

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

PROGRAMA DE POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y
PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

HARINA DE SEMILLA DE GIRASOL (*Helianthus annuus* L.) CON ACEITE DESCASCARILLADA EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE ENGORDA Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y BIENESTAR ANIMAL

FRANCISCO JAVIER LAZO BUSTAMANTE

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE :

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2018

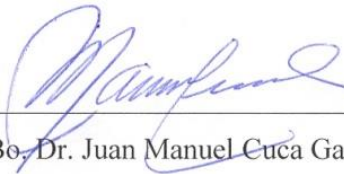
CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe, "**FRANCISCO JAVIER LAZO BUSTAMANTE**", Alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor "**Dr. JUAN MANUEL CUCA GARCÍA**", por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis "**HARINA DE SEMILLA DE GIRASOL (*Helianthus annuus* L.) CON ACEITE DESCASCARILLADA EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE ENGORDA Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y BIENESTAR ANIMAL**", y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Campus Montecillo, a 7 agosto de 2018.



Francisco Javier Lazo Bustamante



Vo. Bo. Dr. Juan Manuel Cuca García

La presente tesis titulada: Semilla de girasol (*Helianthus annuus* L.) descascarillada en la alimentación de pollos de engorda y su efecto en el rendimiento productivo y bienestar animal realizada por el alumno: Francisco Javier Lazo Bustamante bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

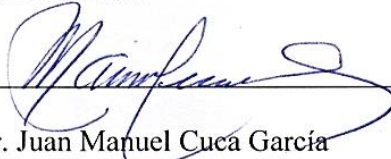
MAESTRO EN CIENCIAS

RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

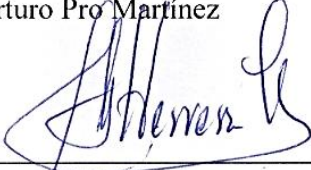
CONSEJERO


Dr. Juan Manuel Cucá García


ASESOR


Dr. Arturo Pro Martínez

ASESOR


Dr. José Guadalupe Herrera Haro

ASESOR


Dr. Jaime Bautista Ortega

Montecillo, Texcoco, Estado de México, septiembre de 2018

HARINA DE SEMILLA DE GIRASOL DESCASCARILLADA EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE ENGORDA

Francisco Javier Lazo Bustamante, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2018

RESUMEN

Se evaluó la inclusión de harina de semilla de girasol con aceite descascarillada (HSGAD) como sustituto parcial de la pasta de soya y como sustituto del aceite crudo de soya (ACS) en las variables productivas, variables de bienestar animal y características de la canal de pollos de engorda machos Ross 308 (n= 280). Se utilizaron criadoras eléctricas en la etapa de iniciación (1-21 días de edad) en criadoras eléctricas y finalizados en piso (22-49 días de edad). Se evaluaron cuatro dietas (tratamientos) isoenergéticas e isoproteínicas a base de pasta de soya y sorgo molido; testigo T1, sin HSGAD; T2, con 5% de inclusión HSGAD y ACS; T3, con 10% de HSGAD sin ACS y T4, con 5% de HSGAD sin ACS. Los resultados mostraron únicamente diferencias entre los tratamientos T1 y T4 ($p < 0.05$) para las variables productivas. Entre los tratamientos con HSGAD no se encontraron diferencias ($p > 0.05$). En las variables relacionadas con el bienestar animal no se observaron diferencias entre tratamientos, pero el peso y el rendimiento de la canal fueron mayores en T1, mostrando sólo diferencias con T4; la pigmentación de la piel de la pechuga fue similar en todos los tratamientos.

Palabras clave: Semilla de girasol, pollo de engorda, rendimiento productivo, bienestar animal.

SUNFLOWER SEED FLOUR DISCHARGED IN FEEDING CHICKENS

Francisco Javier Lazo Bustamante, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2018

ABSTRACT

The inclusion of sunflower seed meal with peeled oil (HSGAD) as a partial substitute for soybean meal and as a substitute for crude soybean oil (SCA) in the productive variables, animal welfare variables and carcass characteristics was evaluated on broilers chickens Ross 308 (n = 280). Electric brooders were used in the initiation stage (1-21 days of age) in electric brooders and finished on the floor (22-49 days of age). Four diets (treatments) isoenergetic and isoproteinic based on soybean paste and ground sorghum were evaluated; T1 control, without HSGAD; T2, with 5% inclusion HSGAD and ACS; T3, with 10% of HSGAD without ACS and T4, with 5% of HSGAD without ACS. The results showed only differences between the treatments T1 and T4 ($p < 0.05$) for the productive variables. Among the treatments with HSGAD, no differences were found ($p > 0.05$). In the variables related to animal welfare, no differences were observed between treatments, but the weight and yield of the carcass were higher in T1, showing only differences with T4; the skin pigmentation of the breast was similar in all treatments

Keywords: Sunflower seed, broiler, productive performance, animal welfare.

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de haber vivido esta gran experiencia

A mi familia por su apoyo incondicional, mis padres **Urbano Lazo Bautista y Beatriz Bustamante Rivera**, mis abuelos: **Teodoro Lazo Olivares y Concepción Bautista Siles**

A mis amigos del Colegio de postgraduados **Anabel Maldonado Fuentes, Diego Zarate Contreras, María Guadalupe Zambrano Velazco, Daniel Salvador López Velazco, Fredy Mera Zúñiga, Gerardo Luna Zamora, Sergio Raúl Velázquez Rodríguez, Uriel Martínez Martínez y Artemio Jovanny Vargas Galicia**, con los que forme un excelente equipo de trabajo.

A mis amigos que me apoyaron e hicieron más amena mi estancia en esta institución, **Yola, Ana estela, Jorge, Diego, Hugo, Eleazar, Rodrigo, Adriana, Alvar, Yuri** y todos aquellos con quienes conviví.

A mis amigas de muchos años y que seguramente serán de toda la vida **Lucí, Andy, Anita, Wendo, Sandy, Diana, Yamy y Mary**.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por permitirme haber llegado hasta aquí.

Al **Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** por financiar los estudios de posgrado, a mi consejero: **Dr. Juan Manuel Cuca García** y asesores: **Dr. Arturo Pro Martínez, Dr. José Guadalupe Herrera Haro y Dr. Jaime Bautista Ortega**, así como a mi sinodal: **Dr. Omar Hernández Mendo** por su importante e incondicional apoyo otorgado.

Al personal de **Ganadería**, por su apoyo, en especial a **“Celsa y Anita”**.

A todos **mis amigos y compañeros** que me apoyaron durante la realización de este trabajo.

CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Girasol	3
2.1.1. Descripción	3
2.1.2. Taxonomía	4
2.2. Cultivo del girasol	5
2.2.1. Etapas fenológicas	5
2.2.2. Requerimientos agroclimáticos.....	5
2.2.3. Siembra	5
2.2.4. Riego	6
2.2.5. Cosecha	6
2.3. Características de la semilla de girasol	6
2.4. Aceite de girasol.....	7
2.5. Usos del girasol	7
2.6. Producción de semilla de girasol.....	8
2.7. Bienestar animal	10
2.7.1. Bienestar animal en México.....	11
2.7.2. Bienestar en aves de corral	11
2.8. Referencias	12
2.8.1. Páginas web consultadas.....	13
CAPÍTULO 3. HARINA DE SEMILLA DE GIRASOL DESCASCARILLADA EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE ENGORDA	14
3.1. Objetivos	14
3.1.1. Objetivo general.....	14
3.1.2. Objetivos específicos	14
3.2. Hipótesis.....	14
3.3. Materiales y métodos	14
3.3.1. Harina de semilla de girasol con aceite descascarillada	14

3.3.2. Manejo de los pollos	15
3.4. Variables evaluadas	18
3.4.1. Variables productivas.....	18
3.4.2. Variables de bienestar animal	18
3.4.3. Pigmentación de la piel y rendimiento en canal	19
3.6. Resultados y discusión	20
3.6.1. Descascarillado de la semilla de girasol	20
3.6.3. Angulación de patas (Varus-valgus), habilidad para caminar y lesiones en almohadillas plantares.....	25
3.6.4. Pigmentación de la piel y rendimiento en canal	28
LITERATURA CITADA.....	30

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía de la especie <i>Helianthus annuus</i> L.....	4
Cuadro 2. Perfil de ácidos grasos del aceite de girasol y del aceite de soya.....	7
Cuadro 3. Composición y análisis calculado de dietas experimentales a base de sorgo, pasta de soya y harina de semilla de girasol con aceite descascarillada (HSGAD).....	16
Cuadro 4. Composición proximal de la semilla de girasol entera y descascarillada.....	20
Cuadro 5. Composición de proteína y aminoácidos de la semilla de girasol entera y descascarillada.....	21
Cuadro 6. Frecuencia de angulación de las patas de los pollos alimentados con harina de semilla de girasol descascarillada.....	26
Cuadro 7. Frecuencia de puntaje en habilidad para caminar de pollos alimentados con harina de semilla de girasol descascarillada.....	27
Cuadro 8. Pigmentación de la piel de la pechuga y rendimiento de la canal de pollos alimentados con harina de semilla de girasol descascarillada.....	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Producción mundial de semilla de girasol.....	9
Figura 2. Producción de semilla de girasol en México.....	9
Figura 3. Principales estados productores de girasol en México.....	10
Figura 4. Peso vivo de pollos alimentados con harina de semilla de girasol descascarillada..	22
Figura 5. Ganancia de peso de pollos alimentados con harina de semilla de girasol descascarillada.....	23
Figura 6. Consumo de alimento de pollos alimentados con harina de semilla de girasol descascarillada.....	23
Figura 7. Conversión alimenticia de pollos alimentados con harina de semilla de girasol descascarillada.....	24

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El destacado crecimiento de la avicultura a nivel mundial, en décadas recientes, es atribuido a la implementación de métodos modernos de producción, mejoramiento genético de las líneas comerciales y una mejor prevención de enfermedades (Narro *et al.*, 2007). Durante el periodo de 2000 a 2016 la producción de carne de pollo en el mundo se incrementó de 58.67 a 107.14 millones de ton. En México la producción aumentó de 1.82 a 3.08 millones de ton en el mismo periodo (FAOSTAT, 2017).

Las dietas utilizadas en la alimentación de las aves, para lograr los incrementos mencionados se basaron en sorgo, maíz y aceite de oleaginosas como fuente de energía y pasta de soya como la principal fuente de proteína, utilizada en la alimentación de aves (Lee, 2014; Campabadal, 2015).

En México, durante el 2016, se consumieron 4.83 millones de toneladas de frijol soya, de las cuales se importaron 4.33 millones de toneladas, principalmente de Estados Unidos (90.28 %) (SIAP, 2017), posicionando a México como el tercer importador de esta oleaginosa a nivel mundial, destinando el 98 % a la producción de pasta de soya para la alimentación animal. La producción nacional de pasta de soya solo cubre el 10.38 % de la utilizada para uso pecuario. Además, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2017), estima que en 2030 se consumirán 5.64 millones de ton de soya (*Glycine max*), esto representa un incremento del 16.81 %.

En la búsqueda de alternativas que permitan sustituir el aceite y pasta de soya y disminuir las importaciones, se planteo utilizar la semilla de girasol (*Heliantus annuus* L) (SG). La Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA, 2017) reporta que la semilla de girasol entera contiene 16.9 % de proteína y 41.1 de extracto etéreo. En México la producción de

SG ha aumentado, pasando de 70 ton en 2000 a 8969 ton en 2016, con mayor producción en 2014, cifra que alcanzó 16,559 ton (FAOSTAT, 2017).

En la alimentación de pollos de engorda la cantidad máxima de SG que puede ser utilizada es del 10 % de la dieta, ya que mayores cantidades de inclusión disminuyen el peso de los pollos (Rodríguez, 2005). La pasta de girasol puede ser un sustituto de la pasta de soya hasta en 15 % sin afectar el crecimiento de pollos de engorda (Attia *et al.*, 2003), mayores cantidades de inclusión de pasta de girasol (46.4 %) reducen el rendimiento productivo (Senkoylu y Dal, 2006). Los aceites de girasol y soya tienen contenidos similares de ácidos grasos y no difieren en sus resultados cuando son usados en la alimentación de pollos de engorda (Balevi y Coskun, 2000).

La hipótesis que se planteó fue que la harina de semilla de girasol con aceite descascarillada (HSGAD) puede sustituir parcialmente a la pasta de soya como fuente de proteína y a su vez al aceite crudo de soya (ACS) como fuente de energía, sin afectar el comportamiento productivo, la calidad de las canales y el bienestar del pollo de engorda. El objetivo de esta investigación fue evaluar la concentración de HSGAD en las variables productivas, habilidad para caminar, angulación en patas, lesiones en almohadillas plantares como variables de bienestar animal, además de la pigmentación de la piel y rendimiento de la canal en pollos de engorda.

CAPÍTULO 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Girasol

El girasol (*Helianthus annuus* L.) también conocido como maíz de Texas, flor de sol, gigantón y lampote (Rzedowski y Rzedowski, 2008), es una planta herbácea domesticada originaria del norte de México, cultivada también en el oeste de los E.U.A. En México, el cultivo de girasol, fue de gran importancia en la época prehispánica y el Virreinato (Bye *et al.*, 2009). Al ser nativa de México, se distribuye en casi todos los estados del país, sin embargo, en la región sur es ocasional su localización, mientras que en el norte es frecuente encontrarla incluso cerca de las carreteras, (Vibrans, 2009).

2.1.1. Descripción

El girasol es una planta anual de hasta tres metros de alto, con una raíz principal pivotante cuya longitud normalmente sobrepasa la altura del tallo. De la raíz brotan ramificaciones secundarias que exploran el suelo de forma vertical y horizontal (Gutiérrez, 2014).

El tallo es particularmente hispido, con variantes entre el erecto simple o ramificado. La forma de la hoja puede alternar entre lámina ovada-triangular o anchamente lanceolada (hasta 45 cm de largo y 35 de ancho). Está acorazonada en la base y trinervada, áspera por el haz. Los bordes son toscamente aserrados, y los peciolo son de hasta 20 cm de largo.

Las flores se disponen en cabezuelas solitarias o agrupadas en el extremo de los tallos. El involucre es hemisférico y mayor a dos centímetros de diámetro. En cuanto a las brácteas ovadas o anchamente lanceoladas, pueden localizarse más de 25 en variedades cultivadas generalmente hispidas o hirsutas. También cuenta con receptáculo plano, páleas lanceoladas y flores liguladas con ocho o más centímetros, así como amarillas o anaranjadas de hasta cinco centímetros de largo.

Regularmente en el disco cuenta con más de 200 flores y a menudo las corolas son oscuras en la parte apical, que mide 7 milímetros de largo.

Por último, las semillas son aquenios caducos de forma oblongo ovoide, comprimidos de color grisáceo o moteado de hasta 16 milímetros de largo en variedades cultivadas. En cada caso, el vilano está formado por dos escamas lanceoladas (Vibrans, 2009).

2.1.2. Taxonomía

Cuadro 1. Taxonomía de la especie *Helianthus annuus* L.

Taxonomía	
Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Orden:	<i>Asterales</i>
Familia:	<i>Asteraceae</i>
Subfamilia:	<i>Asteroideae</i>
Tribu:	<i>Heliantheae</i>
Subtribu:	<i>Helianthinae</i>
Género:	<i>Helianthus</i>
Especie:	<i>Helianthus annuus</i> L.

2.2. Cultivo del girasol

2.2.1. Etapas fenológicas

Hernández y Orioli (1994) describen cuatro etapas fenológicas en el desarrollo del girasol: la primera etapa se refiere a la germinación e implantación del cultivo; la segunda, llamada juvenil o vegetativa, consiste en el desarrollo de hojas, tallos y raíces; la tercera, identificada como reproductiva, comprendida desde el inicio de la floración hasta la fertilización por lo que presenta un gran desarrollo del tallo y de la biomasa foliar; la cuarta es la del llenado de los frutos y se distingue porque muestra poco crecimiento vegetativo. El ciclo vegetativo varía de 110 a 180 días según la zona y variedad, siendo las variedades aceiteras de ciclo más corto.

2.2.2. Requerimientos agroclimáticos

El momento adecuado para la siembra del girasol depende de las condiciones climáticas y debe realizarse antes de que la temperatura del suelo alcance de 8 a 10°C; en cambio, el cultivo se adapta a un rango de temperatura que va de 13 a 30°C. Respecto al tipo de suelo, el girasol necesita un buen drenaje y un manto freático cercano, con una precipitación de 250 a 400 milímetros (Gómez et al. 2013). Es necesario precisar que los suelos neutros o alcalinos no afectan la productividad; en contraste, los suelos salinos propician mayor salinidad del suelo, lo que disminuye la cantidad de aceite en la semilla (Gutiérrez, 2014).

2.2.3. Siembra

La preparación del suelo debe realizarse de manera inmediata a la cosecha anterior, para integrar la mayor cantidad de residuos. Durante el proceso de descomposición se recomienda un barbecho profundo y dos pasos de rastra: uno para desbaratar terrones y otro para eliminar malezas que hayan nacido (Gómez *et al.*, 2013). La profundidad de la siembra y la germinación de la planta dependen de la temperatura, humedad y tipo de suelo, la germinación se da al tener una temperatura media de 5° por 24 h (Gutiérrez, 2014).

2.2.4. Riego

El girasol es una planta muy eficiente en el uso del agua: su sistema radicular es capaz de extraer agua de profundidades donde otras plantas no pueden. Hasta la aparición del capítulo de la flor requiere poca agua y le es suficiente una lámina de riego de 5 a 6 mm. Posteriormente, durante la floración, requiere de un segundo riego, con una lamina de agua de 6 a 8 milímetros (Gutiérrez, 2014).

2.2.5. Cosecha

La cosecha del girasol se realiza cuando la parte posterior de la cabeza haya adquirido una coloración café. El corte puede ser manual o mecánico: en el primer caso, cortando los capítulos y sacudiéndolos con un palo por donde está la semilla; en el segundo caso, utilizando una trilladora combinada (Gómez *et al.*, 2013).

2.3. Características de la semilla de girasol

La semilla de girasol se caracteriza por contener 40% de ácidos grasos insaturados, de los cuales son más abundantes el ácido linoleico (C_{18:2}) y el ácido oleico (C_{18:1}). Contiene 17% de proteína cruda, con aminoácidos como la arginina y el triptófano que tienen mayor y menor cantidad de proteína, respectivamente (8% y 1.3% de la proteína); también cuenta con 17.6% de fibra cruda y 3.45 de cenizas (FEDNA, 2018).

Otra característica nutricional de la semilla de girasol es el contenido de antioxidantes como la vitamina E. Dicha vitamina convive con compuestos antinutricionales como los ácidos clorogénico, quínico y cafeico (Mikolajczak *et al.*, 1970; citado por Arija *et al.*, 1999), estos ácidos inhiben la actividad enzimática de la tripsina, lipasa y arginasa (Muszynska y Reifer, 1970; citados por Arija *et al.*, 1999). La harina de semilla de girasol descascarillado no contiene sustancias antinutritivas o tóxicas (Domínguez *et al.*, 1993).

2.4. Aceite de girasol

El aceite de girasol puede variar en su composición según la el tipo de semilla. Es rico en ácido linoleico (C_{18:2}) y el oleico (C_{18:1}), dado que cada uno representa el 63% y el 22.6% del total de la grasa de la semilla. En el Cuadro 2 presento la comparación del aceite de girasol con el de soya, con la intención de subrayar que el aceite de girasol tiene una mejor relación de ácidos grasos saturados con ácidos grasos insaturados (FEDNA, 2018).

Cuadro 2. Perfil de ácidos grasos del aceite de girasol y del aceite de soya

Perfil de ácidos grasos (% de la grasa)		Aceite de girasol	Aceite de soya
Mirístico	C _{14:0}	-	tr.
Palmítico	C _{16:0}	6.4	9.5
Palmitoleico	C _{16:1}	tr.	0.2
Estearico	C _{18:0}	5	4
Oleico	C _{18:1}	22.6	22
Linoleico	C _{18:2}	63	54
Linolénico	C _{18:3}	<0.5	7.3
	C _{≥20}	1.1	1.1
Características			
	Índice Iodo	132	130
	Título	18	21
	Índice saponificación	191	192
	Saturados/Insaturados	0.14	0.18

Tr.: trazas

2.5. Usos del girasol

Los usos del girasol se remontan a la época prehispánica donde era utilizado como alimento (Bye *et al.*, 2009). Además, la inflorescencia es excelente para la producción de miel (Gutiérrez, 2014).

En algunos lugares de México, el girasol es utilizado dentro de la medicina racional: por ejemplo, en Sonora es utilizada para el tratamiento de pleuresía, resfriado, catarro, llagas, heridas,

trastornos nerviosos y dolor de cabeza; en Veracruz, para aliviar reumas (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).

Específicamente, la semilla de girasol es benéfica para el cuerpo humano, puesto que el consumo regular de estas semillas puede ayudar a disminuir de forma significativa los niveles de colesterol en la sangre. El aceite de la semilla de girasol es de calidad porque —a diferencia de los aceites de plantas tropicales o de los alimentos de origen animal— no tiene cantidades altas de ácido mirístico, que incrementa los niveles de colesterol en la sangre (Zamora, 2005; citado por Malavé y Méndez, 2006).

Por esta razón, la semilla de girasol ha sido industrializada para la extracción de aceite. En México incrementó de 4,600 toneladas en el año 2010 a 10 400 toneladas en el año 2014 (FAOSTAT, 2018). Este aceite es usado para la alimentación humana por su alto grado de instauración; incluso, en algunos países es utilizada como combustible (Vibrans, 2009). Asimismo, la pasta sobrante puede ser utilizada en la alimentación animal como sustituto de la pasta de soya (de Morais *et al.*, 2016).

La planta completa puede ser utilizada para la alimentación de ganado: como ensilaje contiene hasta el 12.5 % de proteína, 33.5 % de fibra cruda y hasta tres veces más grasa que el ensilado de maíz (Gómez *et al.*, 2013). La flor también es usada como ornamento, donde se pueden presentar varias cabezuelas; a diferencia de las variedades utilizadas para forraje o para la obtención de semillas, que sólo tienen una (Bye *et al.*, 2009).

2.6. Producción de semilla de girasol

La producción mundial de semilla de girasol ha tenido un incremento considerable: creció de 26.5 millones de toneladas en 2007 a más de 47.3 millones de toneladas en la actualidad (Figura 1). Los principales productores de esta oleaginosa son Ucrania, Rusia, Unión Europea, Argentina y China.

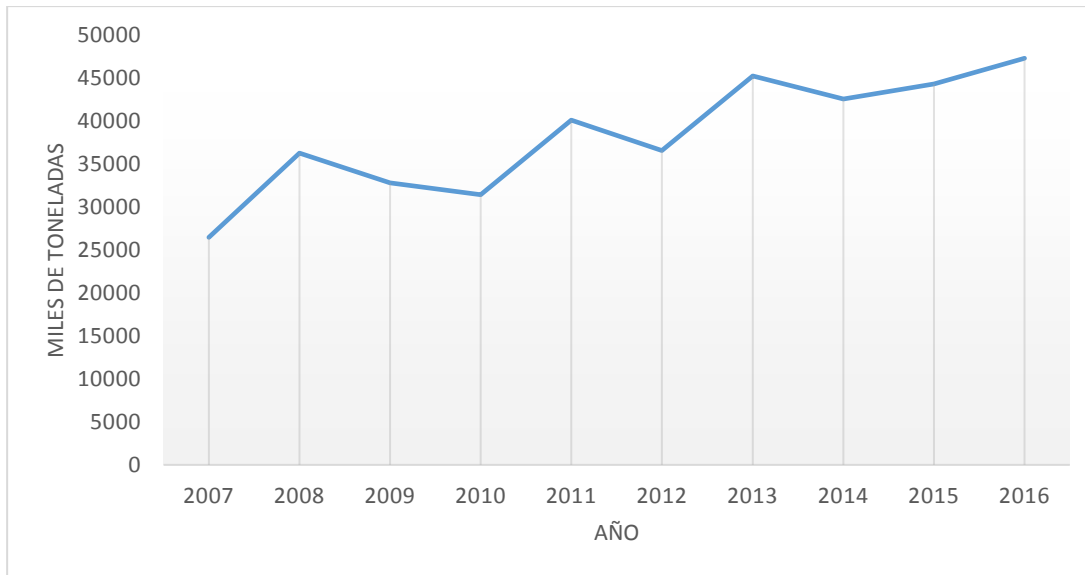


Figura 1. Producción mundial de semilla de girasol.
Fuente: FAOSTAT (2017).

En México, la producción de semilla de girasol avanzó en la última década: de 7 t en 2007 a 8969 ton en 2016, con un pico de producción en 2014 (Figura 2).

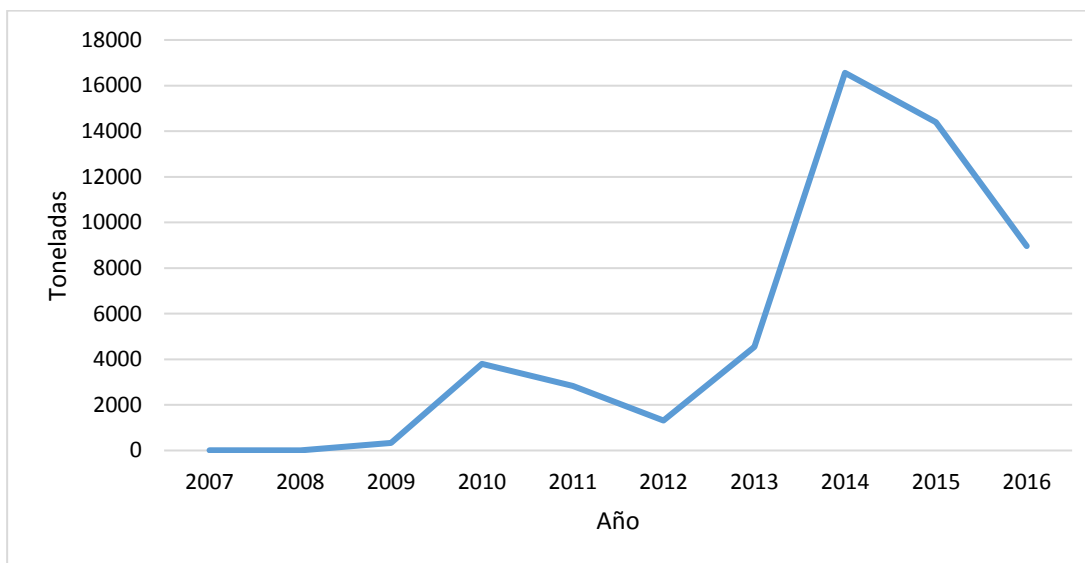


Figura 2. Producción anual de semilla de girasol en México de 2007 a 2016.
Fuente: FAOSTAT (2017).

La producción de semilla de girasol en México se encuentra distribuida en el centro y norte del país, teniendo a Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Durango, Guanajuato y Estado de México como los principales estados productores de esta oleaginosa en 2016 (Figura 3).

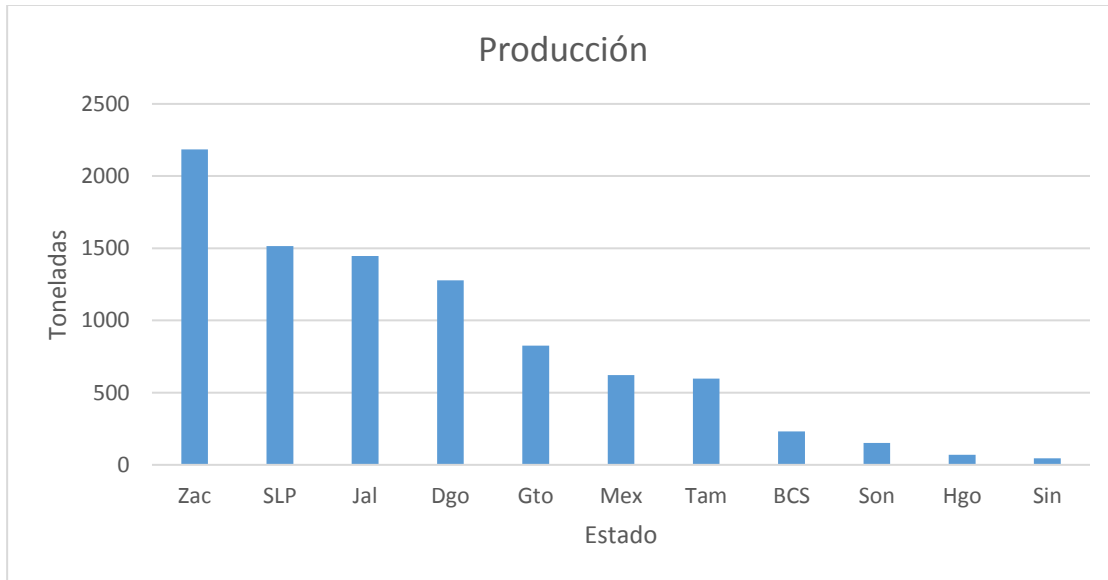


Figura 3. Principales estados productores de semilla de girasol en México.
Fuente: SIAP (2017).

2.7. Bienestar animal

La Real Academia Española (RAE) define al bienestar como el “conjunto de las cosas necesarias para vivir bien”. EL bienestar animal significa que los organismos tengan un funcionamiento adecuado, incluyendo el estado emocional y el comportamiento normal de cada especie (Fraser et al., 1997).

La Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) define el bienestar animal como “el modo en que un animal afronta las condiciones en las que vive”. De manera complementaria, la OIE (1965) menciona las cinco libertades que describen el derecho al bienestar de los animales bajo el control humano:

1. Libre de hambre, sed y desnutrición
2. Libre de miedos y angustias

3. Libre de incomodidades físicas o térmicas
4. Libre de dolor, lesiones o enfermedades
5. Libre para expresar las pautas propias de comportamiento

2.7.1. Bienestar animal en México

Para el caso mexicano, el *Diario Oficial de la Federación* ha esclarecido varias normas oficiales en materia de salud animal, entre las que se encuentran: “Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres” (NOM-033-SAGZOO-2014); “Trato humanitario en la movilización de animales (NOM-051-ZOO-1995); y “Especificaciones de los alimentos para consumo animal” (NOM-061-ZOO-1999).

2.7.2. Bienestar en aves de corral

Una producción satisfactoria implica la interacción entre el bienestar animal y la productividad. El comportamiento de las aves puede parecer normal, pero las enfermedades como parasitismo, mal nutrición y el traslado de las aves de corrales a jaulas pueden afectar su bienestar general. Estas situaciones generan problemas de estrés agudo o crónico que reducen la productividad, a la vez que pueden dañar el sistema inmunológico e incrementar la mortalidad (Nicol y Davies, 2013)

Hoy en día la producción y el bienestar animal parecen no ir a la par. La intensa selección genética para determinadas características productivas puede tener consecuencia en las aves. Tal es el caso de los pollos de engorda que son seleccionados para tener una elevada tasa de crecimiento: estos animales con frecuencia presentan problemas de salud en las patas y cojera, trastornos metabólicos y hambre crónica en las parvadas destinadas a reproducción (Nicol y Davies, 2013).

2.8. Referencias

- Arija, I. Viveros, A. Brenes, A. y Canales, R. 1999. Study of nutritive value of full-fat sunflower kernels in diets for growing chickens and its effect on fatty acids concentration of abdominal fat. *Arch. Zootec.* 48: 249-259.1999.
- Bye, R. Linares, E. y Lentz, D. México: centro de origen de la domesticación del girasol. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 12(1):5-12, 2009.
- de Morais, V. Varela, A. Souza, L. Batista, J. Araujo, J. da Silva, A. and Simplício, J. 2016. Sunflower meal as a nutritional and economically viable substitute for soybean meal in diets for free-range layig hens. *Animal Feed Science and Technology* 220 (2016) 103-108.
- Domínguez, H. Núñez, M.J. y Lema J.M. 1993. Eliminación de ácido clorogénico durante el procesado acuoso de las almendras de girasol. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Vol. 44 Faso.* 4-5 (1993)
- Fraser D, Weary D M, Pajor E A and Milligan B N 1997 A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns *Animal Welfare* 6: 187-205.
- Gutiérrez, N. 2014. Manejo técnico para el cultivo de girasol. *Secretaria de Desarrollo Rural, Jalisco. México.* 3 p.
- Hernández, L. y Orioli, G. 1994. El ideotipo del girasol (*Helianthus annuus L.*). *Agriscientia*, 1994, vol. XI : 87-98.
- Malavé, A. and Mendez, J. 2006. Comparación de la composición lipídica en semillas de girasol (*Helianthus annuus L.*) usando técnicas multivariadas. *UDO Agrícola* 6 (1): 27-32. 2006.
- Nicol, C J. and Davies, A. 2013. *Revisión del Desarrollo Avícola.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). ISBN 978-92-5-308067-0
- Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski. 2008. *Compositae. Tribu Heliantheae (II).*En: Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski (eds.). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 157.* Instituto

de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.

Vibrans, H. (ed.) 2009. Malezas de México. *Helianthus annuus* L. Girasol. 18 de enero de 2018.

2.8.1. Páginas web consultadas

<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/helianthus-annuus/fichas/ficha.htm#3>.

Identificaci% C3%B3n y descripci% C3%B3n

<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QD>

<http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=bienestar>

<http://www.oie.int/es/bienestar-animal/el-bienestar-animal-de-un-vistazo/>

<https://www.gob.mx/senasica/documentos/normatividad-en-materia-de-salud-animal?idiom=es>

CAPÍTULO 3. HARINA DE SEMILLA DE GIRASOL DESCASCARILLADA EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE ENGORDA

3.1. Objetivos

3.1.1. Objetivo general

1. Evaluar el efecto de la sustitución de la pasta de soya y del aceite crudo de soya como fuentes de proteína y energía en la dieta para pollos de engorda.

3.1.2 Objetivos específicos

1. Evaluar la respuesta productiva en pollos de engorda, al sustituir la pasta de soya por harina de semilla de girasol con aceite descascarillada.
2. Evaluar variables de bienestar animal en pollo de engorda, al sustituir la pasta de soya por harina de semilla de girasol con aceite descascarillada en la dieta.

3.2. Hipótesis

1. La sustitución parcial de la pasta y aceite de soya por harina de semilla de girasol con aceite descascarillada en la dieta no afecta el comportamiento productivo en pollos de engorda.
2. La sustitución parcial de la pasta y aceite de soya por harina de semilla de girasol con aceite descascarillada en la dieta no afecta el bienestar ni el rendimiento de la canal de pollos de engorda.

3.3. Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en la granja experimental de aves del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México, México.

3.3.1. Harina de semilla de girasol con aceite descascarillada

La semilla de girasol se quebró en un molino de martillos con criba de 20 mm² (Azteca, México), posteriormente la almendra se separó de la cascarilla con un ventilador de piso de 25.4

cm y posteriormente se molió para obtener la harina de semilla de girasol descascarillada. Se determinó la energía metabolizable aparente corregida con nitrógeno de la HSGAD (Nalle et al., 2012). Se realizaron análisis proximales (AOAC, 1990) y de Van Soest (Van-Soest et al. 1991) y se determinó el perfil de aminoácidos de HSGAD mediante cromatografía líquida (Evonik Industries de México, SA de CV).

3.3.2. Manejo de los pollos

Se utilizaron 280 pollos machos de engorda de la línea Ross 308 de un día de edad, se distribuyeron en cuatro tratamientos con siete repeticiones cada uno (10 pollos por repetición) usando harina de semilla de girasol descascarillada (HSGAD) a diferentes concentraciones de inclusión (0, 5 y 10 %), el programa de alimentación se dividió en dos etapas, iniciación (0-21 días) y finalización (22-49 días).

Las dietas experimentales fueron formuladas con base a los requerimientos establecidos en el manual Ross 308 AP Especificaciones de Nutrición 2017.

Las dietas de los tratamientos fueron elaboradas a base de pasta de soya y sorgo molido, el tratamiento testigo T1, no contenía HSGAD; el tratamiento T2, contenía 5 % de HSGAD; el tratamiento T3, contenía 10 % HSGAD y el tratamiento T4, contenía 5 % de inclusión de HSGAD sin ACS (Cuadro 3).

Cuadro 3. Composición y análisis calculado de dietas experimentales a base de sorgo, pasta de soya y harina de semilla de girasol con aceite descascarillada (HSGAD)

Ingrediente (%)	Etapa							
	Iniciación				Finalización			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Sorgo	53.09	53.88	54.53	56.72	60.62	61.64	62.36	64.50
Pasta de soya	37.06	33.61	30.26	33.12	30.13	26.64	23.20	26.14
HSGD	0.00	5.00	10.00	5.00	0.00	5.00	10.00	5.00
Fosfato dicálcico	2.08	2.05	2.03	2.04	0.94	0.93	0.98	0.97
Carbonato de calcio	1.18	1.17	1.19	1.21	1.58	1.56	1.54	1.55
Biolys	0.59	0.67	0.76	0.69	0.37	0.46	0.55	0.47
Metionina	0.45	0.45	0.44	0.44	0.34	0.33	0.32	0.33
Treonina	0.18	0.19	0.20	0.19	0.08	0.09	0.11	0.09
Sal (NaCl)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Premezcla vitaminas/minerales	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Aceite	4.79	2.38	0.00	0.00	5.00	2.41	0.00	0.00
Coccidiostato	---	---	---	---	0.05	0.05	0.05	0.05
Pigmento	---	---	---	---	0.30	0.30	0.30	0.30
Análisis calculado								
EM (kcal kg⁻¹)	3068	3079	3089	2951	3149	3148	3158	3019
PC (%)	21.68	21.69	21.70	21.69	18.99	18.98	18.99	18.99

Ca (%)	0.99	0.99	1.00	1.00	0.78	0.78	0.79	0.79
P disponible (%)	0.48	0.48	0.48	0.48	0.39	0.39	0.39	0.39
Lisina (%)	1.44	1.44	1.44	1.44	1.15	1.15	1.15	1.15
Metionina (%)	0.72	0.72	0.71	0.72	0.57	0.57	0.58	0.57
Metionina + cistina (%)	1.08	1.07	1.07	1.08	0.90	0.90	0.90	0.90
Treonina (%)	0.96	0.97	0.97	0.97	0.78	0.78	0.78	0.78
Triptófano (%)	0.28	0.27	0.27	0.27	0.24	0.23	0.23	0.23

T1: dieta testigo (sorgo-pasta de soya); T2: dieta con 5 % de harina de semilla de girasol descascarillada más aceite crudo de soya; T3: dieta con 10 % de harina de semilla de girasol descascarillada sin aceite crudo de soya; T4: dieta con 5 % de harina de semilla de girasol descascarillada sin aceite crudo de soya. Dietas de T1, T2 y T3 son iso-energéticas, T4 contenía menor energía en relación al resto.

Durante las primeras tres semanas, la crianza de los pollos se realizó en criadoras eléctricas en batería, de cinco niveles con dos espacios por nivel de 42 cm de anchura por 120 cm de longitud y 30 cm de altura.

A partir de la semana 4 se ajustaron las dietas a los requerimientos nutricionales para la etapa de finalización de los pollos, se mantuvieron los niveles de inclusión de HSGD correspondiente a cada tratamiento (Cuadro 1). En este periodo la crianza de los pollos se realizó en piso, por cada repetición se utilizó un corral 1.5 m² por 1 m de altura, con cama (10 cm) de aserrín, comedero de tolva y bebederos automáticos de campana.

Durante el estudio, los pollos fueron expuestos a un fotoperiodo natural (13 horas de luz por 11 de obscuridad); el alimento y el agua se ofrecieron a libre acceso, se utilizó un sistema de ventilación natural, la temperatura ambiente se inició a 33 ° C y se redujo 2 °C cada semana hasta 21 ° C a los 49 días de edad.

3.4. Variables evaluadas

3.4.1. Variables productivas

Los pollos se pesaron al inicio y posteriormente se realizaron pesajes individuales semanales con una báscula digital con aproximación de 1g marca Torrey con capacidad para 5000 g. Semanalmente se registró el peso vivo (PV), consumo de alimento (CA), ganancia de peso (GP) y conversión alimenticia (CnA).

3.4.2. Variables de bienestar animal

En todos los pollos se midió la angulación de patas (AP) a los 35 y 42 días de edad con base en la metodología descrita por Leterrier y Nys (1992). Según la angulación de la articulación tibia-metatarso se asignó una de las cuatro calificaciones: 0, pollos normales (menos de 10° de angulación); 1, pollos con ligera angulación (10-25° en la articulación tibia-metatarso); 2, pollos con angulación notable (25 a 45° en la articulación tibia-metatarso) y; 3, pollos con angulación severa (45° o más en la articulación tibia-metatarso).

Veintiún pollos de cada tratamiento se seleccionaron al azar para evaluar la puntuación en habilidad para caminar (HC) a los 35 y 42 días de edad, utilizando la metodología descrita por Kestin *et al.* (1992) y modificada por Garner *et al.* (2002). Esta metodología se utilizó para mostrar intervalos en escala de 0 a 6, donde 0, el ave mostraba un caminar fluido con la garra extendida al estar elevada; 1: el ave mostraba un caminar inestable o tambaleante, 2: en los 20 segundos de observación se puede identificar la pierna que produce el efecto, 3: el ave se apoya sobre su tarso en 15 segundos o menos aunque el observador se acerque, 4: el, ave permanece encogida aunque se le acerque el observador o la toque por 5 seg y 5: un pollo con cojera, incapaz de moverse o pararse, para esto dos observadores, simultánea e individualmente, calificaron cada pollo; si los evaluadores no llegaron a un consenso, tuvieron que reevaluar el ave.

Se revisaron todas las aves por tratamiento para evaluar lesiones en el cojinete de la pata, de acuerdo la metodología descrita por Su *et al.* (1999), esta se basa en un puntaje combinado para ambas patas en escala de 0 a 3, en la cual: 0, sin signos de daño; 1, área de almohadilla pequeña <5%; 2, área de la almohadilla grande < 25 % y; 3, quemaduras graves, úlceras grandes llenas de costra y área de almohadilla > 25 % e inflamación.

3.4.3. Pigmentación de la piel y rendimiento en canal

Al finalizar la engorda (día 49) se sacrificaron 14 pollos por tratamiento para obtener el rendimiento de la canal (RC). Se registró el peso vivo (PV) de los pollos y después de sacrificarlos se pesó la canal (PC), esto con una báscula digital con aproximación de 1 g marca Torrey con capacidad para 5000 g, posteriormente se calculó el RC limpia con la siguiente ecuación $(PC/PV) \times 100$.

La pigmentación de la piel (PP) de los pollos se midió una vez sacrificados, para ello se usó colorímetro marca Minolta Chroma Meter CR-410 (Konica Minolta, INC. Japón), el cual mide el color de la piel mediante la reflectancia de la luz obteniendo los valores de L, a y b. Donde L es una medida de luminosidad o de negro a claro, un valor mayor indica un color más claro; a indica medidas de verde a rojo, un valor mayor indica color rojo y, b, es una medida de azul a amarillo, un valor mayor indica un color amarillo.

3.5. Análisis estadístico

Para las variables productivas PV, GP, CA y CnA se utilizó un diseño completamente al azar con medidas repetidas (todas las variables se midieron al final de cada semana), para PP y RC se utilizaron dos pollos de cada repetición dando un total de 14 pollos por tratamiento, se evaluaron mediante PROC MIXED de SAS (SAS Institute Inc., 2011). Para la angulación de patas y habilidad para caminar, las variables de PP y RC se analizaron con un diseño completamente al azar con Proc GLM (SAS Institute Inc., 2011).

La diferencia estadística se estableció en $p < 0.05$, y los promedios fueron separados usando la prueba de Tukey. Para las variables continuas, los resultados se presentan como media \pm error estándar y los datos categóricos se expresan como frecuencias.

3.6. Resultados y discusión

3.6.1. Descascarillado de la semilla de girasol

El rendimiento de la semilla descascarillada fue de 85 % con respecto a la semilla entera, al realizar este proceso, disminuyó la cantidad de fibra en 13.2 %, e incrementó el contenido de extracto etéreo, proteína (Cuadro 3) y aminoácidos (Cuadro 5).

Cuadro 4. Composición proximal de la semilla de girasol entera y descascarillada.

Fracción	Semilla de girasol integral	Semilla de girasol descascarillada
Materia seca (%)	94.34	93.51
Cenizas (%)	3.88	4.12
Proteína cruda (%)	19.88	28.21
Extracto etéreo (%)	40.85	48.73
Fibra cruda (%)	17.60	3.38
Fibra detergente neutro (%)	28.76	14.00
Fibra detergente ácido (%)	26.96	12.56

Cuadro 5. Composición de proteína y aminoácidos de la semilla de girasol entera y descascarillada.

Aminoácidos	Composición (%)	
	FEDNA semilla entera*	EVONIK semilla descascarillada*
Proteína	17.50	28.34
Lisina	0.63	0.90
Metionina	0.40	0.48
Met + Cys	0.72	0.95
Treonina	0.63	0.89
Triptófano	0.23	0.31
Isoleucina	0.72	1.19
Valina	0.84	1.41
Arginina	1.41	2.63
Cistina	N/D	0.47
Leucina	N/D	1.71

*Expresados como porcentaje del ingrediente.

N/D: No determinado

Descascarillar la SG aumentó la proteína, aminoácidos y aceite (con ello la EM), también se redujo significativamente el contenido de fibra en la SG y en la dieta. Un contenido alto (3 %) de fibra en la dieta, disminuye la GP de los pollos (Sadeghi, 2015), además, dietas altas en fibra disminuyen la absorción de EM y materia seca, porque aceleran el paso del quimo por el sistema digestivo de los pollos (Krás *et al.*, 2013). Adicionalmente, no eliminar el total de la fibra en la SG es benéfico, se ha reportado que el uso de niveles bajos de fibra (< 3 %) en la dieta de pollos de

engorda, mejora la GP de éstos (Jiménez *et al.*, 2010), mejora los procesos de digestión y absorción y con ello aumenta la producción de carne (Sarikhán *et al.*, 2010).

3.6.2. Variables productivas

Durante todo el periodo experimental el PV y la GP de los pollos, sólo mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en las semanas 3, 4 y 5, observando que la GP de los pollos del T1 fue mayor a aquellos del T4. Además, el PV de los pollos de los tratamientos T2 y T3 fueron iguales a los del T1 y T4, (Figura 4 y 5).

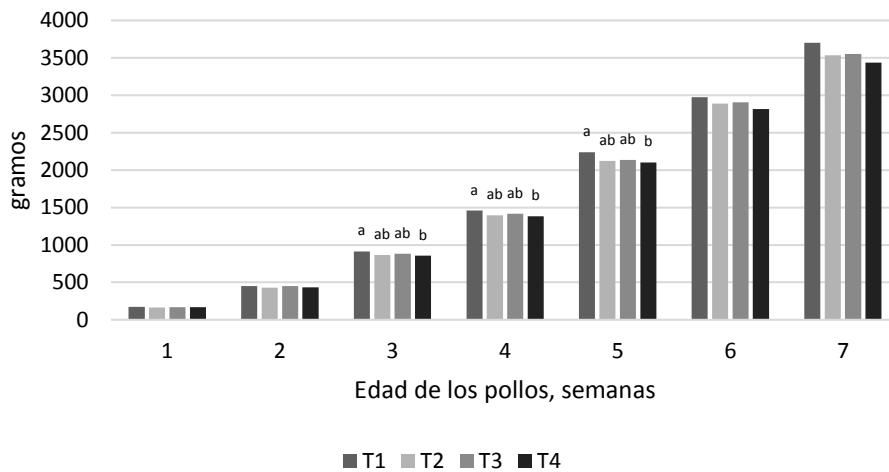


Figura 4. Peso vivo de pollos alimentados con harina de semilla de girasol descascarillada.

T1: dieta testigo (sorgo-pasta de soya); T2: dieta con 5 % de harina de semilla de girasol descascarillada más aceite crudo de soya; T3: dieta con 10 % de harina de semilla de girasol descascarillada sin aceite crudo de soya; T4: dieta con 5 % de harina de semilla de girasol descascarillada sin aceite crudo de soya. Dietas de T1, T2 y T3 son iso-energéticas, T4 contenía menor energía en relación al resto. Medias con diferente literal en columna son diferentes ($p < 0.05$).

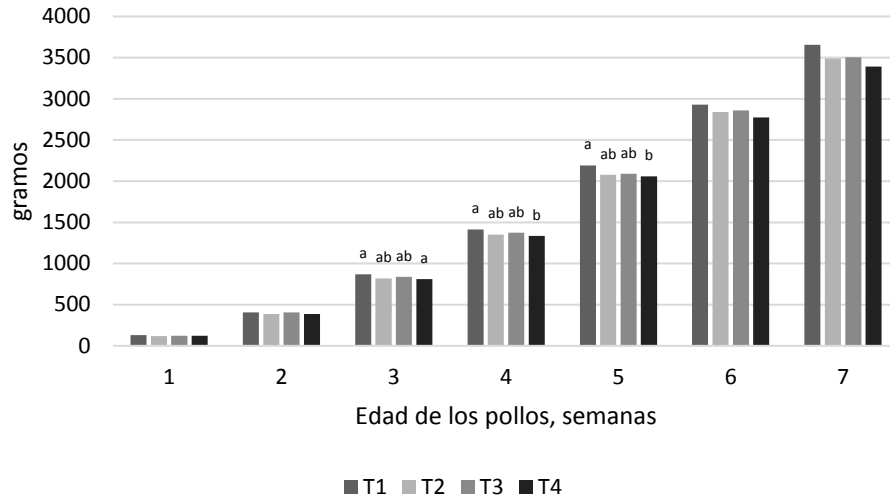


Figura 5. Ganancia de peso de pollos alimentados con harina de semilla de girasol descascarillada.

T1: dieta testigo (sorgo-pasta de soya); T2: dieta con 5 % de harina de semilla de girasol descascarillada más aceite crudo de soya; T3: dieta con 10 % de harina de semilla de girasol descascarillada sin aceite crudo de soya; T4: dieta con 5 % de harina de semilla de girasol descascarillada sin aceite crudo de soya. Dietas de T1, T2 y T3 son iso-energéticas, T4 contenía menor energía en relación al resto. Medias con diferente literal en columna son diferentes ($p < 0.05$).

El CA en la semana 3 fue diferente entre los pollos de los tratamientos T1 y T2, observando un menor CA en los pollos del T2, en tanto que en el resto de las demás semanas el CA fue igual ($p > 0.05$) (Figura 3).

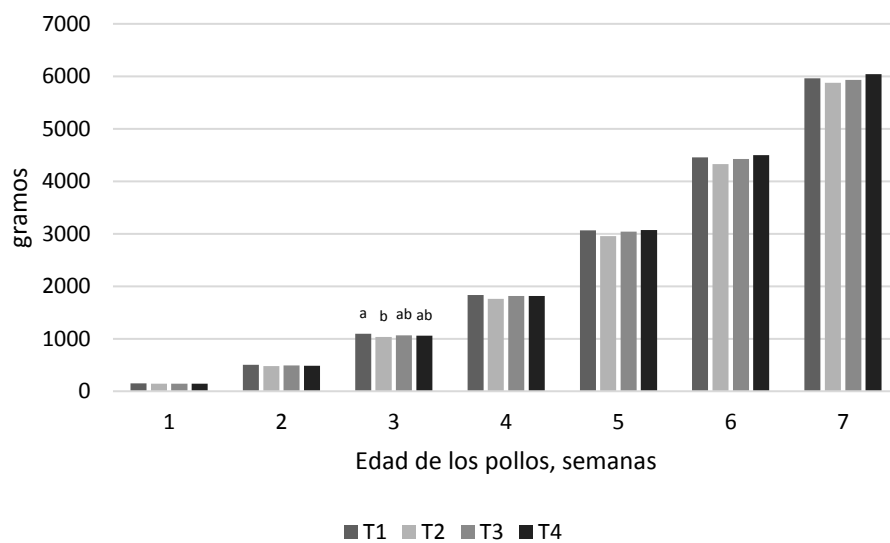


Figura 6. Consumo de alimento de pollos alimentados con harina de semilla de girasol descascarillada.

T1: dieta testigo (sorgo-pasta de soya); T2: dieta con 5 % de harina de semilla de girasol descascarillada más aceite crudo de soya; T3: dieta con 10 % de harina de semilla de girasol descascarillada sin aceite crudo de soya; T4: dieta con 5 % de harina de semilla de girasol descascarillada sin aceite crudo de soya. Dietas de T1, T2 y T3 son iso-energéticas, T4 contenía menor energía en relación al resto. Medias con diferente literal en columna son diferentes ($p < 0.05$).

En la CnA se encontraron diferencias ($p < 0.05$) en las semanas 5, 6 y 7. En las semanas 5 y 6 los pollos de los tratamientos T1 y T2 fueron diferentes de T4 pero iguales al tratamiento T3, en la semana 7 sólo hubo diferencias entre los tratamientos T1 y T4 (Figura 7).

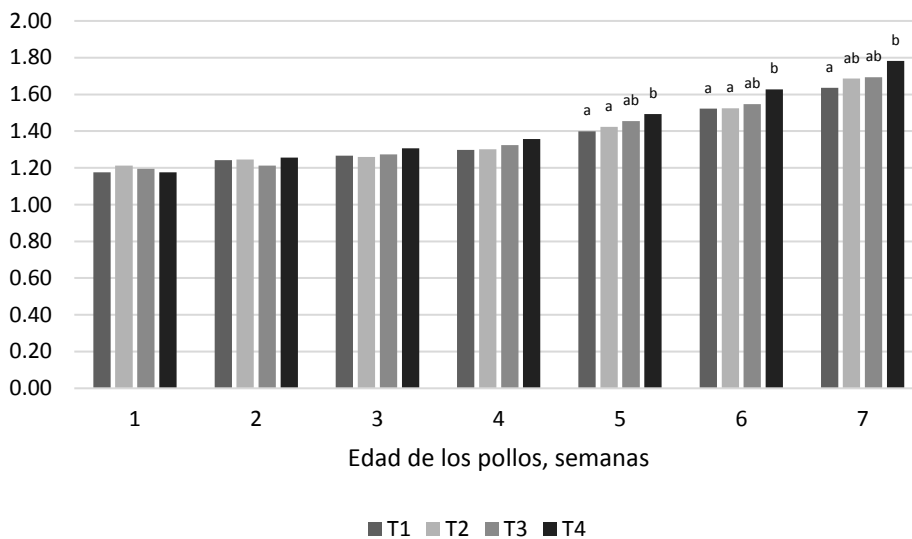


Figura 7. Conversión alimenticia de pollos alimentados con harina de semilla de girasol descascarillada.

T1: dieta testigo (sorgo-pasta de soya); T2: dieta con 5 % de harina de semilla de girasol descascarillada más aceite crudo de soya; T3: dieta con 10 % de harina de semilla de girasol descascarillada sin aceite crudo de soya; T4: dieta con 5 % de harina de semilla de girasol descascarillada sin aceite crudo de soya. Dietas de T1, T2 y T3 son iso-energéticas, T4 contenía menor energía en relación al resto. Medias con diferente literal en columna son diferentes ($p < 0.05$).

El uso de 10 % de HSGAD no afectó el PV, la GP y el CA, pero si la CnA de pollos de engorda. Estos resultados probablemente se debieron a que el nivel de inclusión de HSGD fue adecuado para mantener los niveles de aminoácidos y EM requeridos por las aves. Resultados similares han sido reportados por otros autores, quienes indican que al incluir 10 % de SGE las variables

productivas no fueron afectadas, pero al incrementar a 15 % o 20 % de SGE en la dieta de pollos de engorda el rendimiento de éstos disminuyó (Arija *et al.*, 1998 y Rodríguez, 2005).

El único tratamiento que causó diferencias ($p < 0.05$) en las variables productivas con respecto al testigo fue el T4, resultado que se debe básicamente a la diferencia de EM que contenía cada dieta, siendo menor en T4 por 117 kcal EM kg⁻¹ en la etapa de iniciación y 130 kcal EM kg⁻¹ en la finalización y consecuentemente las variables productivas fueron menos favorables. A este respecto, Alpizar-Salas *et al* (1993) encontraron que al disminuir la EM a menos de 3110 kcal kg⁻¹ de alimento, el PV y GP de los pollos también disminuyó. Es interesante observar que el ACS utilizado en las dietas de este experimento no influyó en los resultados obtenidos, como también lo observaron Balevi y Coskun (2000) al usar aceite de soya y aceite de girasol en las dietas; sin embargo, reportaron que al usar otros aceites como el de pescado o de maíz se observan diferencias, debido particularmente a la composición de ácidos grasos de estos aceites.

Las medias de PV y GP de los pollos en todos los tratamientos, fueron menores a lo esperado en los objetivos de rendimiento que muestra el manual Ross 308 de Aviagen 2017. Esto probablemente se debió a que se utilizó un nivel intermedio dentro del intervalo de nutrimentos y no el máximo que indica este mismo manual y a la presentación del alimento en harina.

3.6.3. Angulación de patas (Varus-valgus), habilidad para caminar y lesiones en almohadillas plantares

Se observó que la puntuación de HC y AP no se afectaron por los tratamientos ($p > 0.05$), HC y AP fueron menos favorables al aumentar la edad (Cuadro 6) (Cuadro 7); no se encontraron pollos con calificación 4 y 5 en HC.

Cuadro 6. Frecuencia de angulación de las patas de los pollos alimentados con harina de semilla de girasol descascarillada

Tratamiento	Angulación valgus/varus			
	0	1	2	3
Semana 5				
T1	38.89	56.94	2.78	1.39
T2	32.89	60.53	6.58	0.00
T3	32.00	58.67	9.33	0.00
T4	37.66	53.25	9.09	0.00
Semana 6				
T1	26.09	66.67	7.25	0.00
T2	30.56	59.72	9.72	4.76
T3	31.51	61.64	5.48	1.37
T4	42.47	47.95	9.59	0.00

T1: dieta testigo (sorgo-pasta de soya); T2: dieta con 5 % de harina de semilla de girasol descascarillada más aceite crudo de soya; T3: dieta con 10 % de harina de semilla de girasol descascarillada sin aceite crudo de soya; T4: dieta con 5 % de harina de semilla de girasol descascarillada sin aceite crudo de soya. Dietas de T1, T2 y T3 son iso-energéticas, T4 contenía menor energía en relación al resto.

Cuadro 7. Frecuencia de puntaje en habilidad para caminar de pollos alimentados con harina de semilla de girasol descascarillada.

Tratamiento	Habilidad para caminar			
	0	1	2	3
Semana 5				
T1	38.10	61.90	0.00	0.00
T2	47.62	42.86	4.76	4.76
T3	42.86	38.10	19.05	0.00
T4	71.43	28.57	0.00	0.00
Semana 6				
T1	9.52	71.43	14.29	4.76
T2	28.57	47.62	14.29	9.52
T3	9.52	71.43	19.05	0.00
T4	9.52	76.19	14.29	0.00

T1: dieta testigo (sorgo-pasta de soya); T2: dieta con 5 % de harina de semilla de girasol descascarillada más aceite crudo de soya; T3: dieta con 10 % de harina de semilla de girasol descascarillada sin aceite crudo de soya; T4: dieta con 5 % de harina de semilla de girasol descascarillada sin aceite crudo de soya. Dietas de T1, T2 y T3 son iso-energéticas, T4 contenía menor energía en relación al resto.

Los pollos del T4 fueron los que presentaron menor frecuencia en calificaciones negativas en AP y HC ya que fueron los de menor peso y está de acuerdo con lo reportado por Alves *et al.* (2016) y Sanotra *et al.* (2001) que reportaron que el síndrome de Varus-valgus y la puntuación de HC es afectada por el peso, de igual forma Shim *et al.* (2012) asocian de forma negativa el aumento de peso con el síndrome de patas torcidas.

En este estudio no se encontraron lesiones en almohadillas plantares (LAP) en ningún pollo de los cuatro tratamientos ya que la densidad población utilizada fue menor a 10 pollos por m² (6.7

pollos por m²). Las LAP no están relacionadas con el peso o la edad de los pollos, sino, con la humedad de la cama (Kjaer *et al.*, 2006), al aumentar la densidad poblacional aumenta la humedad de la cama y con ello la frecuencia de LAP y se ve disminuida la HC (Thomas *et al.* 2004).

3.6.4. Pigmentación de la piel y rendimiento en canal

No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) para ninguna de las variables de PP (Cuadro 6) (L, *a* y *b*) a pesar de la diferencia en contenido de aceite en la dieta, particularmente en el T4 que fue menor. Esto es importante dado que los aceites contribuyen a la absorción de los pigmentos (Eiichi y Akihiko 2011) para su deposición en la grasa y piel del pollo (Pérez-Vendrell *et al.* 2001). A este respecto Muñoz *et al.*, (2012) reportaron que al disminuir la cantidad de aceite equivalente a 100 kcal EM kg⁻¹ de alimento, el color amarillo (*b*) disminuyó en 0.13 unidades.

Cuadro 8. Pigmentación de la piel de la pechuga y rendimiento de la canal de pollos alimentados con harina de semilla de girasol descascarillada.

Tratamiento	Medias pigmentación			Rendimiento de la canal
	L	<i>a</i>	<i>b</i>	
T1	60.31	-4.70	23.77	74.46 a
T2	60.81	-4.93	22.87	72.41 ab
T3	59.87	-3.93	22.98	73.69 ab
T4	60.93	-4.62	22.21	71.79 b
EE	1.41	0.54	0.57	0.64
Valor de p	0.9475	0.5992	0.2985	0.0214

T1: dieta testigo (sorgo-pasta de soya); T2: dieta con 5 % de harina de semilla de girasol descascarillada más aceite crudo de soya; T3: dieta con 10 % de harina de semilla de girasol descascarillada sin aceite crudo de soya; T4: dieta con 5 % de harina de semilla de girasol descascarillada sin aceite crudo de soya. Dietas de T1, T2 y T3 son iso-energéticas, T4 contenía menor energía en relación al resto. EE: Error estándar, valor $p = 0.05$. L: luz-obscuridad, A: verde-rojo, B: azul-amarillo.

El RC (Cuadro 6) sólo fue diferente entre los pollos de los tratamientos T1 y T4 ($p < 0.05$), con mayores valores en aquellos del T1. El menor RC de los pollos del T4 se debió al menor contenido de energía en la dieta de este tratamiento, Rosa *et al.* (2007) reportaron que al disminuir la EM de las dietas, el RC de los pollos también disminuyó.

3.7. Conclusiones

La semilla de girasol con aceite descascarillada es una buena opción para sustituir parcialmente la pasta de soya y sin usar aceite crudo de soya, en la elaboración de alimento para pollos de engorda sin afectar las variables productivas así como las de bienestar animal.

LITERATURA CITADA

- Alpizar-Salas, E., C. López-Coello, G. Peñalva-Gareía, C. Vásquez-Peláez, y E. Ávila-González. 1993. Respuesta de los parámetros productivos de pollos de engorda a diferentes niveles de energía metabolizable. *Veto Méx.*, 24: 211-215.
- Alves, M., P. Almeida, I. Nääs, R. Garcia, F. Caldara, G. Baldo, G. Nascimento, M. Amadori, G. Felix, E. Garcia, and A. Molino. 2016. Equilibrium Condition during Locomotion and Gait in Broiler Chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science*. ISSN 1516-635X Jul - Sept / v.18 / n.3 / 419-426.
- Arija, I., A. Brenes, A. Viveros, and R. Elices. 1998. Effects of inclusion of full-fat sunflower kernels and hulls in diets for growing broiler chickens. *Animal Feed Science Technology* 70 137-149.
- Attia, Y., M. Al-Harhi, and A. A. El-Deek. 2003 Nutritive value of dehulled sunflower meal as affected by multienzyme supplementation to broiler diets. *Arch. Geflügelk.* 67 (3), 97 – 106, ISSN 0003-9098. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart.
- Aviagen. 2017. América Latina Pollo de Engorde. Ross 308 AP. Especificaciones de Nutrición. 4-8.
- Aviagen. 2017. América Latina Pollo de Engorde. Ross 308 AP. Objetivos de Rendimiento. 3-5.
- Balevi, T., and B. Coskun, 2000 Effects of some oils used in broiler rations on performance and fatty acid compositions in abdominal fat. *Revue Méd. Vét.* 151, 10, 937-944.
- Campabadal, C. 2015. Uso de la Pasta de Soya en la Alimentación Animal. Consejo de exportación de soya de los Estados Unidos. MBEeditores. 1-3.
- Eiichi K., and A. Nagao. 2011. Absorption and Metabolism of Xanthophylls. *Mar. Drugs*. 9, 1024-1037; doi:10.3390/md9061024.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). Livestock Primary. México. Production Quantity. Meat, Chicken. 2000-2016. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QL>. (Consultado en diciembre de 2017).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). Livestock Primary. World. Production Quantity. Meat, Chicken. 2000-2016. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QL> (Consultado en diciembre de 2017).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). Crops. México. Production Quantity. Meat, Sunflower seed. 2000-2016. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QL>. (Consultado en diciembre de 2017).
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). Semilla girasol alta en oleico. http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/semilla-girasol-alta-en-oleico (Consultado en diciembre de 2017).
- Jiménez, E., J. González, D. González, R. Lázaro, and G. Mateos. 2010. Effects of type and particle size of dietary fiber on growth performance and digestive traits of broilers from 1 to 21 days of age. *Poultry Science* 89 :2197–2212.
- Kjaer, J., G. Su, B. Nielsen, and P. Sørensen. 2006. Foot Pad Dermatitis and Hock Burn in Broiler Chickens and Degree of Inheritance. *Poultry Science* 85:1342–1348.
- Krás, R. Kessler, A. Ribeiro, A. Henn, J. Bockor, L. and Sbrissia A. 2013. Effect of Dietary Fiber, Genetic Strain and Age on the Digestive Metabolism of Broiler Chickens. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* vol.15 no.2 Campinas Apr./June.
- Lee, I. 2014. Poultry Nutrition and Feeding. *Animal Nutrition Handbook*. 410-425.
- Letierrier, C. and Nys, Y. 1992. Clinical and anatomical differences in varus and valgus deformities of chick limbs suggest different aetio- pathogenesis. *Avian Pathol.* 21: 429-442.

- Muñoz-Díaz, J. I., B. Fuente-Martínez, X. Hernández-Velazco, y E. Ávila-González, E. 2012. pigmentation in broiler chickens fed various levels of metabolizable energy and xanthophylls from *Tagetes erecta*. *J. Appl. Poult. Res.* 21:788–796.
- Nalle C. L., G. Ravindran, and V. Ravindran. 2012. Nutritional value of white lupins (*Lupinus albus*) for broilers: apparent metabolisable energy, apparent ileal amino acid digestibility and production performance. *Animal.* 6:579-585.
- Narro, C., M. Tiongco, and A. Costales. 2007. Global poultry sector trends and external drivers of structural change. *Poultry in the 21st Century.* 1-28.
- Perez-Vendrell, J., M. Hernández, L. Llauro, J. Schierle, and J. Brufau. 2001 Influence of source and ratio of xanthophylls pigments on broiler chicken pigmentation and performance. *Poult. Sci.* 80:320–326.
- Rajput, N., M. Naeem, S. Ali, J. Zhang, L. Zhang, and T. Wang. 2013. The effect of dietary supplementation with the natural carotenoids curcumin and lutein on broiler pigmentation and immunity. *Poultry Science* 92 :1177–1185.
- Rodriguez, M. L., L. Ortiz, T., C. Alzueta, A. Rebolé, and J. Treviño. 2005. Nutritive Value of High-Oleic Acid Sunflower Seed for Broiler Chickens. *Poultry Science* 84:395–402.
- Rosa, P., F. Faria-Filho, F. Dahlke, B. Vieira, M. Macari, and R. Furlan. 2007. Effect of Energy Intake on Performance and Carcass Composition of Broiler Chickens from Two Different Genetic Groups. *Brazilian Journal of Poultry Science.* ISSN 1516-635X / v.9 / n.2 / 117 – 122. Apr – Jun.
- Sadeghi, A., M. Toghyani, and A. Gheisari. 2015. Effect of various fiber types and choice feeding of fiber on performance, gut development, humoral immunity, and fiber preference in broiler chicks. *Poultry Science* 94:2734–2743.

- Sanotra, G., J. Lund, A. Ersbøll, J. Petersen, and K. Vestergaard. 2001. Monitoring leg problems in broilers: a survey of commercial broiler production in Denmark. *World's Poultry Science Journal* 57(1):55-69.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. SAGARPA. 2017. Oleaginosas mexicanas. Canola, cártamo, girasol, soya. *Planeación agrícola nacional 2017-2030*.
- Senkoylu, N., and N. Dale. 2006. Nutritional Evaluation of a High-Oil Sunflower Meal in Broiler Starter Diets. Poultry Science Association, Inc. *J. Appl. Poult. Res.* 15:40–47
- Sarikhan, M., H. Shahryar, B. Gholizadeh, M. Hosseinzadeh, B. Beheshti, and A. Mahmoodnejad. 2010. Effects of Insoluble Fiber on Growth Performance, Carcass Traits and Ileum Morphological Parameters on Broiler Chick Males. *Int. J. Agric. Biol.*, Vol. 12, No. 4.
- Shim, M., A. Karnuah, B. Anthony, G. Pesti, and S. Aggrey. 2012. The effects of broiler chicken growth rate on valgus, varus, and tibial dyschondroplasia. *Poultry Science* 91 :62–65 doi: 10.3382/ps.2011-01599.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. SIAP. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. [http://infosiap.siap.gob.mx/agricola_siap_gb/icultivo /index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/agricola_siap_gb/icultivo/index.jsp). (Consultado en diciembre de 2017).
- Su, G., P. Sorensen, and S. C. Kestin. 1999. Meal feeding is more effective than early feed restriction at reducing the prevalence of leg weakness in broiler chickens. *Poult. Sci.* 78: 949-955.
- Thomas, D. G., V. Ravindran, D. V. Thomas, B. J. Camden, Y. H. Cottam, P. C. Morel, H., and C. J. Cook. 2004. Influence of stocking density on the performance, carcass characteristics and selected welfare indicators of broiler chickens. *New Zealand Veterinary Journal* 52(2), 76-81.

Van-Soest, P. J., J. B. Robertson, B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy. Sci.* 74:3883-3597.