



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

**PROGRAMA DE POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y
PRODUCTIVIDAD**

GANADERÍA

SEMILLA DE GIRASOL INTEGRAL DESCASCARILLADA EN DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDA

URIEL MARTÍNEZ MARTÍNEZ

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

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2018

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Uriel Martínez Martínez, 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 Arturo Pro Martínez, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis semilla de girasol integral descascarillada en dietas para pollos de engorda y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre el 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.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 3 de Octubre de 2018



Firma del Alumno



Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

ARTURO PRO MARTÍNEZ

La presente tesis titulada: **Semilla de girasol integral descascarillada en dietas para pollos de engorda** realizada por el alumno: **Uriel Martínez Martínez**, 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

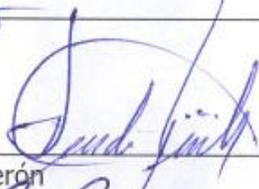
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



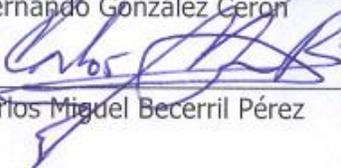
Dr. Arturo Pro Martínez

ASESOR



Dr. Fernando González Cerón

ASESOR



Dr. Carlos Miguel Becerril Pérez

Montecillo, Texcoco, Estado de México, octubre de 2018

SEMILLA DE GIRASOL INTEGRAL DESCASCARILLADA EN DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDA

Uriel Martínez Martínez, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2018

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el valor nutritivo de la semilla de girasol integral descascarillada (SGID) para pollos de engorda en finalización se realizaron tres experimentos. En el experimento 1 se estimó la energía metabolizable aparente (EMA), la composición química y el contenido de aminoácidos esenciales de la SGID. Con los valores determinados en el experimento 1 se emplearon para calcular la composición de las dietas de los experimentos 2 y 3. En el experimento 2 se determinó la digestibilidad ileal aparente (DIA) de una dieta con 10% de SGID y en el Experimento 3 se evaluó el comportamiento productivo, la pigmentación de la pechuga y el tamaño de órganos del sistema digestivo. La SGID está compuesta principalmente de aceite y proteína (50.79% de extracto etéreo y 28.21% de proteína cruda), tiene un alto contenido de EMA (21.02 MJ kg⁻¹) y arginina (9.3 g 16 g de N⁻¹). La dieta con 10 % de SGID tuvieron una DIA similar (P > 0.05) a la de la dieta testigo a base de sorgo-pasta de soya. La sustitución parcial de pasta de soya por SGID no afectó (P > 0.05) el comportamiento productivo acumulado, ni el tamaño de órganos del sistema digestivo, excepto el peso relativo del hígado (P < 0.05); sin embargo, disminuyó la pigmentación de la pechuga se (P < 0.05). La SGID puede utilizarse como una alternativa para sustituir parcialmente a la pasta de soya en dietas de pollos de engorda en finalización.

Palabras clave: Energía metabolizable; digestibilidad de las dietas; pigmentación de la pechuga.

FULL-FAT DEHULLED SUNFLOWER SEEDS IN DIETS FOR BROILER CHICKENS

Uriel Martínez Martínez, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2018

ABSTRACT

In order to evaluate the nutritive value of full-fat dehulled sunflower seeds (DHSS) for broiler chickens, three experiments were carried out. In experiment 1, the apparent metabolizable energy (AME), the chemical composition and the essential amino acid content of DHSS were estimated. The values determined in experiment 1 were used to calculate the composition of the diets for experiments 2 and 3. In experiment 2, the apparent ileal digestibility (AID) of a diet with 10% DHSS was determined, and in experiment 3 the productive variables, breast pigmentation and digestive system organ sizes were evaluated. The DHSS was composed mainly of oil and protein (50.79% of ether extract and 28.21% of crude protein), and had a high AME (21.02 MJ kg⁻¹) and arginine content (9.3 g 16 g of N⁻¹). A diet with 10% DHSS had a similar AID ($P > 0.05$) to that of the control diet based on sorghum-soybean meal. The partial substitution of soybean meal by DHSS did not affect ($P > 0.05$) the cumulative productive variables, nor the organ sizes in the digestive system, except the relative weight of the liver ($P < 0.05$), although breast pigmentation was reduced ($P < 0.05$). The DHSS can be used as an alternative to partially replace soybean meal in broiler diets during fattening.

Key words: Metabolizable energy; diet digestibility; breast pigmentation.

DEDICATORIA

A mis padres: Teobaldo Martínez Martínez y Josefina Martínez López (q.e.p.d). Por haberme dado la vida, por sus valiosos esfuerzos, confianza y apoyo incondicional. Gracias por guiarme por un buen camino, les agradezco todas sus enseñanzas que me han dado a lo largo de la vida para poder ser un buen ciudadano. Para ti mamá donde sea que te encuentres. A ustedes les dedico este trabajo con mucho cariño.

A mis hermanos:

Por las alegrías y tristezas compartidas, por creer en mí, pero sobre todo por apoyarme de forma incondicional en los malos y buenos, porque además de ser mis hermanos son mis amigos.

A mis sobrinos:

Les dedico este trabajo y espero que los motive a seguir adelante y aprovechar todo lo que nuestros padres y la vida nos brindan.

A mi cuñada Cleyra Gutiérrez Toledo.

A Ana Karen Sánchez Primero por tu amistad, cariño y apoyo.

A todos mis amigos por su apoyo brindado.

A todos, **GRACIAS.**

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme vida y salud, por situarme siempre en los lugares correctos y con las personas adecuadas.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de Maestría en Ciencias.

Al **Colegio de Postgraduados Campus Montecillo** por aceptarme y brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría en Ciencias.

Al **Dr. Arturo Pro Martínez** por sus valiosos consejos, acertada dirección, su apoyo en mi formación profesional y personal.

Al **Dr. Fernando Gonzáles Cerón** por el apoyo brindado, paciencia y tiempo dedicado en la realización de este trabajo.

Al **Dr. Carlos Miguel Becerril Pérez** por su colaboración, disponibilidad y paciencia en la revisión de este trabajo.

Al **Dr. Eliseo Sosa Montes** por su contribución y asesoría en la realización de la presente investigación.

A **mis compañeros**: Fredy Mera, Marco Antonio, Beatriz Godínez, Ismael Reyes, Diego Zarate, Francisco Lazo, Gerardo Luna, Anabel Maldonado, Guadalupe Zambrano, Gabriel Juárez, Israel Martínez, Pablo Marcos, Diego Vázquez.

A la familia Sánchez Primero.

A todas aquellas personas que contribuyeron en la realización de este trabajo.

CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
1.- INTRODUCCIÓN GENERAL	1
2-.REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
1.- Historia del girasol.....	2
1.2.- Generalidades del girasol.....	2
1.3.- Producción mundial de girasol	3
1.4.- Producción nacional.....	4
1.5.- Principales usos de la semilla de girasol.....	6
1.5.1.- Semilla entera.....	7
1.5.2.- Aceite de la semilla de girasol	7
1.5.3.- Producción de biodiesel	11
1.5.4.- Uso medicinal.....	11
1.5.5.- El girasol en la alimentación para pollos de engorda.....	12
1.6.- Procesamiento del girasol	13
1.6.1.- Limpieza de las semillas	13
1.6.2.- Descascarillado y reducción de tamaño	13
1.6.3.- Laminado.....	14
1.6.4.- Cocción y/o acondicionamiento de laminillas	14
1.6.5.- Extracción de aceite por prensado en frío	14
1.6.6.- Extracción del aceite por solvente.....	15
1.6.7.- Refinación de los aceites crudos	16
1.7.- Factores antinutricionales de la semilla de girasol	17
1.8.- Literatura citada	18
2.- OBJETIVOS	26
Objetivo general	26

Objetivos específicos.....	26
3.- HIPÓTESIS	26
4.-MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
4.1.- Experimento 1.Composición química y energía metabolizable aparente de la SGID....	27
4.1.1.- Análisis químico.....	27
4.1.2.- Determinación de la energía metabolizable aparente.....	27
4.1.3.- Cálculos.....	29
4.2.- Experimento 2. Estimación de la digestibilidad ileal aparente de las dietas	29
4.3.- Experimento 3. Comportamiento productivo, pigmentación de la pechuga y tamaño de los órganos digestivos de pollos de engorda alimentados con SGID.....	32
4.3.1.- Variables de comportamiento productivo	33
4.3.2.- Pigmentación de la pechuga.....	33
4.3.3.- Variables de los órganos digestivos	33
4.3.4.- Análisis estadístico.....	34
5.-RESULTADOS	34
5.1.- Experimento 1. Composición química y energía metabolizable aparente de la SGID...	34
5.2.- Experimento 2. Estimación de la digestibilidad ileal aparente de las dietas	35
5.3.- Experimento 3. Comportamiento productivo, pigmentación de la pechuga y tamaño de los órganos digestivos de pollos de engorda alimentados con SGID.....	35
5.3.1.-- Variables del comportamiento productivo acumulado	35
5.3.2.- Pigmentación de la pechuga.....	36
5.3.3.- Variables de los órganos digestivos	36
6.- DISCUSIÓN	38
7.-CONCLUSIÓN	41
8.-REFERENCIAS	42

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del girasol.	3
Cuadro 2. Producción mundial de semilla de girasol durante el periodo comprendido del año 2012 al 2016 (miles de toneladas).	4
Cuadro 3. Resumen de la superficie sembrada, rendimiento y precio de la producción de semilla de girasol por Estado en el año 2017.	6
Cuadro 4. Propiedades físico-químicas del aceite refinado de la semilla de girasol.	9
Cuadro 5. Composición de ácidos grasos del aceite de semilla de girasol.	10
Cuadro 6. Composición de la dieta basal utilizada para la determinación de energía metabolizable aparente.	28
Cuadro 7. Composición de las dietas de finalización para los pollos de engorda sin y con semilla de girasol integral (SGID) descascarillada.	31
Cuadro 8. Composición química y contenido de aminoácidos de la semilla de girasol integral descascarillada (SGID) utilizada en las dietas experimentales.	34
Cuadro 9. Digestibilidad ileal aparente (%) de la materia seca, proteína cruda y extracto etéreo de pollos alimentados con y sin semilla de girasol integral descascarillada (SGID).	35
Cuadro 10. Comportamiento productivo acumulado de pollos de engorda del día 33 a 54 días de edad.	36
Cuadro 11. Pigmentación de la pechuga de los pollos alimentados sin y con semilla de girasol integral descascarillada (SGID).	36
Cuadro 12. Peso relativo de las diferentes secciones del sistema digestivo y órganos accesorios de pollos de engorda al día 55 de edad, alimentados sin y con semilla de girasol integral descascarillada (SGID).	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Producción de semilla de girasol en México para el año 2017. Fuente: SIAP, 2018.....	5
Figura 2. Extracción por prensado en frío.	15
Figura 3. Esquema simplificado de la industrialización de las semillas de girasol (modificado de Guiotto, 2014).....	17

1.- INTRODUCCIÓN GENERAL

El aumento en el precio de los ingredientes convencionales de las dietas para pollos de engorda, hace necesario el estudio de ingredientes nutritivos alternativos y de menor costo (Alagawany *et al.*, 2015). El uso de semillas de oleaginosas en la avicultura ha aumentado, debido a sus altos contenidos de proteína y aceite (Tsuzuki *et al.*, 2003). El girasol (*Helianthus annuus* L.) es uno de los cultivos más cosechados en el mundo (Flagella *et al.*, 2002); la semilla y la pasta de girasol son importantes fuentes de aceite, proteína y fibra, para los seres humanos y animales (Morales-Rosales *et al.*, 2006; Laudadio *et al.*, 2014). Sin embargo, hay poca información acerca del uso de la semilla de girasol integral descascarillada (SGID) en dietas de pollos de engorda, ya que, la mayor parte de la información se refiere a la pasta de girasol (PG), la cual se utiliza en dietas de pollos de engorda hasta en 25 % sin disminuir el comportamiento productivo de las aves (Alagawany *et al.*, 2015). Las bajas concentraciones de inclusión de la PG se debe al bajo porcentaje de lisina, así como a su alto contenido de fibra, lignificada e indigestible, que reduce la palatabilidad y disminuye la densidad energética de la dieta (Arija *et al.*, 1999). Por consiguiente, la reducción del contenido de fibra de la SGID podría mejorar su valor energético y aumentar los porcentajes de inclusión en la dieta; resultados favorables en cereales u oleaginosas han sido obtenidos cuando estos se muelen y se tamizan (Wu y Nichols, 2005, Challa *et al.*, 2010). El objetivo del presente estudio fue evaluar la energía metabolizable de la SGID, la digestibilidad de las dietas y la sustitución parcial de la pasta de soya por SGID en el comportamiento productivo, la pigmentación de la pechuga y el desarrollo del sistema digestivo de pollos de engorda en finalización.

2-.REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1.- Historia del girasol

El girasol (*Helianthus annuus*) es originario de América del Norte, fue de los cultivos más comunes entre las tribus indias americanas y la evidencia sugiere que se cultivó en el área de Arizona y Nuevo México alrededor de 3000 años antes de Cristo (Alba y Llanos, 1990; Senkoylu y Dale, 1999). En México, los primeros documentos que registran el uso de girasol domesticado (*Helianthus*) fueron escritos por Fray Bernardino de Sahagún y Francisco Hernández que datan del año 1558; el girasol era usado en ceremonias de bienvenida como los banquetes que se hacían para recibir a los comerciantes y en ofrendas a las deidades Aztecas tales como Huitzilopochtli (Bye *et al.*, 2009).

2.2.- Generalidades del girasol

El girasol es uno de las principales semillas oleaginosas cultivadas a nivel mundial (Gómez *et al.*, 2001), pertenece al género *Helianthus*, el cual se encuentra constituido por 51 especies (Kaya *et al.*, 2012); la más importante, es la especie *Helianthus annuus* L.

El girasol es una planta anual que puede medir tres metros de alto. Sus tallos son generalmente erectos e hispídos. La mayoría de sus hojas son lanceoladas u ovaladas, alternas, con peciolo de 2-20 cm y bordes aserrados. Su cara inferior es usualmente más o menos hispída, a veces glandulosa y la parte superior glabra. Su involucro es hemisférico o anchado y mide de 15-40 mm hasta más de 20 cm. Las brácteas son involúcras llamadas filarios. Tiene receptáculo con escamas centimétricas tridentadas, con el diente mediano más grande y la punta hirsuta. Las lígulas son de color amarillo a anaranjado o rojas, miden 2.5-5 cm; los flósculos son del mismo color que los estambres. Sus frutos son aquenios ovalados, de 3-15 mm de largo, glabros y

estriados por finísimos surcos verticales, de color oscuro o casi negras, aunque pueden ser también blanquecinas, rojizas, de color miel o moteados (Bashir *et al.*, 2015).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del girasol.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Género	<i>Helianthus</i>
Especie	<i>Helianthus annuus L.</i>

Fuente: Bashir *et al.*, 2015.

2.3.- Producción mundial de girasol

Los principales países productores de girasol en orden de importancia son: Ucrania, Rusia, Argentina, China, Francia, Rumania, EU e India. En conjunto, estos países suman el 72% del total de la producción mundial de girasol, pero destaca Ucrania, que aporta el 23% de la producción de esta oleaginosa a nivel mundial. En los últimos años, se registró una disminución de la producción mundial con una tasa de crecimiento negativa del 8.8%, debido a la sequía presentada en gran parte del mundo (FAOSTAT, 2018).

Cuadro 2. Producción mundial de semilla de girasol durante el periodo comprendido del año 2012 al 2016 (miles de toneladas).

País / Año	2012	2013	2014	2015	2016
Ucrania	8387.1	11050.4	10133.7	11181.1	13626.8
Rusia	7494.6	9842.3	8475.3	9280.2	11010.1
Argentina	3340.5	3104.4	2063.4	3158.2	3000.3
China	2322.6	2423.2	2492.0	2698.1	2587.4
Francia	1572.9	1577.6	1584.1	1186.9	1189.8
Rumania	1398.2	2142.0	2189.3	1785.7	2032.3
Estados Unidos	1241.0	917.0	1006.5	1326.1	1204.1
India	544.0	504.0	434.0	296.0	332.0
México	1.3	4.5	16.5	14.3	8.9
Resto del Mundo	7.1	8.0	7.7	8.8	7.6

Fuente: FAOSTAT, 2018.

2.4.- Producción nacional

La producción de semilla de girasol mexicano no figura en el comercio mundial de oleaginosas debido a que la superficie que se destina para su cultivo es poco comparado con otros países como Argentina, sin embargo, la mayor siembra de girasol en México se reporta en los Estados del centro y norte del país. En el año 2017 se registró una producción total de girasol de 8862.01 toneladas, siendo el mayor productor el Estado de Jalisco, seguido de San Luis Potosí, Tamaulipas y Guanajuato (Figura 1). Además, en este año se logró el mayor rendimiento promedio por hectárea el cual fue de 1.25 toneladas, mientras que en países como Ucrania, Rusia, Argentina y Estados Unidos el rendimiento promedio por hectárea es de 3.3, 2.9, 2.7 y 2.2 respectivamente.

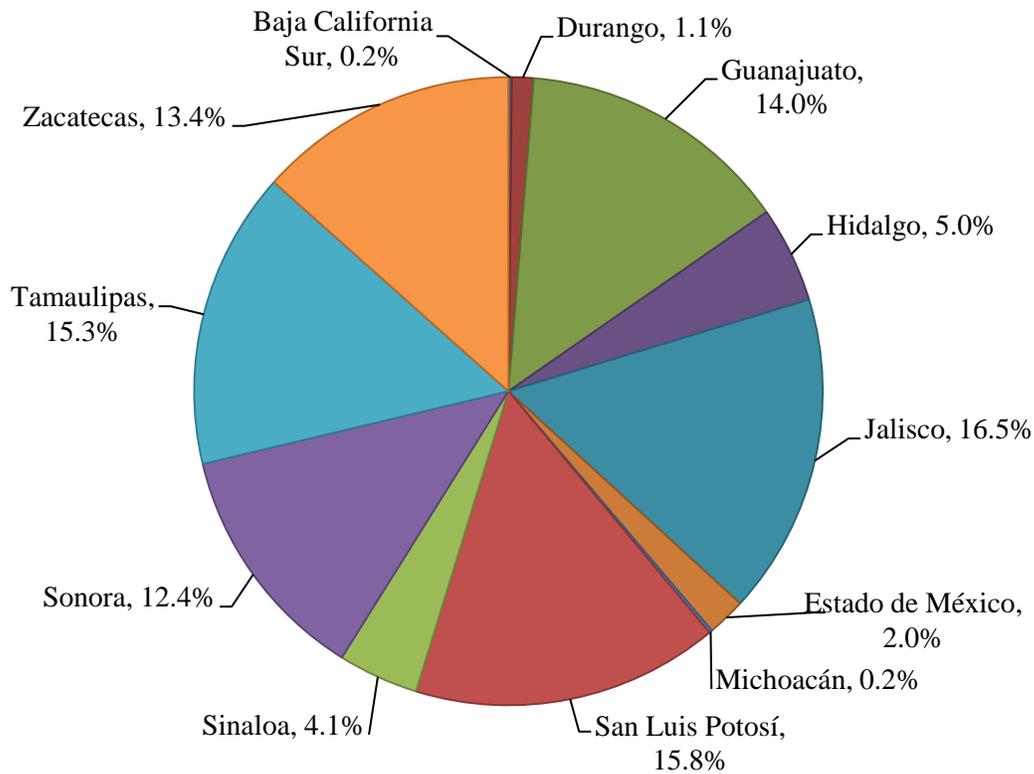


Figura 1. Producción de semilla de girasol en México para el año 2017. Fuente: SIAP, 2018.

Por otro lado, la superficie sembrada de semilla de girasol en México en el año 2017 fue de 7216.7 ha, el mayor rendimiento fue obtenido en el Estado de Sonora con 2.29 tn/ha y el precio de la tonelada promedio para ese mismo año fue de \$6,043.27, como se puede observar en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Resumen de la superficie sembrada, rendimiento y precio de la producción de semilla de girasol por Estado en el año 2017.

Entidad federativa	Superficie (ha)		Rendimiento tn/ha	Precio (\$)/tn
	Sembrada	Cosechada		
Baja California Sur	17.0	17.0	0.91	6200.0
Durango	230.0	230.0	0.43	7012.5
Guanajuato	587.5	587.5	2.12	7192.9
Hidalgo	315.0	315.0	1.39	6817.1
Jalisco	916.0	916.0	1.60	4189.6
Estado de México	145.0	145.0	1.22	5887.7
Michoacán	7.0	7.0	2.00	7050.0
San Luis Potosí	800	800.0	1.75	2799.7
Sinaloa	183.3	183.3	2.00	8000.0
Sonora	478.8	478.8	2.29	6674.0
Tamaulipas	1473.0	1473.0	0.92	5715.0
Zacatecas	2064.0	1930.0	0.62	5548.3

Fuente: SIAP, 2018.

El principal destino de la semilla de girasol se destina a la industria aceitera (76.78%), el resto de la producción nacional de girasol se exporta (22.17%) (SIAP, 2018).

2.5.- Principales usos de la semilla de girasol

El girasol se cultiva principalmente para la producción de aceite, el cual es usado en la industria para la elaboración de alimentos, además, este aceite es usado para la producción de biodiesel (Schneiter, 1992). La harina que queda como residuo de la extracción del aceite, puede servir como alimento para el ganado (Ortegón *et al.*, 1993). La semilla de girasol por sus características químicas se le ha encontrado un uso medicinal y terapéutico (Nandha *et al.*, 2007).

2.5.1.- Semilla entera

La semilla entera de girasol según la variedad es usada en la alimentación de mascotas (aves) o en la alimentación humana (Robertson y Burns, 1975). Las variedades como: Arrowhead, Sundak y Mingren, por su bajo contenido de aceite y tamaño pequeño se usan exclusivamente para alimentar a las aves, mientras que las variedades de semilla grande se usan para la extracción de aceite o en alimentación humana (Gallegos y Velasco, 1970).

2.5.2.- Aceite de la semilla de girasol

El aceite de girasol es uno de los aceites más deseables en el mundo, y en algunos países, es preferible a otros aceites vegetales como la soya, la semilla de algodón y los aceites de colza (Martínez-Force, *et al.*, 2015). La semilla de girasol produce un aceite rico en ácido linoleico, oleico y vitamina E que es muy apreciado por los consumidores de todo el mundo (Simpson *et al.*, 1989; Nehdi, *et al.*, 2013). Por lo tanto, es uno de los aceites más utilizados para el consumo humano. En la industria, el aceite de girasol comúnmente se ha utilizado para freír, mostrando un rendimiento similar al de otras semillas oleaginosas como la soya o la canola, y para la producción de emulsiones, salsas o en formulaciones para la fabricación de margarina (Martínez-Force *et al.*, 2015).

El aceite de girasol es considerado como un aceite de primera calidad, y ha tenido una amplia aceptación debido a su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, sabor suave, buena estabilidad de almacenamiento y baja viscosidad (Semwal *et al.*, 1996), además, contiene un alto nivel de ácido oleico el cual se prefiere para uso nutricional, mientras que el aceite con alto contenido de ácido linoleico es preferido por la industria para la fabricación de pinturas o combustibles (Awatif y Shaker, 2014).

La composición de ácidos grasos del aceite de girasol cambia dependiendo de los genotipos y algunos otros factores tales como las condiciones ambientales, la siembra y el tiempo de cosecha (Gupta *et al.*, 1994; Baydar y Erbas, 2005; Roche *et al.*, 2006). La calidad y la estabilidad son factores importantes en la producción, aceptación y comercialización de productos de aceite de vegetal, asimismo, estos factores dependen principalmente de la calidad de la semilla, tratamiento de las semillas antes de la extracción del aceite, el método de extracción y las condiciones de procesamiento (Pal, *et al.*, 2015).

La calidad del aceite de la semilla de girasol está determinada por la composición de ácidos grasos y los niveles de tocoferoles, esteroides, carotenoides y otros compuestos (Schulte *et al.*, 2013). El aceite de girasol estándar está compuesto predominantemente por ácido linoleico y ácido oleico, los cuales representan aproximadamente el 90% del contenido total de ácidos grasos del aceite de girasol, el 8-10% restante está compuesto por ácidos palmítico y esteárico (Awatif y Shaker, 2014). El aceite de girasol contiene otros ácidos grasos, pero estos se encuentran generalmente en cantidades trazas (C-14: 0, C-16: 1, C-14: 1, C-20: 0, C-22: 0) (Friedt *et al.*, 1994).

El aceite de girasol también es una rica fuente de fitoesteroides (3.900 mg kg^{-1}), compuesto principalmente por β -sitosterol (60%) y, en menor medida de campesterol (8%), estigmasterol (8%), Δ -5-avenasterol (4 %), Δ -7-estigmastenol (15%), Δ -7-avenasterol (4%) y también cantidades menores de otros fitoesteroides como Δ -campesterol, clerosterol y Δ -5,24-estigmastadienol (Padley *et al.*, 1994; Fernández-Martínez *et al.*, 2004).

Cuadro 4. Propiedades físico-químicas del aceite refinado de la semilla de girasol.

Características	Aceite de girasol
Semilla	
Producción de aceite (% de MS)	48.51±0.96
Contenido de humedad	3.75±0.09
Cenizas (% de MS)	3.89±0.11
Aceite	
PH	2.80±0.08
Ácidos grasos libres (% de ac. oleico)	1.40±0.08
Índice de peróxido (meq de O ₂ /kg)	6.07±0.05
Índice de saponificación (mg de KOH/g)	197.45±0.68
Número de yodo (g/100g de aceite)	118.56±0.98
Viscosidad cinemática (43°C)(mm ² /s)	25.41±0.13
Densidad	0.916±0.04
Índice de refracción (27°C)	1.477±0.002
Estado a temperatura ambiente	Líquido
Color	Amarillo claro
Peso molecular (g/mol)	881.17±1.63

Fuente: Nehdi *et al.*, 2013.

Cuadro 5. Composición de ácidos grasos del aceite de semilla de girasol.

Ácidos grasos		Ácidos grasos	
Saturados		Poliinsaturados	
C 8:0	0.03±0.01	C 16:2	0.03±0.01
C 10:0	0.03±0.01	C 18:2	45.49±0.73
C 11:0	0.06±0.03	C 18:3	1.54±0.09
C 12:0	0.03±0.01	C 20:2	0.03±0.01
C 14:0	0.07±0.02	C 20:3	0.07±0.02
C 15:0	0.03±0.01	SAFA	12.9
C 16:0	6.32±0.11	MUFA	39.95
C 17:0	0.05±0.01	PUFA	47.15
C 18:0	4.66±0.13	U/S	6.75
C 20:0	0.78±0.07	P/S	3.65
C 22:0	0.88±0.06		
Monosaturados		Tocoferol (mg/100g)	
C 16:1	0.09±0.02	α-Tocoferol	92.88±0.76
C 17:1	0.03±0.01	β-Tocoferol	0.27±0.04
C 18:1	37.73±0.53	γ-Tocoferol	1.87±0.07
C 18:1	0.55±0.23	δ-Tocoferol	-----
C 20:1	1.16±0.06	Total (mg/100g)	95.02
C 20:1	0.04±0.01		
C 20:1	0.04±0.01		
C 22:1	0.33±0.03		

SAFA: ácidos grasos saturados; MUFA: ácidos grasos monosaturados; PUFA: ácidos grasos poliinsaturados. U/S: relación ácidos grasos insaturados/saturados, P/S: relación ácidos grasos poliinsaturados/saturados. Fuente: Nehdi *et al.*, 2013.

2.5.3.- Producción de biodiesel

El uso de combustibles alternativos para motores de diésel es cada vez más importante debido a la disminución de las reservas de petróleo y a las consecuencias ambientales de los gases que estos motores liberan (Georgogianni *et al.*, 2008). El biodiesel, es un combustible renovable prometedor que tiene la característica de reducir el nivel de contaminantes carcinógenos (Martini y Schell, 2012); está compuesto por mono-alquilésteres de ácidos grasos de cadena larga, que se derivan de los aceites vegetales (Ma y Hanna, 1999). El biodiesel, se obtiene por transesterificación, en la que el grupo alquilo de un éster se reemplaza mediante la interacción entre el triacilglicerol presente en los aceites o grasas y un grupo alcohol, presentando características fisicoquímicas muy similares a los combustibles fósiles (Porte *et al.*, 2010). La materia prima para la producción de biodiesel pueden ser aceites de semillas como: girasol, soya, ricino, colza y palma o grasas animales (Porte *et al.*, 2010). Sin embargo, se ha encontrado que el biodiesel obtenido a partir de aceite de semilla de girasol puede utilizarse en tractores sin causar daños al motor o a las diversas piezas que la componen (Singh y Singh, 2010).

2.5.4.- Uso medicinal

El girasol se estudia farmacológicamente para diversas propiedades, incluyendo: antimicrobianos, antitumorales, antiasmáticos, antigénicos, antipiréticos, antifúngicos, anticancerígenos, catárticos, diuréticos, estimulantes, vermífugos, para la prevención de enfermedades y actividades antimicrobianas (Bashir *et al.*, 2015). Se ha encontrado que las semillas, el aceite y los retoños de girasol contienen valiosos beneficios en la salud humana ya que reducen enfermedades cardiovasculares, debido a la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides, taninos, alcaloides, ácidos grasos poliinsaturados y vitaminas (Fowler, 2006; Nandha *et al.*, 2007; Guo *et al.*, 2017).

2.5.5.- El girasol en la alimentación para pollos de engorda

Se han realizado diversos estudios sobre el uso de diversos productos del girasol en dietas para pollos de engorda, entre los que se encuentran: la semilla entera, pasta de girasol y semilla integral descascarillada (Sredanovic *et al.*, 2005; Abbas y Yagoub, 2008; Peric *et al.*, 2010). Sin embargo, la pasta de girasol se ha investigado más en las dietas para pollos de engorda, debido a que es un subproducto de la industria aceitera (Alagawany *et al.*, 2015). Un estudio realizado por Ologhobo, (1991) encontró que la conversión alimenticia, la ganancia de peso y el rendimiento en canal se afectan cuando se sustituye pasta de soya por pasta de girasol a diferentes concentraciones (50, 75 y 100 %) en dietas para pollos de engorda durante 8 semanas. Por otro lado, Rad y keshavarz (1976) menciona que alrededor del 50 % de la proteína de la pasta de soya podría ser sustituida por la proteína de la pasta de girasol sin tener efecto en el crecimiento de los pollos. Las variables productivas (ganancia de peso, conversión alimenticia y consumo de alimento) en los pollos de engorda no se vieron afectadas con la sustitución del 30 % de pasta de girasol (El-Zubeir e Ibrahim, 1991; Ibrahim y Zubeir, 1991), sin embargo, se puede mejorar el porcentaje de sustitución hasta un 70 % suplementando lisina y metionina sin afectar las variables productivas (El-Sherif *et al.*, 1995).

Hay pocos estudios de la semilla de girasol integral descascarillada en dietas para pollos de engorda. Salari *et al.* (2009) encontraron que el peso de la molleja, pechuga, muslo, tracto gastrointestinal y la grasa abdominal no se afectaron al incluir diferentes concentraciones (0, 7, 14, y 21%) de semilla de girasol integral descascarilla en dietas para pollos de engorda, mientras que el peso del hígado se redujo significativamente ($P < 0.05$). Resultados similares fueron reportados Rodríguez *et al.*, 1998, quienes mencionan que se puede incluir la SGID en dietas para pollos de engorda hasta un 25 % sin afectar la ganancia de peso y la conversión alimenticia.

2.6.- Procesamiento del girasol

Todas las semillas oleaginosas tienen que ser acondicionadas previo al proceso de extracción del aceite. El acondicionamiento consiste en una serie de tratamientos mecánicos y físicos con el objetivo de optimizar la posterior obtención del aceite, ya sea a través del prensado mecánico o por la extracción química (uso de solventes) (Guiotto, 2014). La finalidad del acondicionamiento es la de calentar el grano para darle plasticidad o bien romper los tejidos que envuelven el glóbulo graso a fin de favorecer el laminado o prensado de la semilla (Autino, 2009).

2.6.1.- Limpieza de las semillas

El primer paso en el procesamiento es la limpieza para separar materiales extraños tales como tallos, hojas, cabezales, paja, suelo y piedras, que se eliminan mediante zarandas tamizadoras, con aspiración y separadores magnéticos (Robertson y Burns, 1975).

2.6.2.- Descascarillado y reducción de tamaño

Las semillas de girasol contienen aproximadamente 26% de cáscara, el descascarillado es una operación importante en el procesamiento de la semilla debido a que una cierta cantidad de aceite se pierde en la cáscara (Pierce, 1970). El descascarado de las semillas de oleaginosas se realiza mediante rodillos o sistemas centrífugos que provocan la ruptura de la cáscara por impacto. Posteriormente, se separa el material parcialmente descascarado de las cáscaras mediante zarandas y corriente de aire (aspiración). El material descascarado se reduce en tamaño mediante molinos quebrantadores o trituradores (Guiotto, 2014). Si bien, es posible someter a extracción la semilla entera, su descascarado parcial permite obtener aceites de mejor calidad (menor contenido de pigmentos y ceras presentes en la cáscara) y también pastas de calidad superior (mayor contenido de proteína por reducción del porcentaje de fibra proveniente de la cáscara) (Bockisch, 1998; Guiotto, 2014).

2.6.3.- Laminado

Consiste en someter la semilla descascarada con aceite a la acción del molino laminador, con la finalidad de producir la rotura de las células oleíferas y facilitar la liberación del aceite, durante el proceso de extracción por solventes o bien por prensado (Autino, 2009). En esta etapa se forman láminas delgadas para aumentar la superficie interfacial, lo cual facilita la transferencia de calor y de masa que permite mejorar el rendimiento de los procesos de obtención del aceite (Guiotto, 2014).

2.6.4.- Cocción y/o acondicionamiento de laminillas

Las semillas laminadas son sometidas a un tratamiento térmico llamado "acondicionamiento" o "cocción". Los objetivos de la cocción son: completar la alteración de la estructura de las células oleosas, coagular la proteína para facilitar la separación del aceite, reducir la afinidad del aceite por las superficies sólidas, insolubilizar los fosfátidos, aumentar la fluidez del aceite mediante un aumento en temperatura, destrucción de mohos y bacterias, inactivación de enzimas y secado de la semilla para un contenido de humedad adecuado (Robertson y Burns, 1975).

2.6.5.- Extracción de aceite por prensado en frío

En la mayoría de los molinos aceiteros, la extracción mecánica del aceite se realiza mediante prensas hidráulicas o prensas de tornillos sin fin, como paso previo a la extracción con solventes (Bockisch, 1998; Robertson y Burns, 1975). En esta etapa, las semillas quebradas son sometidas a una elevada presión de compresión lográndose la separación del aceite, el cual escurre a través del barril de la prensa. El material residual que sale de la prensa con un bajo contenido de aceite residual (6-7%) se denomina pasta o torta (Autino, 2009).



Figura 2. Extracción por prensado en frío.

El aceite extraído, denominado aceite crudo de prensa, se encuentra en condiciones de ser refinado para eliminar las impurezas. Por otra parte, la pasta o torta, aún contiene un alto porcentaje de aceite, es sometida a una segunda extracción utilizando como solvente hexano (Harispe, 2000; Guiotto, 2014).

2.6.6.- Extracción del aceite por solvente

La pasta procedente del prensado ingresa al extractor, en el cual mediante el agregado de solvente (generalmente hexano) se extrae el aceite, hasta valores residuales de aproximadamente el 1% de aceite en la pasta (Robertson y Burns, 1975; Guiotto, 2014). La pasta de girasol obtenida en este proceso se utiliza como alimento para el ganado. La mezcla de solvente más aceite, llamada micela, es procesada mediante destilación por vacío o evaporación a fin de obtener el aceite crudo de extracción y, por otra parte, el solvente para ser reutilizado (González, 2011). Posteriormente, se eliminan los finos (residuos de harina) del aceite crudo mediante filtración o decantación centrífuga (clarificación). Ambos aceites de prensa y de extracción pueden mezclarse para posteriormente ingresar en las etapas de refinado (Demarco, 2009; González, 2011; Guiotto, 2014).

2.6.7.- Refinación de los aceites crudos

El aceite de girasol crudo es la materia prima para obtener el aceite de girasol refinado (Guiotto, 2014). En la sociedad moderna, los consumidores no pueden usar el aceite crudo directamente sin un procesamiento adecuado debido al color y olor inaceptables (Pal *et al.*, 2014). Esto ha llevado a un proceso de refinación eficiente que implica eliminar estas impurezas desagradables con el menor efecto posible sobre los componentes deseados (tocoferoles, fenoles, esteroides) con las mínimas pérdidas de aceite (Verhe *et al.*, 2006). El proceso de refinación comprende diversos procesos entre los que se encuentran: el desgomado, la neutralización, blanqueado, desodorizado y winterizado (Tasan y Demicri 2005; González, 2011; Guiotto, 2014).

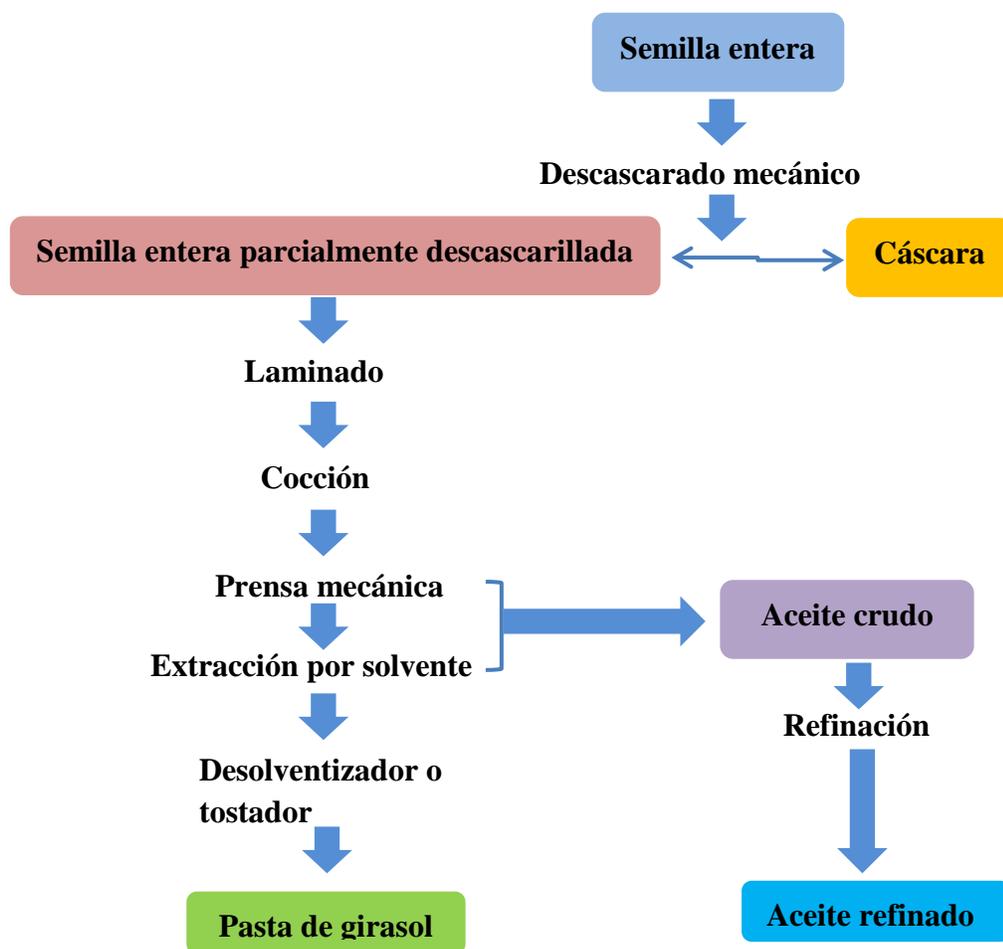


Figura 3. Esquema simplificado de la industrialización de las semillas de girasol (modificado de Guiotto, 2014).

2.7.- Factores antinutricionales de la semilla de girasol

Al igual que otras semillas oleaginosas, el girasol contiene varios componentes indeseables o antinutricionales que afectan su utilización como fuente de proteína dietética (Saeed y Cheryan, 1988). La presencia de polifenoles puede afectar la calidad de la proteína de girasol de varias maneras, como la reducción de la digestibilidad, la alteración de las propiedades organolépticas, la vida de anaquel, la estabilidad y la alteración adversa de las propiedades funcionales de la proteína de girasol en los sistemas alimentarios (Pedrosa *et al.*, 2000). El ácido clorogénico

(CGA), el ácido cafeico (CA) y el ácido quínico (QA) son los principales ácidos o compuestos polifenólicos presentes en la semilla de girasol (Mikolajczak *et al.*, 1970; Pedrosa *et al.*, 2000). El CGA y CA representan el 70% de los ácidos totales (Mikolajczak *et al.*, 1970), se localizan principalmente en la almendra del girasol y forman el color característico de la semilla (Sabir *et al.*, 1974).

Los compuestos fenólicos presentes en la semilla de girasol no son tóxicos para los animales de granja (Alegawany *et al.*, 2015). Sin embargo, CGA podría convertirse en una barrera clave para su utilización en productos alimenticios ya que causa una decoloración marrón y verde en los alimentos a pH alcalino (González-Pérez *et al.*, 2002).

2.8.- Literatura citada

Abbas, T. E. E, and Y. M Yagoub. 2008. Sunflower cake as a substitute for groundnut cake in commercial broiler chicks diets. *Pakistan J. Nutr.* 7(6): 782-784.

Alagawany, M., Farag, M. R., Abd El-Hack, M. E., and Dhama, K. 2015. The practical application of sunflower meal in poultry nutrition. *Adv Anim Vet Sci*, 3, 634-648.

Alba, A., Llanos, M. 1990. El cultivo del girasol. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid: 14.

Autino H. 2009. Capítulo 2. Preparación de semillas oleaginosas. En *Temas Selectos en aceites y grasas*. Eds. JM Block y D Barrera Arellano, Editorial Blücher, San Pablo (Brasil) pp. 31-95.

Awatif, I. I., and Shaker, M. A. 2014. Quality characteristics of high-oleic sunflower oil extracted from some hybrids cultivated under Egyptian conditions. *Helia*, 37(60), 113-126.

- Bashir T., Mashwani Z. R., Zahara K., Haider S., and Mudrikah T. S. 2015. Chemistry, pharmacology and ethnomedicinal uses of *Helianthus annuus* (sunflower): a review. *Pure Appl Biol* 4(2):226–235.
- Baydar, H., and Erbas, S. 2005. Influence of seed development and seed position on oil, fatty acids and total tocopherol contents in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Turk J Agric For* 29: 179–186.
- Bockisch, M. 1998. Extraction of vegetable oils. En *Fats and oils handbook*. AOCS Press, Champaign (USA).
- Bye, R., Linares, E and Lentz, D. L. 2009. México: Centro de origen de la domesticación del girasol. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 12(1), 5-12.
- Demarco A. 2009. Extracción por solvente. En: *Temas Selectos en Aceites y Grasas - Volumen 1/ Procesamiento* (Eds) Jane Mara Block, Daniel Barrera-Arellano. AOCS Press, São Paulo, Brasil.
- El-Sherif, K, Gippert T, y Gerendai D. 1995. Effect of different levels of expeller sunflower seed meal in broiler diets. *Anim. Breed. Feed.* 44(5): 427-435.
- El-Zubeir E. A y Ibrahim M. A. 1991. Effect of dietary full fat raw sunflower seed on performance and carcass skin color of broilers. *J. Sci. Food Agri.* 55(3): 479-481.
- FAOSTAT. 2018. <http://www.fao.org/faostat/es/#compare>
- Fernández-Martínez, J.M., Velasco, L., Pérez-Vich, B. 2004. Progress in the genetic modification of sunflower oil quality. In: *Proc 16th International Sunflower Conference*, Fargo, ND, pp. 1–14.

- Friedt, W., Ganssmann, M., and Korell, M. 1994. Improvement of sunflower oil quality. In: Proc EUCARPIA Symposium on Breeding of Oil and Protein Crops, September 22–24, Albena, Bulgaria, pp. 1–30.
- Fowler, M. W. 2006. Plants, medicines and man. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(12), 1797-1804.
- Gallegos, B. C. C y Velazco, E. T. 1970. El cultivo del girasol en la mesa central. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, SAG. Circular CIB, Núm 30, México. Pp 16.
- Georgogianni, K. G., Kontominas, M. G., Pomonis, P. J., Avlonitis, D., and Gergis, V. 2008. Conventional and in situ transesterification of sunflower seed oil for the production of biodiesel. *Fuel Process. Technol.*, 89(5), 503-509.
- Gómez, D., Álvarez, A.S., Castro, R. V. M., López, H. J., Espinoza, Z. C. 2001. Producción de girasol de temporal para grano y combinado con maíz para ensilaje en Durango. Folleto para productores. Núm, 11. INIFAP.
- González, L. 2011. Protocolo de calidad para el aceite de girasol. Alimentos argentinos. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Página web: www.alimentosargentinos.gov.ar/Protocolo_Aceite_Girasol.pdf (acceso 05/2013).
- González-Pérez, S., Merck, K. B., Vereijken, J. M., van Koningsveld, G. A., Gruppen, H., and Voragen, A. G. 2002. Isolation and characterization of undenatured chlorogenic acid free sunflower (*Helianthus annuus*) proteins. *J. Agric. Food. Chem* 50(6), 1713-1719.

- Guiotto, E. N. 2014. Aplicación de subproductos de chía (*Salvia hispánica* L.) y girasol (*Helianthus annuus* L.) en alimentos (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Exactas).
- Guo, S., Ge, Y., and Jom, K. N. 2017. A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common sunflower seed and sprouts (*Helianthus annuus* L.). CHEM CENT J, 11(1), 95.
- Gupta, S., Subrahmanyam, D., and Rathore, V.S. 1994. Influence of sowing dates on yield and oil quality in sunflower. J Agron Crop Sci, 172(2): 137–144.
- Harispe R. 2000. Degomado acuoso de aceites de girasol. Efecto de las condiciones operativas. Tesis de grado. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA). Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata (FI, UNLP).
- Ibrahim M. A, and E. A El-Zubeir. 1991. Higher fiber sunflower seed meal in broiler chick diets. Anim. Feed Sci. Technol. 33(3-4): 343-347. Kaya, Y., Jovic, S., and Miladinovic, D. 2012. Sunflower. In Technological Innovations in Major World Oil Crops, Volume 1(pp. 85-129). Springer, New York, NY.
- Martínez-Force, E., Dunford, N. T., y Salas, J. J. 2015. Sunflower: chemistry, production, processing, and utilization. (Eds.). Elsevier.
- Ma, F., and Hanna, M. A. 1999. Biodiesel production: a review. Bioresour. Technol., 70(1), 1-15.
- Martini, N., and Schell, J. S. 2012. Plant oils as fuels: present state of science and future developments. Springer Science y Business Media. 276pp.

- Mikolajczak, K. L., Smith, Jr, C. R., and Wolff, I. A. 1970. Phenolic and sugar components of Armavireo variety sunflower (*Helianthus annuus*) seed meal. Journal of agricultural and food chemistry, 18(1), 27-32.
- Nandha, R., Singh, H., Garg, K., and Rani, S. 2007. Therapeutic Potential of Sunflower Seeds: An Overview. Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry. 25(2), 103-5.
- Nehdi, I. A., Sbihi, H., Tan, C. P., and Al-Resayes, S. I. 2013. Evaluation and characterisation of *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad seed oil: Comparison with *Helianthus annuus* (sunflower) seed oil. Food chemistry, 136(2), 348-353.
- Ologhobo, A. D. 1991. Substitution of sunflower seed meal for soybean meal and groundnut meal in practical broiler diets. Arch. Anim. Nut. 41(3): 513-520.
- Ortegón M., A. S., A. Escobedo M., J. Loera G., A. Díaz F. y E. Rosales R. 1993. El girasol. Trillas. México, D. F.
- Padley, F.B., Gunstone, F.D., and Harwood, J.L. 1994. Occurrence and characteristics of oils and fats. In: Gunstone, F.D., Harwood, J.L., Padley, F.B. (eds.) The Lipid Handbook, Chapman y Hall, London, pp. 47–223.
- Pal, U. S., Patra, R. K., Sahoo, N. R., Bakhara, C. K., and Panda, M. K. 2015. Effect of refining on quality and composition of sunflower oil. J. Food Sci. Technol., 52(7), 4613-4618.
- Pedrosa, M. M., Muzquiz, M., García-Vallejo, C., Burbano, C., Cuadrado, C., Ayet, G., and Robredo, L. M. 2000. Determination of caffeic and chlorogenic acids and their derivatives in different sunflower seeds. J. Agric. Food. Chem, 80(4), 459-464.

- Peric L, Milic D, and Bjedov S. 2010. The effect of sunflower meal on growth performance of broiler chicks. Proceedings of the 13th European Poultry Conference; Tours. France.
- Pierce, R.M. 1970. Sunflower Processing Techniques. *J Am Oil Chem Soc* 47: 248A.
- Porte, A. F., de Souza Schneider, R. D. C., Kaercher, J. A., Klamt, R. A., Schmatz, W. L., Da Silva, W. L. T., and Severo Filho, W. A. 2010. Sunflower biodiesel production and application in family farms in Brazil. *Fuel*, 89(12), 3718-3724.
- Rad F. H, Keshavarz, K. 1976. Evaluation of the nutritional value of sunflower meal and the possibility of using sunflower meal for soybean meal in poultry diets. *Poult. Sci.* 55(5):1757-1765.
- Robertson, J. A., and Burns, E. E. 1975. Use of sunflower seed in food products. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 6(2), 201-240.
- Roche, J., Bouniols, A., Mauloungui, Z., Barranco, T., and Cerny, M. 2006. Management of environmental crop conditions to produce use full sunflower oil components. *Eur J Lipid Sci Technol.* 108(4): 287–297.
- Rodríguez, M. L., Ortiz, L. T., Treviño, J., Rebole, A., Alzueta, C., and Centeno, C. 1998. Studies on the nutritive value of full-fat sunflower seed in broiler chick diets. *ANIM FEED SCI TECH*, 71(3-4), 341-349.
- SIAP. 2018. <http://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Sabir, M. A., Sosulski, F. W., and Finlayson, A. J. 1974. Chlorogenic acid-protein interactions in sunflower. *J. Agric. Food. Chem*, 22(4), 575-578.

- Saeed M and Cheryan M. 1988. Sunflower protein concentrates and isolates low in polyphenols and phytate. *J Food Sci* 53:1127± 1131.
- Salari S, Nassiri Moghaddam H, Arshami J., and Golian A. 2009. Nutritional Evaluation of Full-fat Sunflower Seed for Broiler Chickens. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 22(4): 557–564.
- Semwal A. D, Murthy M. C. N., Sharama G. K., and Arya S. S. 1996. Studies on storage stability of commercially marketed refined sunflower oil in plastic film packs. *J Food Sci Technol* 33(4):352–354
- Senkoylu, N., and Dale, N. 1999. Sunflower meal in poultry diets: a review. *World's Poult Sci J.* 55(02), 153-174.
- Schulte, L. R., Ballard, T., Samarakoon, T., Yao, L., Vadlani, P., Staggenborg, S., and Rezac, M. 2013. Increased growing temperature reduces content of polyunsaturated fatty acids in four oilseed crops. *Ind Crops Prod*, 51, 212-219.
- Schneiter, A. A. 1992. Production of semidwarf and dwarf sunflower in Northern Great Plains of the United States. *Field Crops Res.* 30: 391-401.
- Simpson, B.W., C.M. McLeod, and D.L. George. 1989. Selection for high linoleic acid content in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Anim. Prod. Sci.* 29:233–239.
- Singh, S. P., and Singh, D. 2010. Biodiesel production through the use of different sources and characterization of oils and their esters as the substitute of diesel: a review. *RENEW SUST ENERG REV* , 14(1), 200-216.
- Sredanovic, S., Levic, J., and Djuragic, O. 2005. Enzyme enhancement of the nutritional value of sunflower meal. *Biotech. Anim. Husbandry.* 21(5-6-2):197-202.

Tasan M, and Demicri M. 2005. Total and individual tocopherol contents of sunflower oil at different steps of refining. *J of Eur Food Res and Technol* 220:251–254

Verhe R., Verleyen T., Van Hoed V., and De Greyt W. 2006. Influence of refining of vegetable oils on minor components. *J. of Oil Palm research* 168–179

3.- OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar la energía metabolizable de la SGID, la digestibilidad de las dietas y la sustitución parcial de la pasta de soya por SGID en el comportamiento productivo, la pigmentación de la pechuga y el desarrollo del sistema digestivo de pollos de engorda en finalización.

Objetivos específicos

- Evaluar la composición química de la SGID.
- Evaluar la digestibilidad de las dietas.
- Evaluar la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia al sustituir la pasta de soya por SGID en la dieta.
- Evaluar la pigmentación de la pechuga mediante las dimensiones CIELAB de luminosidad (L*), enrojecimiento (a*) y amarillez (b*) al sustituir la pasta de soya por SGID en la dieta para pollos de engorda.
- Evaluar tamaño de los órganos al sustituir la pasta de soya por SGID en la dieta para pollos de engorda.

4.- HIPÓTESIS

- El descascarillado de la semilla de girasol aumenta el contenido de proteína y disminuye el contenido de fibra.
- La sustitución parcial de la pasta de soya por SGID en la dieta no afecta la digestibilidad de los nutrientes.
- La sustitución parcial de la pasta de soya por SGID en la dieta no afecta el comportamiento productivo, la pigmentación de la pechuga, ni el tamaño de los órganos de los pollos de engorda en finalización.

5.-MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos en las granja experimental del Colegio de Posgraduados *Campus* Montecillo, y otro se realizó en la granja Avícola Experimental del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México (19° 27' 37.8" N, 98° 54' 29.3" O, 2220 msnm), el clima de esta región es templado subhúmedo, con clasificación climática de Köppen, modificado por García en 1973 de Cb(w₀)(w) (Huerta-Paniagua *et al.*, 2004). En los tres experimentos se utilizó semilla de girasol de la variedad Victoria, la cual se quebró con un molino de martillos y criba de 20 mm² (marca AZTECA, México); posteriormente se tamizó con cribas de 2, 3 y 5 mm², y finalmente se eliminó la cáscara residual por aireación con un ventilador (marca PRO Klima, modelo, Speed 45, Croacia) para obtener la SGID, la cual fue molida con un molino martillos y criba de 5 mm² (marca AZTECA, México) para incluirla en forma de harina a las dietas experimentales.

5.1.- Experimento 1.Composición química y energía metabolizable aparente de la SGID

5.1.1.- Análisis químico

Se le realizó el análisis proximal a la SGID de acuerdo a la metodología de la AOAC (1990) y el análisis de las fracciones de fibra según Van-Soest *et al.* (1991). La concentración de aminoácidos se determinó por cromatografía líquidos de alta resolución (HPLC) (Evonik Industries de México, S. A. de C. V).

5.1.2.- Determinación de la energía metabolizable aparente

La energía metabolizable aparente (EMA) se determinó en dos dietas experimentales, una dieta basal a base de maíz y pasta de soya (Cuadro 1) y otra con 75% de la dieta basal más 25 % de la SGID (250 g de SGID / kg de la dieta basal). Se utilizaron 24 pollos machos de la línea Ross 308

de 39 días de edad. Los pollos recibieron seis días de adaptación a la dieta antes de iniciar el experimento. Las dietas fueron ofrecidas en forma de harina y se asignaron al azar a 12 pollos por dieta. Los pollos se alojaron en jaulas individuales (30 × 60 × 40 cm) con comederos lineales y un bebedero de copa automático. El alimento y el agua fueron ofrecidos *ad libitum*.

Cuadro 6. Composición de la dieta basal utilizada para la determinación de energía metabolizable aparente.

Ingrediente	Porcentaje
Maíz molido	59.36
Pasta de soya	35.18
Aceite de soya	1.78
Fosfato dicálcico	2.17
Carbonato de calcio	0.78
Cloruro de sodio	0.20
Bicarbonato de sodio	0.23
Premezcla de vitaminas y minerales*	0.30

*Aporta por kilogramo de dieta: vitamina A, 12,000 UI; vitamina D3, 1,000 UI; vitamina E, 60 UI; vitamina K, 5.0 mg; vitamina B2, 8.0 mg; vitamina B12, 0.030 mg; ácido pantoténico, 15 mg; niacina, 50 mg; ácido fólico, 1.5 mg; colina, 300 mg; biotina, 0.150 mg; tiamina, 3.0 mg. Minerales: Fe, 50.0 mg; Zn, 110 mg; Mn, 100 mg; Cu, 12.0 mg; Se, 0.3 mg; I, 1.0 mg.

La EMA se determinó utilizando el método de recolección total de excretas. El consumo de alimento y las excretas se midieron por ave, a partir del día 39 de edad, por 4 días consecutivos.

La recolección de excretas se realizó evitando la contaminación con plumas, escamas y alimento. Las muestras de excretas recolectadas de cada ave fueron mezcladas y homogenizadas, posteriormente se tomó una muestra de 90 g, la cual se almacenó a -20 °C para su liofilización (Labconco, Labconco106 Corporation, Kansas City, Missouri USA). Las muestras de excretas secas y alimento se molieron en un mortero, y se almacenaron en recipientes de plástico herméticos para su análisis posterior de materia seca, energía bruta y contenido de nitrógeno. La energía bruta (EB) o calor de combustión se determinó utilizando un calorímetro isoperibólico (PARR 1266, Parr Instrument Company, 108 Moline, Illinois USA) y el nitrógeno se determinó por el método de Kjeldahl (AOAC, 1990).

5.1.3.- Cálculos

Los valores de AME de la SGID se calcularon usando las siguientes fórmulas (base seca).

$$\text{EMA dieta (MJ/kg)} = ((\text{Consumo de alimento} \times \text{EB dieta}) - (\text{Excreta} \times \text{EB excreta})) / (\text{Consumo de alimento})$$
$$\text{EMA de la SGID (MJ/kg)} = ((\text{EMA de la dieta con SGID}) - (\text{EMA de la dieta basal} \times 0.75)) / (0.25)$$

El valor de EMA corregido por nitrógeno (AMEn) se calculó utilizando un factor de 34.4 kJ por g de nitrógeno retenido.

5.2.- Experimento 2. Estimación de la digestibilidad ileal aparente de las dietas

Se evaluaron dos dietas, una a base de sorgo-pasta de soya (testigo) y otra con 10% de SGID, éstas se asignaron al azar a 24 pollos machos de la línea Ross 308 de 32 días de edad (12 pollos por dieta). Los pollos fueron distribuidos individualmente en jaulas (30 × 60 × 40 cm) con comederos lineales individuales y un bebedero de copa automático. El alimento y agua fue

ofrecido *ad libitum*. Las dietas fueron isocalóricas e isoproteicas (Aviagen 2017, Cuadro 2) y se proporcionaron en forma de harina durante 21 días, del día 32 al 53 de edad. A las dietas se les adicionó 3 g kg⁻¹ de dióxido de titanio como marcador no digerible y se proporcionaron a los pollos durante un período de adaptación de 4 días, del día 45 al 49 de edad y durante el periodo de recolección del contenido ileal. Al día 53 se sacrificaron todas las aves con un cuchillo aturdidor (modelo VS200, Midwest Processing Systems, Minneapolis, MN) de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (2015). El contenido ileal fue colectado dividiendo en dos partes el íleon y se tomó el contenido de la parte distal, se juntó la muestra ileal de dos pollos y estas se consideraron como una repetición, utilizando seis repeticiones por tratamiento, que fueron liofilizadas (Labconco, Labconco106 Corporation, Kansas City, Missouri USA) y analizadas. En las dietas y el contenido ileal se determinó el contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y extracto etéreo (EE), de acuerdo a metodología AOAC (1990) y la concentración de TiO₂ (g kg⁻¹) de acuerdo al método descrito por Myers *et al.* (2004). El calor de combustión de las dietas y excretas se determinó mediante un calorímetro isoperibólico (PARR 1266, Parr Instrument Company, 108 Moline, Illinois USA).

La digestibilidad ileal aparente (DIA) de la MS, PC y EE se calcularon con relación al TiO₂ y el contenido del nutriente respectivo en la dieta y quimo, usando las siguientes formulas: DIA de la MS = 100 - [(3 / (TiO₂)_{quimo}] × 100. DIA del Nutriente = [100 - (3 × Nu / TiO₂)_{quimo}] × 100. Donde: los contenidos de TiO₂ y nutriente (Nu) en la dieta y quimo se expresan en gramos por 100 g o porcentaje.

Cuadro 7. Composición de las dietas de finalización para los pollos de engorda sin y con semilla de girasol integral (SGID) descascarillada.

Ingredientes	Testigo	10 % de SGID
Sorgo molido	60.616	62.359
Pasta de soya	30.126	23.203
SGID	0	10
Aceite de soya	5.001	0
Fosfato dicálcico	1.583	1.536
Carbonato de calcio	0.935	0.979
Premezcla de vitaminas y minerales *	0.30	0.30
Pigmento	0.30	0.30
Cloruro de sodio	0.30	0.30
L-lisina	0.37	0.54
DL-metionina	0.36	0.32
L-treonina	0.08	0.10
Coccidiostato	0.05	0.05
Total	100	100
Composición química calculada		
EMA (MJ/kg)	13.18	13.22
Proteína cruda (%)	19.36	19.10

Calcio (%)	0.78	0.80
Fósforo disponible (%)	0.39	0.39
Lisina (%)	1.15	1.15
Metionina (%)	0.57	0.58
Metionina+cistina (%)	0.89	0.90
Extracto etéreo (%)	7.56	7.76
Fibra cruda (%)	2.39	2.64
Fibra detergente neutro (%)	14.50	15.32
Fibra detergente ácido (%)	7.39	8.65
Lignina detergente ácido (%)	3.19	3.78
Cenizas (%)	5.13	5.50

*Aporta por kilogramo de dieta: vitamina A, 12,000 UI; vitamina D3, 1,000 UI; vitamina E, 60 UI; vitamina K, 5.0 mg; vitamina B2, 8.0 mg; vitamina B12, 0.030 mg; ácido pantoténico, 15 mg; niacina, 50 mg; ácido fólico, 1.5 mg; colina, 300 mg; biotina, 0.150 mg; tiamina, 3.0 mg. Minerales: Fe, 50.0 mg; Zn, 110 mg; Mn, 100 mg; Cu, 12.0 mg; Se, 0.3 mg; I, 1.0 mg.

5.3.- Experimento 3. Comportamiento productivo, pigmentación de la pechuga y tamaño de los órganos digestivos de pollos de engorda alimentados con SGID

Las dietas utilizadas en este experimento fueron las mismas del experimento 2 (Cuadro 2), las cuales fueron asignadas al azar a 168 pollos mixtos Ross 308 de 33 días de edad (84 pollos por tratamiento con seis repeticiones de 14 pollos cada una). Las dietas se proporcionaron en forma de harina durante todo el experimento, del día 33 al 54 de edad. La alimentación de las aves y el

agua fue *ad libitum*. Los pollos se alojaron en corrales con cama de viruta de madera de 1.4 x 1.05 m, para una densidad de 9.5 pollos m⁻².

Al día 55 de edad se sacrificaron 18 pollos por tratamiento con un cuchillo aturdidor (modelo VS200, Midwest Processing Systems, Minneapolis, MN) de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (2015), para determinar la pigmentación de la pechuga y el tamaño de los órganos digestivos.

5.3.1.- Variables de comportamiento productivo

La ganancia de peso vivo (GP; g d⁻¹), consumo de alimento (C, g d⁻¹) y conversión alimenticia (CA) se registraron semanalmente, pero sólo se reportan los valores acumulados del día 33 al 54 de edad de las aves.

5.3.2.- Pigmentación de la pechuga

El color se evaluó con un colorímetro Minolta (Modelo CR-400/410, Tokio, Japón). El color se determinó en un punto sobre la piel de la pechuga (*pectoralis major*). Para cada ave se realizaron tres lecturas y se obtuvo el promedio. El color de la piel se expresó en las dimensiones CIELAB de luminosidad (L*), intensidad de rojo (a*) e intensidad de amarillo (b*).

5.3.3.- Variables de los órganos digestivos

La longitud del intestino delgado y de los ciegos se midió con una cinta métrica, sobre la superficie de una tela húmeda para evitar deshidratación y contracción. El tejido graso o porciones de mesenterio adherido a cada sección del sistema digestivo se removieron, se determinó el peso vacío del buche, proventrículo, molleja, intestino delgado y ciegos; así como, del hígado, bazo y páncreas. Los datos de peso y longitud se expresaron en relación al peso vivo (g o cm kg⁻¹ de peso vivo).

5.3.4.- Análisis estadístico

El análisis de los datos para todas las variables se realizó con un diseño completamente al azar utilizando el procedimiento GLM del SAS (SAS Institute Inc., 2011); para el peso vivo final, el peso vivo inicial se incluyó como covariable.

6.-RESULTADOS

6.1.- Experimento 1. Composición química y energía metabolizable aparente de la SGID

Los resultados del análisis proximal y la determinación de energía metabolizable aparente mostraron que la SGID tiene un alto contenido de PC, EE y un bajo contenido de FC; por consiguiente, es un ingrediente proteico con alto contenido de EMA y EMAn. La arginina fue el aminoácido esencial que se encontró en mayor cantidad (Cuadro 3).

Cuadro 8. Composición química y contenido de aminoácidos de la semilla de girasol integral descascarillada (SGID) utilizada en las dietas experimentales.

Nutrimento (%)	SGID	Aminoácidos esenciales de la SGID (g 16 g de N⁻¹)	
Materia seca	93.51	Metionina	1.70
Proteína cruda	28.21	Lisina	3.16
Extracto etéreo	50.79	Treonina	3.14
Fibra cruda	3.99	Triptófano	ND*
Cenizas	4.72	Arginina	9.30
Fibra detergente neutro	16.01	Isoleucina	4.18
Fibra detergente ácido	14.36	Leucina	6.04

Lignina ácido detergente	9.78	Valina	5.00
EMA (MJ/kg)	21.02	Histidina	2.68
EMAn (MJ/kg)	20.20	Fenilalanina	4.63

EMA: Energía metabolizable aparente. EMAn: Energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno. ND*: No determinado.

6.2.- Experimento 2. Estimación de la digestibilidad ileal aparente de las dietas

En la digestibilidad ileal aparente de la materia seca, proteína cruda y extracto etéreo no mostraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 4).

Cuadro 9. Digestibilidad ileal aparente (%) de la materia seca, proteína cruda y extracto etéreo de pollos alimentados con y sin semilla de girasol integral descascarillada (SGID).

Nutriente	Testigo	10 % de SGID	EEM*	Valor de P
Materia seca	64.3	65.8	0.013	0.585
Proteína cruda	69.9	73.7	0.014	0.195
Extracto etéreo	89.9	88.1	0.008	0.301

EEM*: Error estándar de la media.

6.3.- Experimento 3. Comportamiento productivo, pigmentación de la pechuga y tamaño de los órganos digestivos de pollos de engorda alimentados con SGID

6.3.1.-- Variables del comportamiento productivo acumulado

La inclusión de SGID no afectó ($P > 0.05$) ninguna variable del comportamiento productivo acumulado (Cuadro 5).

Cuadro 10. Comportamiento productivo acumulado de pollos de engorda del día 33 a 54 días de edad.

Comportamiento productivo	Testigo	10 % de SGID	EEM*	Valor de P
Peso final (g)	3478.70	3502.50	35.96	0.73
Ganancia de peso (g)	1818.20	1772.40	25.44	0.39
Consumo de alimento (g)	3729.00	3866.90	54.76	0.22
Conversión alimenticia	2.05	2.10	0.04	0.07

SGID: Semilla de girasol integral descascarillada. EEM*: Error estándar de la media.

6.3.2.- Pigmentación de la pechuga

El grado de inclusión de SGID disminuyó los valores de L* y b* (P < 0.05), mientras que en el valor de a* no fue significativo (P > 0.05) (Cuadro 6).

Cuadro 11. Pigmentación de la pechuga de los pollos alimentados sin y con semilla de girasol integral descascarillada (SGID).

	Testigo	10 % de SGID	EEM*	Valor de P
L*	51.60 a	49.80 b	0.40	0.03
a*	9.40	10.40	0.27	0.06
b*	10.90 a	9.40 b	0.31	0.02

L*: luminosidad. a*: verde-rojo. b*: azul-amarillo. EEM*: Error estándar de la media. ^{ab} Medias de tratamientos con letras diferentes son diferentes (P<0.05).

6.3.3.- Variables de los órganos digestivos

La inclusión de SGID fue significativa (P < 0.05) para el peso relativo del hígado solamente, misma que aumentó (Cuadro 7).

Cuadro 12. Peso relativo de las diferentes secciones del sistema digestivo y órganos accesorios de pollos de engorda al día 55 de edad, alimentados sin y con semilla de girasol integral descascarillada (SGID).

Peso relativo vacío (g / kg de peso corporal)	Testigo	10 % de SGID	EEM*	Valor de P
Buche	1.59	1.89	0.09	0.08
Proventrículo	3.20	2.96	0.12	0.33
Molleja	10.81	9.42	0.40	0.08
Intestino delgado	22.74	24.07	1.07	0.54
Ciegos	2.99	7.56	1.26	0.07
Peso relativo de órganos (g / kg de peso corporal)				
Hígado	16.37 b	17.90 a	0.31	0.01
Páncreas	1.55	1.70	0.05	0.11
Bazo	1.26	1.04	0.07	0.11
Longitud relativa (cm / kg de peso corporal)				
Intestino delgado	58.14	55.78	3.02	0.70
Ciegos	5.67	16.05	2.81	0.06

EEM*: Error estándar de la media. ^{ab} Medias de tratamientos con letras diferentes son diferentes (P<0.05).

7.- DISCUSIÓN

La SGID es una importante fuente de proteína y energía (Cuadro 3), comparado con la semilla de soya entera descascarillada que contiene: 37.5% de PC, 16.24 MJ/kg de EMAn (Lesson y Summers, 2001). La composición química de la SGID reportada por Rodríguez *et al.* (1998) fue de: 21.23% de PC, 45.71% de EE, 13.40% de FC, 2.6% de cenizas y 18.71 MJ / kg de EMA; estos resultados son menores a los encontrados en este estudio, excepto en la cantidad de FC (13.40%) que fue mayor. Esto pudo deberse al método de obtención de la SGID, ya que se ha demostrado que al combinar los métodos de tamizado y clasificación por aire podría ser útil para reducir el contenido de fibra de la semilla de girasol (Laudadio *et al.*, 2014). Otros factores que afectan la composición química de la semilla de girasol son la genética, la variedad, el tipo de suelo y las condiciones climáticas (Vaughan, 1970).

El aminoácido esencial que se encontró en mayor cantidad en la SGID fue la arginina (Cuadro 3), estos resultados son similares a los encontrados por Rodríguez *et al.* (1998) y Alzueta *et al.* (1999). El alto contenido de arginina en la SGID es importante ya que puede reducir la hipertensión pulmonar en pollos de engorda, al ser precursor para la formación de óxido nítrico, un potente vasodilatador que reduce directamente la resistencia vascular pulmonar y modula o inhibe la producción y liberación de vasoconstrictores como la serotonina y la endotelina-1 (Khajali *et al.*, 2011).

Rodríguez *et al.* (1998), no encontraron diferencias significativas en la digestibilidad aparente total del EE y en la digestibilidad ileal de la PC, cuando incluyeron diferentes concentraciones de SGID (0, 5, 15 y 25%) en la dieta para pollos de engorda, lo cual concuerda con los resultados encontrados en este experimento. Sin embargo, Fafiolu *et al.* (2015), mencionan que la

digestibilidad total aparente de las fracciones (MS, PC, EE y FC) disminuyen cuando se reemplaza 25, 50 y 75% de la proteína de la pasta de soya por proteína de la PG integral. La diferencia en los resultados de digestibilidad puede deberse a la cantidad de FC en la dieta, por lo que el grado de descascarillado de la semilla de girasol, parece ser el aspecto decisivo para su inclusión en las dietas para pollos de engorda (Senkoylu y Dale, 2006; Viveros *et al.*, 2009); debido a que se ha encontrado que el alto contenido de FC en la dieta reduce el tiempo de tránsito del alimento en el sistema digestivo por lo que disminuye la digestibilidad de nutrientes (Kratzer *et al.*, 1967; Khajali y Slominski, 2012).

Los resultados del comportamiento productivo acumulado de los pollos alimentados con SGID difieren a los reportados por Arija *et al.* (1999) quienes encontraron que la inclusión de 5, 10 y 15% de SGID en dietas de pollos de engorda a los 28 días de edad disminuyó el consumo y la GP, pero no encontraron diferencias significativas para CA. Sin embargo, Salari *et al.* (2009), encontraron que la inclusión de 7, 14 y 21% de SGID en dietas de iniciación y finalización, mejora la GP, C, CA en relación a la dieta testigo. Resultados similares a los de este estudio fueron reportados por Rodríguez *et al.* (1998) quienes no encontraron diferencias significativas en la GP, C y CA entre los pollos que recibieron la dieta testigo y aquellos alimentados con dietas con niveles crecientes de SGID (de 5-25%). Este desacuerdo de resultados puede ser explicado por la variación en la composición química de la semilla de girasol de las diferentes variedades utilizadas en estos experimentos. El bajo nivel de inclusión (10%) de SGID en la dieta de este experimento se debió al alto contenido de aceite (50.79% de EE), la cual es la principal fuente de energía en la SGID (EMAn 20.20 MJ / kg de MS), lo que limitó su mayor inclusión.

En los pollos alimentados con la dieta con SGID disminuyeron los valores de L* y b* en la piel de la pechuga. No se encontraron reportes al respecto; sin embargo, Mikolajczak *et al.* (1970) y

Alagawany *et al.* (2015), mencionan que los productos elaborados con semilla de girasol tienden a obscurecerse, debido a la presencia de compuestos polifenólicos principalmente el ácido clorogénico.

Los pesos relativos del: buche, proventrículo, molleja, intestino delgado y los ciegos, así como las longitudes relativas de intestino delgado y ciegos no se afectaron cuando se sustituyó 10% SGID en la dieta. Estos datos son similares a los reportados por Salari *et al.* (2009), quienes al incluir 7, 14 y 21% de SGID en la dieta encontraron que el peso relativo de la molleja y el tracto gastrointestinal no se afectaron. Sin embargo, Rama Rao *et al.* (2006), mencionan que la sustitución total de la pasta de soya por PG aumenta el peso relativo del intestino y de la molleja. Además, Deaton (1979), encontró que la inclusión de PG en la dieta aumenta el peso relativo de la molleja y la longitud relativa del intestino. Asimismo, Araiya *et al.* (1998) y Brenes *et al.* (2008) encontraron que la inclusión de semilla de girasol en la dieta aumenta la longitud del intestino delgado y de los ciegos. Esta variación en los resultados pudo deberse a las diferencias en el contenido de FC de los diferentes productos de la semilla de girasol evaluados en los diferentes estudios, Rama Rao *et al.* (2006) mencionan que las altas concentraciones de FC en las dietas con PG podrían ser responsables de la hipertrofia de los órganos. Sin embargo, en este estudio la SGID y la dieta con SGID presentaron un bajo contenido de FC (3.99 y 2.64%, respectivamente).

El peso relativo del páncreas y el bazo no fueron diferentes entre tratamientos ($P > 0.05$). Estos resultados son similares a los encontrados por Dagher *et al.* (1980), quienes mencionan que la inclusión de semilla de girasol en la dieta no afecta el peso relativo del hígado y del páncreas, o del bazo (Brenes *et al.*, 2008). Asimismo, se ha encontrado que la inclusión de PG en la dieta no afecta el peso relativo del hígado (Deaton, 1979; Reddy, 1993; Ramesh Kumar, 2000). Sin

embargo, la inclusión de 10 % de SGID en la dieta en este experimento aumentó el peso relativo del hígado, lo cual no está claro.

8.-CONCLUSIÓN

La semilla de girasol descascarillada es una buena fuente de proteína, energía y arginina.

La sustitución parcial de la pasta de soya por semilla de girasol integral descascarillada en las dietas de finalización para pollos de engorda no afectó la digestibilidad ileal aparente, el comportamiento productivo, ni el tamaño de órganos del sistema digestivo, aunque disminuyó la pigmentación de la pechuga.

9.-REFERENCIAS

- Alagawany, M., Farag, M.R., El-Hack, M.E.A., Dhama, K. 2015. The Practical Application of Sunflower Meal in Poultry Nutrition. *Adv. Anim. Vet. Sci.* 3, 634–648.
- Alzueta, C., Treviño, J., Rebolé, A., Ortiz, L.T., Rodríguez, M.L., Centeno, C. 1999. Full-fat sunflower seed as a protein source for broiler chicks. *J. Sci. Food Agric.* 79, 1681–1686.
- Arija, I., Brenes, A., Viveros, A., Elices, R. 1998. Effects of inclusion of full-fat sunflower kernels and hulls in diets for growing broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 70, 137–149.
- Arija, I., Canales, R., Brenes, A., Montoro, A. V. 1999. Estudio del valor nutritivo de la semilla de girasol entera descascarillada en raciones de pollos broiler y su efecto sobre la concentración de ácidos grasos en la grasa abdominal. *Arch. Zootec.* 48(183), 249-259.
- AOAC 1990. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Washington, DC, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Aviagen. 2017. Pollo de engorde Ross 308. Especificaciones de Nutrición [internet]. Aviagen Ltd, Newbridge, UK. Available from <http://es.aviagen.com/>
- Brenes, A., Centeno, C., Viveros, A., Arija, I. 2008. Effect of Enzyme Addition on the Nutritive Value of High Oleic Acid Sunflower Seeds in Chicken Diets. *Poult. Sci.* 87, 2300–2310.
- Challa, R., Srinivasan, R., To, F. 2010. Fractionation of soybean meal, cottonseed meal and wheat middlings using combination of sieving and air classification. *Anim. Feed Sci. Technol.* 159, 72–78.

- Daghir, N.J., Raz, M.A., Uwayjan, M. 1980. Studies on the Utilization of Full Fat Sunflower Seed in Broiler Rations. *Poult. Sci.* 59, 2273–2278.
- Deaton, J.W., McNaughton, J.L., Burdick, D. 1979. High-fibre sunflower meal as a replacement for soyabean meal in layer diets. *Br. Poult. Sci.* 20, 159–162.
- Fafiolu, A.O., Oduguwa, O.O., Jegede, A.V., Tukura, C.C., Olarotimi, I.D., Teniola, A.A., Alabi, J.O. 2015. Assessment of enzyme supplementation on growth performance and apparent nutrient digestibility in diets containing undecorticated sunflower seed meal in layer chicks. *Poult. Sci.* 94, 1917–1922.
- Flagella, Z., Rotunno, T., Tarantino, E., Di Caterina, R., De Caro, A. 2002. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime. *Eur. J. Agron.* 17, 221–230.
- Huerta-Paniagua, R. A., Bautista-Martínez, N., Bravo-Mojica, H., Carrillo-Sánchez, J. L., Díaz-Gómez, O. 2004. Altitude distribution of *Trichobaris championi* Barber (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) and field observations about its biology. *Agrociencia*, 38(1).
- Khajali, F., Tahmasebi, M., Hassanpour, H., Akbari, M.R., Qujeq, D., Wideman, R.F. 2011. Effects of supplementation of canola meal-based diets with arginine on performance, plasma nitric oxide, and carcass characteristics of broiler chickens grown at high altitude. *Poult. Sci.* 90, 2287–2294.
- Khajali, F., Slominski, B.A. 2012. Factors that affect the nutritive value of canola meal for poultry. *Poult. Sci.* 91, 2564–2575.

- Kratzer, F.H., Rajaguru, R.W.A.S.B., Vohra, P. 1967. The Effect of Polysaccharides on Energy Utilization, Nitrogen Retention and Fat Absorption in Chickens. *Poult. Sci.* 46, 1489–1493.
- Laudadio, V., Ceci, E., Lastella, N.M.B., Tufarelli, V. 2014. Effect of feeding low-fiber fraction of air-classified sunflower (*Helianthus annuus* L.) meal on laying hen productive performance and egg yolk cholesterol. *Poult. Sci.* 93, 2864–2869.
- Leeson, S., Summers, D. J. 2001. *Scott's Nutrition of the Chicken-Fourth edition*. Department of Animal and Poultry Science. University of Guelph. Guelph, Ontario, Canada N1G 2W1. 83-99, 151-175.
- Mikolajczak, K.L., C.R. Smith and I.A. Wolff. 1970. Phenolic and sugar components of Amaveric variety sunflower (*Helianthus annuus*) seed meal. *Journal Agriculture. Food Chemistry*, 18: 27.
- Mikolajczak, K.L., Smith, C.R., Wolff, I.A. 1970. Phenolic and Sugar Components of Armavirec Variety Sunflower (*Helianthus annuus*) Seed Meal. *J. Agric. Food Chem.* 18: 27.
- Morales-Rosales, E. J., Escalante-Estrada, J. A., Tijerina-Chávez, L., Volke-Haller, V., Sosa-Montes, E. 2006. Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y de la radiación solar del agrosistema girasol-frijol. *Terra latinoamericana.* 24(1), 55-64.
- Myers, W.D., Ludden, P.A., Nayigihugu, V., Hess, B.W. 2004. Technical Note: A procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. *J. Anim. Sci.* 82, 179–183.

- Norma Oficial Mexicana. 2015. NOM-033-SAG/ZOO-2014. Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. 26 de Agosto de 2015. Diario Oficial de la Federación, México.
- Rama Rao, S.V., Raju, M.V.L.N., Panda, A.K., Reddy, M.R. 2006. Sunflower seed meal as a substitute for soybean meal in commercial broiler chicken diets. *Br. Poult. Sci.* 47, 592–598.
- Ramesh kumar, S. 2000. Nutritive value of sunflower sedes in broiler ration. M.V.Sc. Thesis, Tamil Nadu Veterinary and Animal Sciences University, Chennai, India.
- Reddy, S.R. 1993. Studies on the nutritive value and utilization of differently processed sunflower (*Helianthus annuus*) seed meal in poultry feeds. Ph.D. Thesis, Andhra Pradesh Agricultural University, Hyderabad, India.
- Rodríguez, M., Ortiz, L., Treviño, J., Rebolé, A., Alzueta, C., Centeno, C. 1998. Studies on the nutritive value of full-fat sunflower seed in broiler chick diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 71, 341–349.
- SAS Institute, Inc. 2011. SAS User's Guide: Statistics version. SAS Institute, Inc. Cary, NC. 959.
- Salari, S., Moghaddam, H.N., Arshami, J., Golian, A. 2009. Nutritional Evaluation of Full-fat Sunflower Seed for Broiler Chickens. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 22, 557–564.
- Senkoylu, N., Dale, N. 2006. Nutritional Evaluation of a High-Oil Sunflower Meal in Broiler Starter Diets. *J. Appl. Poult. Res.* 15, 40–47.
- Tsuzuki, E., Garcia, E. de M., Murakami, A., Sakamoto, M., Galli, J. 2003. Utilization of sunflower seed in laying hen rations. *Rev. Bras. Ciênc. Avícola* 5, 179–182.

Vaughan, J. G., 1970. The structure and utilization of oil seeds. London. Chapman and Hall.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583–3597.

Viveros, A., Ortiz, L.T., Rodríguez, M.L., Rebolé, A., Alzueta, C., Arija, I., Centeno, C., Brenes, A. 2009. Interaction of dietary high-oleic-acid sunflower hulls and different fat sources in broiler chickens. *Poult. Sci.* 88, 141–151.

Wu, Y.V., Nichols, N.N. 2005. Fine Grinding and Air Classification of Field Pea. *Cereal Chem. J.* 82, 341–344.