, F. Clerici, and S. Ratti. 2008. A market study on the quality characteristics of eggs from different housing systems. *Food Chemistry* 106(3): 1031-1038.
- Hy-Line. 2015. Entendiendo la luz en la avicultura: Guía del uso de las luces LED y de otras fuentes de luz para ayudar a los productores de huevo. Disponible en: http://www.hyline.com/userdocs/pages/TB_LIGHT_SPN.pdf. Consultado el 15 de marzo del 2016.
- Hussain, S., Ahmed, Z., Khan, M. N., and Khan, T. A. 2013. A study on quality traits of chicken eggs collected from different areas of Karachi. *Sarhad Journal of Agriculture* 29(2): 255-259.
- IFFO (International Fishmeal and Fish Oil Organization). 2008. Los Omega-3 más saludables EPA y DHA se encuentran principalmente en el aceite y la harina de pescado. Disponible en: <http://www.iffonet.es/system/files/DPSP4.pdf>. Consultado el 13 de enero del 2016.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2007a. Panorama agropecuario en México. Censo Agropecuario 2007-2013. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro/default.aspx>. Consultado el 6 de diciembre del 2015.
- Jacob, J. P., H. R. Wilson, R. D. Miles, G. D. Butcher, and F. B. Mather. 2014. Factors Affecting Egg Production in Backyard Chicken Flocks. University of Florida. Disponible en: <https://edis.ifas.ufl.edu/ps029>. Consultado el 6 de diciembre del 2015.
- Jerez S., M. P., y J. C. Carrillo R. 2009. Producción de huevo de gallinas Rhode Island Rojas bajo un sistema alternativo de traspatio. *Revista Brasileña de Agroecología* 4(2): 656-659.
- Jerez S., M. P., M. A. Vázquez D., e Y. Villegas A. 2012. La avicultura actual en los traspatios rurales de Oaxaca: las gallinas criollas. In: Vázquez-Dávila M. A. y López-Alzina D. (eds.) *Aves y Huertos de México*. Carteles, Oaxaca. pp. 54-55.
- Jerez S., M. P., A. Camacho M., G. Quijano V., S. Lozano T., E. Sosa M., J. Ruiz L. 2014a. Características del huevo de gallinas de traspatio alimentadas con una formulación alternativa con o sin verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 4:158-160.
- Jerez S., M. P., J. C. González, J. C. Carrillo R., Y. Villegas, M. A. Vázquez. 2014b. Evaluación de cuatro dietas alternativas en el crecimiento y

- desarrollo de pollos criollos. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 4:210-2012.
- Juárez C., A., E. Gutiérrez V., J. Segura C., R. Santos R. 2010. Calidad del huevo de gallinas criollas criadas en traspatio en Michoacán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12: 109-115.
- Karsten, H. D., P. H. Patterson, R. Stout, and G. Crew. 2010. Vitamins A, E and fatty acid composition of the eggs of caged hens and pastured hens. *Renewable Agriculture and Food Systems* 25(1): 45–54.
- Krawczyk, J. 2009. Quality of eggs from Polish native Greenleg Partridge chickens maintained in organic vs. backyard production systems. *Animal Science Papers and Reports* 27(3): 227-235.
- Krawczyk J. and Gornowicz E. 2010. Quality of eggs from hens kept in two different free-range systems in comparison with a barn system. *Archiv für Geflügelkunde* 74(3): 151-157.
- Lastra, I. J., L. Muciño, L. Villamar, M. A. Barrera, H. Guzmán, J. L. Flores, C. Maldonado, M. Gómez. 1998. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de pollo en México 1990-1997. Secretaría de agricultura, ganadería y desarrollo social. México. 47 pp.
- Lewis, P. 2009. Lighting for broiler breeders. *Aviagen Tech*. Disponible en: http://ar.aviagen.com/assets/Tech_Center/Broiler_Breeder_Tech_Articles/English/Lighting_for_Breeders.pdf. Consultado el 6 de diciembre de 2015.
- Norma Mexicana (NMX-FF-079-SCFI-2004). 2004. Productos avícolas, huevo fresco de gallina, especificaciones y métodos de prueba. Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Publicaciones/CDs2007/CDAgropecuaria/pdf/86NOM.pdf> Consultado el 20 de mayo de 2014.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2003. Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas. Informe de una Consulta Mixta de Expertos OMS/FAO. 152 p. disponible en: http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO_TRS_916_spa.pdf. Consultado el 14 de marzo de 2016.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2011. Administración de suplementos de aceites marinos para mejorar los resultados del embarazo. Disponible en: http://www.who.int/elena/titles/bbc/fish_oil_pregnancy/es/. Consultado el 13 de enero del 2016.
- Tarlton, J. F., L. J. Wilkins, M. J. Toscano, N. C. Avery, and L. Knott. 2013. Reduced bone breakage and increased bone strength in free range laying hens fed omega-3 polyunsaturated fatty acid supplemented diets. *Bone* 52: 578–586.
- Toledo C., G. 2014. La gallina feliz. Disponible en: <http://www.ciemcolombia.com.co/gallina.html#p7>. Consultado el 18 de enero de 2015.

- Ruiz S., C., J. Salaverría, C. Valles, Y. Yépez, y S. Herrera. 2008. Comportamiento de gallinas criollas (gen Na) en un sistema semi-libre y alimentadas con recursos alternativos en Yaracuy, Venezuela. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 20(5): 1-9. Disponible en: <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd20/5/ruiz20066.htm>. Consultado el 4 de noviembre del 2015.
- Sánchez S., M., V. Morales R., L. Bucio A., S. Díaz C. 2015. Producción de huevo en cafetales: una opción de diversificación productiva. *Agroproductividad* 8(6): 72-75.
- Samman, S., F. P. Kung, L. M. Carter, M. J. Foster, Z. I. Ahmad, J. L. Phuyal, and P. Petocz. 2009. Fatty acid composition of certified organic, conventional and omega-3 eggs. *Food Chemistry* 116(4): 911-914.
- Simčič, M., V. Stibilj, and A. Holcman. 2011. Fatty acid composition of eggs produced by the Slovenian autochthonous Styrian hen. *Food Chemistry* 125(3): 873-877.
- Torres G., A. 2015. Indicadores Productivos de Gallinas Rhode Island en un Sistema de Traspatio en la Localidad de Valle de San Francisco, Loreto, Zacatecas. *In: XII Encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia*. León Guanajuato, México. Disponible en: http://congresos.cio.mx/memorias_congreso_mujer/archivos/sesion3/S3-BCA13.pdf. Consultado el 19 de septiembre de 2015.
- UNA (Unión Nacional de Avicultores). 2015. Compendio de indicadores económicos del sector avícola 2015. UNA. México, D. F. 163 p.
- Verduzco R., C. 2015. Estrategia de gestión de la innovación para la avicultura de traspatio en zonas rurales marginadas. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. 71 p.
- Villalpando, S., I. Ramírez S., D. Bernal M., y V. de la Cruz G. 2007. Grasas, dieta y salud: Tablas de composición de ácidos grasos de alimentos frecuentes en la dieta mexicana. Primero Edición. México: Instituto Nacional de Salud Pública. 132 p.
- Zaragoza, L., B. Martínez, A. Méndez, V. Rodríguez, J. S. Hernández, G. Rodríguez, y R. Perezgrovas. 2011. Avicultura familiar en comunidades indígenas de Chiapas, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 1: 411-415.