

**MAESTRÍA INTERINSTITUCIONAL  
EN PRODUCCIÓN PECUARIA**



**Universidad de Guadalajara**

**Inclusión de harina de semilla de *Lupinus angustifolius* L como sustituto de la soya en dietas de pollo de engorda.**

**Tesis que para obtener el grado de:**

**Maestro en Producción Pecuaria**

**Presenta:**

**José Ángel López González**

**Director de tesis: Dr. David Román Sánchez Chipres**

**Comité Tutorial:**

**Dr. Jacinto Bañuelos Pineda**

**Dr. José Mejía Haro**

**Guadalajara, Jalisco Agosto de 2015**



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y  
AGROPECUARIAS**

**MAESTRÍA INTERINSTITUCIONAL EN PRODUCCIÓN PECUARIA**

**INCLUSIÓN DE HARINA DE SEMILLA DE *LUPINUS  
ANGUSTIFOLIUS* L COMO SUSTITUTO DE LA SOYA EN DIETAS  
DE POLLO DE ENGORDA.**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN PRODUCCIÓN PECUARIA**

**PRESENTA:**

**JOSÉ ÁNGEL LÓPEZ GONZÁLEZ**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. DAVID ROMÁN SÁNCHEZ CHIPRES**

**COMITÉ TUTORIAL:**

**DR. JACINTO BAÑUELOS PINEDA**

**DR. JOSÉ MEJÍA HARO**

**Guadalajara, Jalisco Agosto de 2015**

## **Dedicatorias**

Al Padre y Madre.

Amor.

A Edith Ivonne Lamas Mora.

IN LAK'ECH-HALA KEN

Mi gran compañera, amiga y amor.

A Amanda y Samantha.

La magia de mi vida, mis razones.

A Elsa y Ángel.

Si pudiera elegir de nuevo, los elegiría como mis padres.

Protección, Ejemplo, Amor, Fuerza y Unión

A Elsa y Paloma.

Amadas hermanas y apoyo incondicional

A Mercedes y Javier.

Por todo su apoyo y cariño para mi familia.

A todos los que han acompañado mi vida y siguen aquí conmigo,

¡GRACIAS!

## **Agradecimientos**

A la Universidad de Guadalajara:

Por permitirme continuar con mi superación académica.

Al Departamento de Producción Animal del CUCBA:

Por apoyarme en esta investigación y permitirme utilizar las instalaciones del centro de estudios de producción animal y el laboratorio de bromatología.

Al Departamento de Botánica y Zoología del CUCBA:

Por apoyarme en esta investigación y en la obtención de algunos suministros.

A mis excelentes maestros y amigos.

Por haber dejado huella en mi formación y en mi persona:

Dr. David Chipres  
M.C. Jorge Hernández Gobora  
M.C. Cecilia Jiménez  
M.V.Z. Mariana Rodríguez  
M.V.Z. Roberto Ceseña  
Dr. Ramón Reynoso  
Dr. Daniel Villagómez  
Dr. Carlos Häubi  
M.C. Gabriel Moreno  
Dr. Pedro Macedonio

A la empresa Nutrimentos Ramírez

A todos mis compañeros de la maestría.

## Votos aprobatorios

### MAESTRÍA INTERINSTITUCIONAL EN PRODUCCIÓN PECUARIA



DR. JAVIER PADILLA RAMÍREZ  
COORDINADOR DE POSGRADO  
MAESTRÍA INTERINSTITUCIONAL  
EN PRODUCCIÓN PECUARIA.  
PRESENTE:

Con base en el reglamento de la Maestría Interinstitucional en Producción Pecuaria, le comunico que he revisado el trabajo de tesis que presenta M.V.Z. José Ángel López González, para obtener el grado de Maestro en Producción Pecuaria, con el título:

“INCLUSIÓN DE HARINA DE SEMILLA DE *LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L COMO SUSTITUTO DE LA SOYA EN DIETAS DE POLLO DE ENGORDA”

En mi opinión, dicho trabajo de investigación que presenta el candidato cumple con los requisitos del programa, por lo que otorgo el **VOTO APROBATORIO**, para que pueda ser sustentado en el examen de grado correspondiente.

Se extiende la presente el día 17 de Agosto de 2015, para los fines administrativos que al interesado convengan.

ATENTAMENTE

DR. DAVID ROMAN SÁNCHEZ CHIPRES  
PTC. UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Ccp. ARCHIVO

# MAESTRÍA INTERINSTITUCIONAL EN PRODUCCIÓN PECUARIA



DR. JAVIER PADILLA RAMÍREZ  
COORDINADOR DE POSGRADO  
MAESTRÍA INTERINSTITUCIONAL  
EN PRODUCCIÓN PECUARIA.  
PRESENTE:

Con base en el reglamento de la Maestría Interinstitucional en Producción Pecuaria, le comunico que he revisado el trabajo de tesis que presenta M.V.Z. José Ángel López González, para obtener el grado de Maestro en Producción Pecuaria, con el título:

“INCLUSIÓN DE HARINA DE SEMILLA DE *LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L COMO SUSTITUTO DE LA SOYA EN DIETAS DE POLLO DE ENGORDA”

En mi opinión, dicho trabajo de investigación que presenta el candidato cumple con los requisitos del programa, por lo que otorgo el **VOTO APROBATORIO**, para que pueda ser sustentado en el examen de grado correspondiente.

Se extiende la presente el día 17 de Agosto de 2015, para los fines administrativos que al interesado convengan.

ATENTAMENTE

DR. JACINTO BAÑUELOS PINEDA  
PTC. UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Ccp. ARCHIVO

# MAESTRÍA INTERINSTITUCIONAL EN PRODUCCIÓN PECUARIA



DR. JAVIER PADILLA RAMÍREZ  
COORDINADOR DE POSGRADO  
MAESTRÍA INTERINSTITUCIONAL  
EN PRODUCCIÓN PECUARIA.  
PRESENTE:

Con base en el reglamento de la Maestría Interinstitucional en Producción Pecuaria, le comunico que he revisado el trabajo de tesis que presenta M.V.Z. José Ángel López González, para obtener el grado de Maestro en Producción Pecuaria, con el título:

“INCLUSIÓN DE HARINA DE SEMILLA DE *LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L COMO SUSTITUTO DE LA SOYA EN DIETAS DE POLLO DE ENGORDA”

En mi opinión, dicho trabajo de investigación que presenta el candidato cumple con los requisitos del programa, por lo que otorgo el **VOTO APROBATORIO**, para que pueda ser sustentado en el examen de grado correspondiente.

Se extiende la presente el día 17 de Agosto de 2015, para los fines administrativos que al interesado convengan.

ATENTAMENTE

DR. JOSÉ MEJÍA HARO  
PTC. UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

Ccp. ARCHIVO

<b>Índice</b>	<b>pág.</b>
<b>Lista de cuadros.</b>	I
<b>Lista de figuras.</b>	II
<b>Resumen</b>	11
<b>Abstract</b>	12
<b>Introducción</b>	13
<b>Revisión de literatura.</b>	16
1. Situación actual de la industria pollo para carne en México y Jalisco.	16
2. <i>Lupinus spp.</i>	18
3. <i>L. angustifolius.</i>	20
3.1 Producción de <i>L. angustifolius</i> en el mundo.	23
3.2 <i>L. angustifolius</i> en dietas de pollo de engorda.	25
4. Rendimiento en canal, grasa abdominal, pH y color de la carne.	31
5. Panorama actual de la Soya ( <i>Glycine max</i> ).	36
<b>Hipótesis.</b>	42
<b>Objetivo general y objetivos específicos.</b>	42
<b>Materiales y métodos.</b>	43
Obtención de la semilla de dos variedades de <i>L. angustifolius</i>	43
1. Pruebas <i>in vitro</i>	44
1.1 Análisis bromatológico	44
1.1.1 Determinación de materia seca	44
1.1.2 Determinación de cenizas	44
1.1.3 Determinación de Proteína cruda	44
1.1.4 Determinación de grasa cruda (extracto etéreo)	45
1.1.5 Determinación de fibra cruda	45
1.2 Determinación de calcio y fósforo en las dietas	46
1.3 Prueba de Terry de digestibilidad <i>in vitro</i> por método de pepsina	47
2. Prueba <i>in vivo</i> (Consumo de alimento, Peso y Conversión alimenticia)	48



3 Prueba al sacrificio	52
3.1 Rendimiento en canal	52
3.2 Porcentaje de grasa abdominal	52
3.3 pH	52
3.4 Color de la carne	52
<b>Resultados.</b>	53
1. Pruebas <i>in vitro</i>	53
1.1 Análisis bromatológico	53
1.2 Determinación de calcio y fósforo	54
1.3 Prueba de Terry de digestibilidad <i>in vitro</i> por método de pepsina	55
2. Prueba <i>in vivo</i> (Consumo de alimento, Peso y Conversión alimenticia)	56
3. Prueba al sacrificio	62
3.1 Rendimiento en canal	62
3.2. Porcentaje de grasa abdominal	62
3.3. pH	62
3.4. Color de la carne	63
<b>Discusión</b>	64
<b>Conclusión</b>	70
<b>Literatura citada.</b>	71

<b>Lista de cuadros</b>	<b>pág.</b>
Cuadro 1.- Análisis Bromatológico de <i>L. angustifolius</i>	21
Cuadro 2.- Aminoácidos esenciales de <i>L. angustifolius</i> (g/16 g N)	22
Cuadro 3.- Valores nutritivos de <i>L. angustifolius</i> , soya y chícharo	23
Cuadro 4. Rendimientos de pollo de engorda. Evolución histórica.	32
Cuadro 5. Principales exportadores de soya en el mundo 2010/2011.	39
Cuadro 6. Principales importadores de soya 2009/2010.	40

Cuadro 7. Comparativa del precio (pesos mexicanos) de la pasta de soya y de la semilla de <i>L. angustifolius</i> en Marzo de 2015.	41
Cuadro 8. Dieta etapa de inicio.	48
Cuadro 9. Dieta etapa final.	49
Cuadro 10. Calendario de vacunación de los pollos del experimento.	51
Cuadro 11. Resultado del análisis bromatológico de la harina de dos variedades de <i>L. angustifolius</i> (Haags blaue y Probor).	53
Cuadro 12. Análisis bromatológico de las dietas de inicio y finalización	53
Cuadro 13. Determinación de calcio y fósforo de las dietas de inicio y finalización	55
Cuadro 14. Porcentaje de digestibilidad por método de pepsina de las dietas de inicio y finalización.	56
Cuadro15. Resultados de los parámetros productivos evaluados (consumo total de alimento, peso total y conversión alimenticia).	60
Cuadro 16. Resultados de las pruebas al sacrificio (Rendimiento en canal, porcentaje de grasa abdominal y pH de la canal) para cada tratamiento.	62
Cuadro 17. Resultados del color de la canal ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) para cada tratamiento.	63

<b>Lista de figuras</b>	<b>pág.</b>
Figura 1. Área plantada de soya en Brasil Argentina y Estados Unidos (miles de hectáreas).	38
Figura 2. Productividad de la soya en Argentina, Brasil y Estados Unidos (Mt/ha).	39
Figura 3. Principales productores de soya en México	41
Figura 4. Resultados semanales del consumo de alimento para cada tratamiento.	56
Figura 5. Resultados semanales peso acumulado por pollo para cada tratamiento.	58
Figura 6. Resultados semanales de conversión alimenticia por tratamiento.	59

## Resumen

Existe gran dependencia a la soya por ser la fuente principal de proteína en la producción animal mundial. *L. angustifolius* es una leguminosa considerada una alternativa como suministro de proteína en la producción animal y en particular en las dietas de pollo de engorda. El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento productivo y la calidad de la carne y canal de pollos alimentados con y sin *L. angustifolius*. Un total de 300 pollos Cobb de un día de edad fueron distribuidos en tres grupos de 100 animales con 5 repeticiones de 20 animales cada una, esto bajo un diseño completamente al azar. Se realizaron análisis químicos (a la semilla), determinación de calcio, fósforo y digestibilidad por pepsina a las dietas, las cuales fueron isoproteicas e isoenergéticas e identificadas de la siguiente manera, tratamiento 1 (Control), tratamiento 2 (5% *L. angustifolius*) y tratamiento 3 (10% *L. angustifolius*). Las variables medidas fueron consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, rendimiento en canal, grasa abdominal, pH y color de la carne. Al final de la prueba *in vivo* el tratamiento 2 y el 3 tuvieron un mayor consumo (T1=5.332, T2=5.560 y T3=5.703kg) y diferente estadísticamente ( $P<0.05$ ) que el tratamiento 1. La ganancia de peso, la conversión alimenticia y el rendimiento en canal fueron similares para todos los grupos. La grasa abdominal fue menor ( $P<0.05$ ) en el tratamiento 3 en comparación con los otros grupos (T1=1.1%, T2= 1% y T3= 0.5%). Por otra parte el tratamiento 2 y 3 mostraron un pH más alto y estadísticamente diferente ( $P<0.05$ ) que el tratamiento 1 (T1=6.41, T2=6.49 y T3=6.47). El color de la carne del tratamiento 1 fue diferente ( $P<0.05$ ) a los otros dos grupos. El comportamiento productivo de los pollos y el rendimiento en canal fue muy similar por lo tanto la inclusión de *L. angustifolius* hasta 10% en la dieta no presenta mayores complicaciones para los pollos. Los valores obtenidos de pH y color de la carne son similares a lo considerado como carne dura, seca y firme posiblemente por extenuación *antemortem*. Se puede concluir que *L. angustifolius* no afecta el rendimiento en pollos de engorda y mejora la calidad de la carne.

**Palabras clave:** Pollo de engorda; *Lupinus angustifolius* L; Calidad de carne; Soya

## Abstract

There is a great dependence for soy as the world's principal protein source in animal nutrition. *L. angustifolius* it's a legume that is considered a non conventional ingredient and protein source in animal nutrition, specially in the poultry industry. The aim of this work was to evaluate the performance and meat quality of broilers fed with and with out *L. angustifolius*. 300 day old Cobb chickens were arranged in three groups of 100 animals each with 5 replications of 20 animals each, under a complete randomized design experiment. A chemical analysis, calcium, phosphorus determination and pepsin assay were made to the seeds and the diets wich were isoproteic and isoenergetic. The diets were labeled as follow, treatment 1 (Control), treatment 2 (5% *L. angustifolius*) and treatment 3 (10% *L. angustifolius*). Feed intake, weight gain, feed conversion, carcass yield, abdominal fat, pH, and meat color were the measured variables. At the end of the *in vivo* assay, treatment 2 and 3 had a higher feed consumption (T1=5.332, T2=5.560 y T3=5.703kg) and statistically different ( $P<0.05$ ) than treatment 1. Weight gain, feed conversion and the yield carcass were similar for all treatments. Abdominal fat in treatment 3 was lower ( $P<0.05$ ) than the other treatments (T1=1.1%, T2= 1% and T3= 0.5%). Moreover treatment 2 and 3 showed a higher and statistically different pH ( $P<0.05$ ) than treatment 1 (T1=6.41, T2=6.49 and T3=6.47). The meat color of tretment 1 was different ( $P<0.05$ ) to the other treatments. The productive performance of chickens and the yield carcass were similar, so it can be said that there is no negative influence in the inclusion of 10% of *L. angustifolius* in the diet. The meat color and pH values for all treatments were similar to those of dark, firm and dry meat, possibly because of extenuation before the slaughtering. In conclusion, *L. angustifolius* doesn't have negative influence in chicken's performance and can improve the meat quality.

**Key words:** Broiler chickens; *Lupinus angustifolius* L; Meat quality; Soy

## Introducción

El género *Lupinus* spp. pertenece a la familia Fabaceae orden Fabales y se ha cultivado y usado durante siglos en amplias zonas geográficas para la alimentación animal y humana (Gladstones, 1998). Las semillas del género *Lupinus* poseen un elevado contenido de proteínas, fibra y carbohidratos, sin embargo es importante mencionar que también contiene alcaloides de tipo quinolizidínico los cuales pueden tener factores anti nutricionales cuando se consumen, las semillas de lupinos pueden ser dulces o amargos por su nivel de alcaloides, son dulces los que tienen una cantidad menor a 0.01% y son amargos los que tienen mayor cantidad a 0.01%, los niveles de alcaloides son una limitante para la utilización de esta alternativa proteica en las dietas de distintas especies productivas (Bañuelos *et al.*, 2006).

Es preciso observar que el perfil composicional de los alcaloides quinolizidínicos presentes en la semilla cambia por efectos del medio ambiente en el crecimiento de la planta, además existe una fuerte interacción entre la composición de la semilla, principalmente el contenido de proteína, y el tamaño y capacidad de retención de agua (Ortega *et al.*, 2010).

El *Lupinus angustifolius* (Linneo) o lupino azul es del tipo dulce y sus semillas poseen una elevada concentración de proteína y por esta característica puede sustituir el uso de la soya a la mitad de porcentaje de lo que habitualmente se utiliza en una dieta convencional con la soya como fuente de proteína en las dietas para pollo de engorda y de otras especies. El potencial de *L. angustifolius* como alimento para animales productivos ha estado bien documentado, por ello el interés en el uso de esta leguminosa en las dietas de los pollos de engorda (Hamilton *et al.*, 1996).

Gladstones (1998) realizó un estudio bromatológico para conocer la composición del *L. angustifolius* encontrando que contenía: 80% de materia seca, 3% de cenizas, 39% de proteína cruda, 11% de extracto etéreo y 9% de fibra cruda. Esto

deja entre ver que esta leguminosa tiene potencial nutricional para poder ser incluido en las dietas de pollos de engorda.

La producción mundial de Lupino, ha estado liderada históricamente por Australia, con una participación de 66% para el año 2009, con 614.000 toneladas, seguida por Bielorrusia (8%) y Alemania (7%). Chile, con una producción de 12.311 toneladas, sólo tiene una participación de 1,3%, menor que la que mantuvo en años anteriores, 4% promedio en el período 2000-2008 (ProChile, 2011).

Los productores de pollos de engorde utilizan actualmente menos de 100 g lupino/kg en dietas para aves en Australia, sin embargo, hay una clara evidencia de que las dietas de pollos de engorde y de gallinas de postura puede contener niveles mucho más altos de lupinos sin influencia negativa en la producción, la base para el nivel de inclusión superior de 100 g/kg en la dieta radica en el efecto de la inclusión de lupino en el contenido de humedad de las excretas, los desechos y condiciones ambientales para pollos de engorde (Barneveld, 1999).

Hamilton *et al.* (1996) realizaron un experimento, en donde se utilizaron diferentes tipos de cereales adicionados con *L. angustifolius* para medir la cantidad de energía metabolizable en pollo de engorda y usaron diferentes niveles de inclusión, 0, 8,16 y 24% notando con ello que no existía diferencia significativa en la cantidad de alimento consumido y ganancia de peso, pero si notaron que al incrementar el porcentaje de inclusión de *L. angustifolius* incrementaba la viscosidad ileal.

Steenfeldt *et al.* (2003) por su parte elaboraron una investigación en donde se incluyeron enzimas (Gal-I, y Gal-II en combinación con lactasa) a las dietas formuladas con *L. angustifolius* para los pollos de engorda y los resultados arrojaron que los pollos alimentados con *L. angustifolius* adicionados con las enzimas resultaron con mejores parámetros productivos que aquellos alimentados con *L. angustifolius* sin enzimas.

La soya (*Glycine max*) es el principal proveedor mundial de proteína, contiene aproximadamente 38% de proteína, 30% de carbohidratos, 18% de aceite, y 14% de humedad, cenizas, y la cascara (WISHH, 2013).

México es insuficiente en la producción de Soya por ello es considerado el cuarto importador de soya a nivel mundial, después de China, la Unión Europea y Japón (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, SAGARPA, 2010).

La importancia de este trabajo reside en la búsqueda de alternativas de proteína vegetal, así como es preciso no depender únicamente del uso de la soya como fuente proteica en las dietas de las explotaciones avícolas, ya que la alimentación de pollos de engorda en México se basan principalmente en la utilización de grano de sorgo y pasta de soya; ingredientes que son de alto costo básicamente por ser de importación.

Con el presente estudio se evaluó el uso de harina de *L. angustifolius* como una alternativa proteica en las dietas de pollo de engorda y con esto se buscó sustituir un 17 y 34 % el uso de la soya en las dietas de pollo de engorda. Por otro lado, las investigaciones sobre la inclusión de lupinos en animales productivos y en específico de los pollos de engorda han sido muy escasas en el país, por lo cual es importante dar una oportunidad de estudio a esta fuente de proteína alternativa y generar conocimiento acerca de esta leguminosa para las futuras generaciones.



## Revisión de literatura

### 1. Situación actual de la industria pollo para carne en México y Jalisco

En los últimos diez años la producción de pollo en pie se incrementó 44.6%, al pasar de 2.3 a 3.4 millones de toneladas, lo que significó una tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 3.8%. En todo el territorio nacional mexicano se produce pollo para engorda, aunque con diversos grados de intensidad y tecnología. En 2010, el principal productor de pollo en pie fue Jalisco al generar 11.1% de la producción nacional. Veracruz, Durango, Querétaro y Aguascalientes, son otros estados sobresalientes con participaciones de 10.2%, 9.9%, 7.9% y 7.6%, respectivamente. De la misma manera que la producción de pollo en pie, la producción de carne de canal ha mantenido una tendencia al alza, aunque la tasa de crecimiento ha disminuido, al pasar de incrementos mayores al 5% anual, en los primeros años de esta década, a un crecimiento menor al 2% en 2010. Los principales estados productores de pollo en pie son también los mayores generadores de carne en canal. En 2010, el 46.7% de la producción nacional de carne fue generada por cinco entidades federativas: Jalisco (11.3%), Veracruz (10.7%), Durango (9.4%), Querétaro (8.1%) y Aguascalientes (7.2%). La carne de pollo es la carne más producida en México, además, presenta un ritmo anual de crecimiento de 4%, solo por debajo del crecimiento de la producción de carne de ovino (5%) (Financiera Rural, FIRA, 2012).

La Unión Nacional de Avicultores (UNA) señala que entre los factores que favorecen el consumo de carne de pollo es que la misma permite diferentes formas de preparación, existe la tendencia de consumo hacia carnes con bajo contenido de grasa, el incremento de restaurantes de comida rápida. De acuerdo con esta organización y el 31% del pollo en México se comercializa vivo, 24% rostizado, 20% en el mercado público, 15% en el supermercado, 7% en piezas y 3% en productos de valor agregado. La producción de pollo es una importante fuente de empleos en nuestro país, se estima que en el 2010 dicho sector generó 691,800 empleos. Otro de los factores que impulsan el consumo de carne de pollo

en nuestro país es el precio, el cual es considerablemente menor al de la carne de cerdo y res. En los últimos años, la tendencia del precio del pollo ha sido positiva. Entre abril de 2009 y febrero de 2012, los precios del pollo en pie y en canal se incrementaron en cerca de 13%. En el mes de Mayo de 2015 el precio del pollo en pie se ubicó en \$23.50 (M/N) por kg, mientras que el precio del kg de pollo en canal se cotizó en \$28.50 (M/N).

Las exportaciones de pollo en pie son prácticamente inexistentes y la demanda nacional se abastece por medio de las importaciones. En 2010 se importaron 3.1 millones de aves en pie, y no se reportaron exportaciones, por lo que se registró un déficit de 21.3 millones de dólares (mdd). El 98.4% del pollo se importó de Estados Unidos y el 1.6% restante provino de Canadá. A pesar de que en los últimos tres años las exportaciones de carne de pollo se han incrementado considerablemente, estas continúan siendo escasas, si se comparan con la cantidad de carne importada. En 2010, se enviaron al exterior 10,626 toneladas de carne de pollo, con un valor de poco más de 10 millones de dólares, de las cuales 71.2% correspondió a trozos y despojos congelados, 28.1% a pollo entero congelado y el 0.6% restante a trozos y despojos frescos o refrigerados. Los principales destinos de la carne de pollo fueron Hong Kong (37.8%), el Congo (25.5%) y Vietnam (23.9%). Los bajos niveles de exportación de esta carne se deben a la protección de los mercados internacionales, al no quedar incorporado dentro de las preferencias arancelarias negociadas en los diferentes acuerdos y tratados comerciales; así como a la falta de conocimiento del estatus zoosanitario y el esquema de inspección en rastros TIF (Tipo Inspección Federal) en nuestro país. Entre 2000 y 2010, las importaciones de carne de pollo presentaron una TMAC de 8.4%. En este último año se adquirieron 535,822 toneladas, valuadas en 475 millones de dólares. La mayor parte de las importaciones de pollo en 2010 correspondió a trozos y despojos frescos o refrigerados (63.0%) y a trozos o despojos congelados (36.6%). Es importante destacar que en el periodo 2000-2010, las importaciones de estos dos grupos de productos se han incrementado a un ritmo anual de 12.4% y 7.2%, respectivamente. Por el contrario, el volumen importado de productos como el pollo entero fresco o refrigerado, pollo entero

congelado, y aves saladas o en salmuera, ha decrecido hasta representar en conjunto menos de 0.4% de las importaciones totales. El 97% de la carne de pollo importada en 2010 provino de Estados Unidos y el 3% restante de Chile (Unión Nacional de Avicultores, UNA, 2013).

La avicultura mexicana en el 2012, aportó el 0.77% en el PIB total, el 19.7% en el PIB (Producto Interno Bruto) agropecuario y el 40.9% en el PIB pecuario. Este sector participa con el 63% de la producción pecuaria nacional; 34.6% aporta la producción de pollo. La avicultura es la principal industria transformadora de proteína vegetal en proteína animal. En 2012 la avicultura generó 1 millón 167mil empleos. Cabe mencionar que el 38% lo genera la producción de pollo de engorda. En la alimentación de los mexicanos, el sector avícola juega un papel importante, ya que 6 de cada 10 personas incluyen en su dieta diaria productos avícolas (carne, huevo), esto se debe a que los precios se han reducido en términos reales en la última década y también a que son alimentos nutritivos y versátiles en su preparación. En México el consumo per-cápita de pollo ha aumentado de 15.83 kg en 1994 a 25.8kg durante el 2012 (UNA, 2013).

Las importaciones de soya en México equivalen a 4.5% de la soya que se comercializa a nivel mundial y en el 2009 México importó 3.5 millones de toneladas, destinando 98% al sector pecuario, debido a que la producción es mucho menor a su consumo, (SAGARPA, 2010).

## **2. *Lupinus***

De las más de 400 especies de lupinos reportadas en el mundo, alrededor de 80 crecen en 26 Estados de la República Mexicana. En el Estado de Jalisco se han reportado 15 especies distribuidas en diferentes zonas de la región occidente de México (Bañuelos *et al.*, 2006).

Es una planta fijadora de nitrógeno, que es una gran ventaja en la agricultura ecológica debido al reciclado del nitrógeno en el sistema de cultivo posterior. Por otra parte, las variedades más modernas de *L. angustifolius* contienen bajas concentraciones de alcaloides y también poseen un alto valor proteico y podría ser

un buen suplemento de la soya, esto ya que se utilizan en la actualidad como la proteína principal en la alimentación de pollo de engorda orgánico (Hammersoj y Steinfeldt, 2005).

Los lupinos están aumentando en importancia como componente de la dieta de los animales productivos en todo el mundo, más de la mitad de la producción total de lupino en el mundo se obtiene de Australia. Las especies de lupino utilizadas en la producción de ganado se rigen por la región de cultivo y/o proximidad de los sistemas ganaderos a los mercados, así como su valor nutritivo para las diferentes clases de ganado (Barneveld, 1999).

Cinco especies de lupino, *L. angustifolius*, *L. albus*, *L. atlanticus*, *L. consentinii* y *L. luteus* han sido totalmente domesticado de las especies del Viejo Mundo procedentes de la cuenca del Mediterráneo y el Norte de África. A pesar de la existencia de 150 a 500 especies de lupinos en el Nuevo Mundo (América), la mayoría son perennes, especies de pastizales con semillas pequeñas, y por lo tanto no han sido ampliamente domesticadas. Con mucho, la mejor forma de utilización de lupino en Australia es como un complemento integral para el pastoreo de ovejas alimentadas con forraje de baja calidad. Este suplemento de grano entero se puede ofrecer como parte de un cultivo de pastos, donde las ovejas, pero no ganado bovino, han demostrado ser eficaces cosechadoras de la semilla, o se alimenta de nuevo al animal después de la cosecha de las semillas. Las respuestas varían dependiendo de la calidad del forraje en oferta. *L. angustifolius* se utiliza ampliamente como un alimento suplementario para los rumiantes en Australia durante el verano hasta el período de otoño, especialmente para cerdos destetados, ovejas gestantes y vacías, debido a la falta de alimento de alta calidad. Hay pocas comparaciones del rendimiento de los rumiantes en diferentes especies o variedades de cultivo de grano de lupino, sin embargo, la suplementación de la dieta de los rumiantes con grano de *L. albus*, *L. angustifolius*, *L. luteus* y *L. consentinii* ha demostrado mejorar la ingesta y rendimiento de los animales dependiendo de la calidad de la fibra que se alimenta de forma simultánea. En Australia hay tres principales especies de lupinos

utilizados en dietas de cerdos: *L. angustifolius*, *L. albus* y *L. luteus*. *L. angustifolius* es un ingrediente de alimentación valioso para la industria del cerdo y se puede utilizar de manera efectiva en las dietas para la mayoría de las clases de los cerdos. *L. albus* en la actualidad no se recomienda para su uso en la alimentación de cerdos, debido a las depresiones resultantes en las tasas de crecimiento de cerdos, formular dietas comerciales para grandes porquerizas australianas demuestran escasa rentabilidad cuando se usa *L. albus*. La razón principal de la reducción de las tasas de crecimiento en *L. albus* se incluye en dietas para cerdos en niveles superiores a 150 g/kg, se reduce el consumo de alimento (Barneveld, 1999).

Por otro lado Mierlita (2013) estableció que se puede sustituir hasta un 60% de harina de soya con *L. albus* en dietas elaboradas para gallinas de postura, sin verse afectada la postura, la calidad, tamaño y composición del huevo. Otro estudio elaborado por Mierlita (2014), establece que los parámetros productivos (ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia) de pavos alimentados con *L. albus* no tuvieron ningún efecto negativo al compararlos con la dieta control la cual era a base de soya como fuente principal de proteína.

La prohibición de los suplementos de proteína animal ha aumentado la necesidad de la investigación diferentes sistemas de alimentación capaces de satisfacer las necesidades alimenticias de la ganadería, y al mismo tiempo velar por la calidad de la producción animal. Esto ha inducido a los agricultores a utilizar la soya que tienen un particularmente alto contenido de proteínas y, en ese sentido, es uno de los componentes mayormente utilizado y valioso en la alimentación de rumiantes y monogástricos. Sin embargo, los sistemas de producción orgánicos no requieren leguminosas genéticamente modificadas, como es el caso de la soya. Por ello se requiere tener alternativas viables y funcionales para obtener proteína de calidad para la alimentación de los animales productivos y que al mismo tiempo puedan beneficiar los suelos agrícolas contrarrestando la erosión de los mismos (Gresta *et al.*, 2010).

### 3. *L. angustifolius*

*L. angustifolius* mide de 20 a 80 cm de altura con unas hojas largamente pecioladas, alternas, palmaticompuestas, con 7 folíolos estrechamente oblongo-espátulados o lineares, de menos de 5 mm de anchos y con el envés pubescente y haz glabro. Las flores se disponen en densos racimos terminales multifloros, en los que cada flor es hermafrodita, zigomorfa y pentámera. El cáliz es globular, bilabiado con el labio superior bilobulado y el inferior trilobulado. La corola es de color azul y forma típicamente amariposada (Flora de Iberia, 2011).

Posee entre sus ramificaciones vainas color verde marrón en las cuales se encuentran de 3 a 7 semillas, son suaves y sin brillo, son de 4 a 6 mm de largo, de color amarillo o marrón, marrón oscuro o gris con manchas amarillas o blancas; hay 5.513 semillas / kg (Duke, 1981).

En el Cuadro 1 se muestra un análisis bromatológico de la semilla de *L. angustifolius* con y sin cáscara.

Cuadro 1.- Análisis Bromatológico de *L. angustifolius*

Análisis proximal de <i>L. angustifolius</i>		
Especie	<i>L. angustifolius</i>	
	Semilla completa (%)	Semilla sin cáscara (%)
Cáscara	24	0
Humedad	9	12
Proteína	32	41
Grasa	6	7
Ceniza	3	3
Lignina	1	1
Polisacáridos	22	29
Oligosacáridos	4	6
Componentes menores	0.50	1

Cuadro tomado de: Department of Agriculture and food, Government of Western Australia (2006).

El Cuadro 2 muestra el análisis de diez aminoácidos esenciales de la semilla de *L. angustifolius* como la lisina, metionina, entre otros

Cuadro 2.- Aminoácidos esenciales de *L. angustifolius* (g/16 g N)

Amino ácidos	Promedio	Mínimo	Máximo
Arginina	11.62	10.60	12.90
Histidina	2.57	2.12	2.86
Isoleucina	3.91	3.57	4.41
Leucina	6.90	5.91	7.40
Lisina	4.75	4.22	5.19
Metionina	0.66	0.49	0.82
Fenilalanina	3.85	3.17	4.17
Treonina	3.54	3.00	3.82
Triptofano	1.00	0.56	1.16
Valina	3.78	3.17	4.23

Cuadro tomado de: Department of Agriculture and food, Government of Western Australia (2006).

En el Cuadro 3 se muestra una comparación de valores nutricionales como porcentaje de proteína cruda, lisina total, fibra cruda, entre otros, eso, entre la semilla de *L. angustifolius* y harina de soya.

Cuadro 3.- Valores nutritivos de *L. angustifolius* y soya.

Nutriente	<i>L. angustifolius</i>	Harína de soya
Proteína cruda (N x 6.25), g	322	440
Lisína total, g	15	28
Grasa cruda, g	58	8
Calcio total, g	2.2	4.0
Fósforo total, g	3.0	6.0
Azufre total, g	2.3	
Fibra cruda, g	148.9	

Cuadro tomado de: Department of Agriculture and food, Government of Western Australia (2006)

### 3.1 Producción de *L. angustifolius* en el mundo

Durante la primera década del presente siglo, se ha producido una persistente disminución del área total del cultivo de *L. angustifolius* en el mundo. En un lapso de tan sólo nueve años, la superficie sembrada de este cultivo se ha reducido a menos de la mitad, cubriendo, en el último ejercicio con datos disponibles 2009, solamente 687 mil hectáreas, el menor nivel registrado desde 1983. Por otro lado, la producción se ha comportado de un modo diferente, presentando grandes fluctuaciones, lo que es resultado de variaciones en los rendimientos ocasionadas principalmente por factores climáticos. La mayor variación se muestra entre los años 2005 y 2006, cuando la producción tuvo una caída del 52%, mientras que la superficie sólo bajó en 2%. El comportamiento descrito se asocia a lo registrado



en Australia, país que históricamente ha ejercido un dominio absoluto sobre la producción mundial de *L.angustifolius*. Para el año 2005 poseía una participación del 77% de la producción mundial y que bajó a 59% en 2006, esta caída se debió, en parte importante, a la severa sequía que afectó en el año 2006 a Australia. Según ABARE (Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences), a nivel mundial la mayor parte de *L.angustifolius* se utiliza en la industria elaboradora de alimentos para animales, estimándose que actualmente menos de 4% de la producción total de *L.angustifolius* se destina a consumo humano. Por otro lado, también puede ser relevante destacar que, aunque China figura como el principal país importador de lupino, según las estadísticas de FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), la Unión Europea, Japón y la República de Corea son los principales destinos de las exportaciones australianas de *L.angustifolius*, según ABARE, y en conjunto concentran el 90% del valor de estas transacciones (ProChile, 2011).

En Australia *L. angustifolius* se utiliza cada vez como un reemplazo de la harina de pescado y harina de soya. Los rendimientos de las especies de lupino pueden variar mucho dependiendo de factores ambientales y, en menor medida, de las especies, con *L. albus* rendimiento de hasta 5 t / ha de materia seca (MS) en Francia y Chile, y *L. angustifolius* hasta 4 t / ha de MS en Nueva Zelanda, también se han reportado rendimientos de semilla de 1.5 a 2 t /ha con *L. angustifolius* (FAO, 2004).

La rápida expansión de *L. angustifolius* y el desarrollo de técnicas agronómicas han ayudado a transformar la región en el oeste de Australia, donde predominan las arenas profundas en una de las regiones de cultivo de cereales más rentables en Australia. Los rendimientos de trigo y los niveles de proteína se incrementan cuando se cultiva después del lupino. *L. angustifolius* debe cosecharse tan pronto como estén maduros. Los retrasos pueden dar lugar a importantes pérdidas de rendimiento debido a la ruptura de la vaina y expulsión de la semilla por ello deben cosecharse en las tres semanas de la madurez. Un medidor de humedad se debe utilizar para determinar cuando el cultivo está listo, y la cosecha debe comenzar tan pronto como el contenido de humedad alcanza el 14 por ciento. En algunas

temporadas esto ocurrirá cuando los tallos son todavía color verde pálido (Lupins.org, 2005).

Un riego en diversas proporciones en el período de crecimiento aumentó la producción de semilla de lupino en el ambiente seco de la agricultura oriental región del oeste de Australia. Esto se relaciona con los informes anteriores para muchos de los cultivos de leguminosas, incluyendo *L. angustifolius*. Sin embargo, un déficit de agua durante el crecimiento productivo temprano no redujo el rendimiento total de semillas, y el aumento de los rendimientos del tallo principal y los ejes apicales de primer orden. Esto también se ha informado anteriormente para la soya y el cacahuete (French y Turner, 1991).

### **3.2 *L. angustifolius* en dietas de pollo de engorda**

Se han evaluado niveles de inclusión de semilla de lupino en las dietas de pollos de engorde en varios estudios, pero no hay consenso con respecto al nivel máximo de lupino que se puede utilizar en raciones de pollos de engorda, los efectos adversos asociados con inclusión de altos niveles de lupino en la dieta se describe como la disminución de consumo de alimento y la tasa de crecimiento. Sin embargo, las restricciones en el nivel de inclusión de lupinos en dietas de pollos de engorda pueden no sólo ser debido a una depresión en la producción (Olkowski *et al.*, 2001).

Se evaluó el valor nutritivo de las semillas de *L. angustifolius* transgénicos (con mayor contenido de metionina), en pollos de engorde. La proteína cruda, metionina y cisteína contenidos en *L. angustifolius* convencionales y transgénicos fueron 322 y 324, 2.0 y 4.5, 3.6 y 3.7 g/kg respectivamente. En el ensayo de alimentación, semillas *L. angustifolius* convencionales y transgénicos con cáscara se incorporaron en una dieta de harina de maíz y soya a 250 g/kg y las dietas fueron administradas a los pollos de engorde hembras de 6 a 20 días de edad. Todas las dietas fueron equilibradas y contenían niveles similares de energía metabolizable aparente (EMA), lisina y aminoácidos azufrados. Los niveles de metionina agregados a la dieta control de harina de maíz y soya, *L. angustifolius*

convencional y dietas *L. angustifolius* transgénicos fueron 2.2, 2.8 y 2.2 g/kg, respectivamente. El aumento de peso y el consumo de alimento no fueron influenciados por los tratamientos, pero la conversión alimenticia fue mayor ( $P = 0,09$ ) en las aves alimentadas con dietas de *L. angustifolius* en comparación con los alimentados con la dieta control. La conversión alimenticia de las aves alimentadas con la dieta de *L. angustifolius* convencional fue mayor (1.82 vs 1.74) que para los alimentados con la dieta de *L. angustifolius* transgénicos. Estos resultados mostraron que la metionina suplementaria requerida en las dietas de aves de corral que contienen 250 g/kg de *L. angustifolius* se puede bajar por 0,6 g de dieta kg por el uso de *L. angustifolius* altos de metionina. Los valores de EMA de *L. angustifolius* convencionales y transgénicas se determinó que eran 9.42 y 10.18 MJ/kg, respectivamente. El valor de EMA mayor en *L. angustifolius* transgénicos puede estar relacionado con el menor contenido de polisacáridos no amiláceos (45,6 vs 60,7 g base seca al aire/kg). Los datos sobre la digestibilidad ileal de aminoácidos indican que los aminoácidos en *L. angustifolius* transgénicos son como digerible como aquellos en los altramuces convencionales (Ravindran *et al.*, 2002).

La mayoría de las variedades modernas de *L. angustifolius* contienen bajos niveles de alcaloides ( $< 0,01\%$ ), un alto nivel de fibra cruda y, posiblemente, los polisacáridos no amiláceos (PNA) que podrían influir en la disponibilidad de nutrientes para los pollos de engorda. niveles totales de proteínas no estructurales de *L. angustifolius* (Steenfeldt *et al.*, 2003). Los PNA pueden ser insolubles o solubles en agua (McDonald *et al.*, 2002). Ambos desempeñan varias funciones en los procesos de digestión y absorción en el tracto gastrointestinal. Sin embargo, la influencia que pueden tener sobre la viscosidad intestinal y, por tanto, sobre la velocidad de tránsito presenta controversia (Mossami, 2011) ya que este efecto depende no sólo de la solubilidad sino también del contenido en lignina y del tamaño de las partículas. *L. angustifolius* contiene PNA solubles los cuales aumentan la viscosidad de la digestión disminuyendo la velocidad de tránsito lo que se traduce en:

- 1) Disminución del consumo voluntario de pienso y, por tanto, del ritmo de crecimiento empeorando la eficacia alimenticia.
- 2) Disminución de la digestibilidad de los nutrientes (Jørgensen *et al.*, 1996) debido a la disminución de la actividad de las enzimas digestivas. Al disminuir la digestibilidad de los nutrientes, aumenta el contenido de humedad y de materia orgánica y disminuye el de materia seca en la excreta.
- 3) Incremento de los procesos fermentativos. La inclusión de un 3% de PNA solubles en dietas para pollos de engorde supone pérdidas de energía debido a la síntesis de calor y de ácidos grasos volátiles en las heces y por tanto, disminuye la EMA (Choct *et al.*, 1996).

Las restricciones en el nivel máximo de inclusión no son necesariamente debido a las caídas en la producción por encima de este nivel, son por su parte debido a la incidencia de excrementos húmedos pegajosos que pueden ser promovidos por altos niveles de *L. angustifolius* (Breytenbach y Ciacciariello, 2006).

Hasta 250 g/kg de dieta de cualquier variedad de *L. angustifolius* pueden ser incluidos en las dietas de pollos de engorde, sin efectos perjudiciales sobre el crecimiento u otras mediciones de producción en comparación con los piensos comerciales de otras fuentes de proteína como la harina de soya. Otros estudios han indicado aún mayores inclusiones de hasta 300 o 400 g/kg se pueden utilizar sin efectos perjudiciales sobre la producción de las dietas previstas, se complementan con aminoácidos tales como metionina. Estos niveles, sin embargo, aumentarán la humedad en excretas y deben evitarse para no deteriorar la salud de los pollos (Steenfeldt *et al.*, 2003).

Un experimento con pollos de engorde se llevó a cabo para estudiar el efecto de la inclusión de lupino azul y enzimas exógenas a las dietas de pollos de engorde en la energía metabolizable aparente (EMA), la digestibilidad y el rendimiento. Dos dietas basales se formularon: una dieta A basada en una harina de soya y maíz, y una dieta B, donde partes de harina de soya y de maíz fueron sustituidos con lupino azul (200 g/kg). En las dos dietas basales los pollos fueron alimentados ya sea solo o para la dieta B en combinación con diferentes preparaciones de

enzimas (Bio-Feed Plus, lactasa, dos galactanasas) (Gal-Gal-I y II). El experimento se realizó en jaulas en batería con 648 pollos de engorde machos, donde ocho dietas experimentales fueron el alimento para los pollos de 7 a 21 días de edad y el aumento de peso y consumo de alimento fueron medidos durante el período.

Al final del experimento, tres pollos de cada corral se sacrificaron y el contenido del yeyuno y el íleon se recogieron por separado y se combinaron para ser utilizados en la medición de la viscosidad intestinal. Para las mediciones de la EMA y la digestibilidad aparente las excretas se recogieron en 22-24 días de edad y los contenidos ileales recogidos en 25-26 días de los pollos restantes. La sustitución de harina de soya y maíz con lupino azul deprime el aumento de peso (9%) y el índice de conversión (12%) significativamente. El consumo de alimento de las dietas a base de lupino no se redujo. La proteína de lupino se digirió a la misma medida que la proteína de la harina de soya, el coeficiente de digestibilidad ileal aparente fue en promedio 0.75. Sin embargo, el alto contenido de los polisacáridos no amiláceos (PNA; 450 g / kg) en el lupino deprimió la digestibilidad aparente de la materia orgánica en aproximadamente un 10%. La EMA de la dieta sin lupino fue 14.01 MJ/kg de materia seca (MS) en comparación con un valor de 13.11 MJ/kg de MS en la dieta de control de lupino.

Las mejoras en los parámetros medidos fueron vistas con algunas de las enzimas. Gal-I, y Gal-II en combinación con lactasa eran las enzimas más eficientes relativas a la mejora en EMA y el rendimiento. El aumento de peso se incrementó en 3.5 a 5.5% por adición con estas enzimas. Gal-I aumentó el EMA significativamente a 13.65 MJ/kg, un valor no significativo diferente del EMA de la dieta sin lupino. No hubo efecto de la adición con las diferentes enzimas en los coeficientes de digestibilidad aparente de la materia orgánica medido en el íleon, mientras que la adición con Gal-I de la dieta de lupino aumentó la digestibilidad aparente de la materia orgánica sobre el tracto total de un 3%. El modo de acción de las galactanasas ha sido para hidrolizar el galactano en la pared celular del lupino PNA a la galactosa y dímeros de galactosa, que son la energía rendimiento para las aves de corral. De los resultados obtenidos, se puede indicar que Gal-I

aumentó la utilización de la energía de la dieta a base de lupino, confirmado por el contenido EMA mejorada y el rendimiento. El lupino azul (*L. angustifolius*) tiene una alta concentración de proteína y, potencialmente, puede sustituir a la harina de soya como fuente de proteína en las dietas de aves de corral. Sin embargo como la mayoría de las proteínas de leguminosas, el contenido de metionina es bajo y la suplementación con los aminoácidos que contienen azufre será necesaria para optimizar las dietas de aves de corral incluyendo el lupino como ingrediente.

Dado que las variedades más modernas de *L. angustifolius* contiene bajas concentraciones de alcaloides, el principal problema en el uso de lupinos parece ser el nivel de los PNA, que es casi el doble en los lupinos que en otras plantas ricas en proteínas. Esto restringe el uso de lupinos en las dietas para pollo de engorda, como no hay enzimas de degradación, PNA endógenos están presentes en el sistema intestinal aviar, y se cree que PNA en lupinos afecta a la ingesta de alimento y la digestibilidad.

El contenido y composición química de los PNA varía entre especies de lupino, pero en general la mayor PNA en los granos de lupino es el galactano que consta de varias cantidades de D-galactosa, L-arabinosa, L-ramnosa y ácido galacturónico. Los lupinos con baja cantidad de alcaloides se utilizan en cantidades cada vez mayores en las dietas para gallinas de postura y pollos de engorda, especialmente en Australia, donde la especie predominante es *L. angustifolius*, y así como otras semillas de leguminosas, también se han convertido en una importante fuente de proteína para animales no rumiantes en Europa como una alternativa a las semillas de soya importadas. Su uso se ha limitado en el norte de Europa debido a las condiciones de cultivo difíciles y una breve temporada. El desarrollo de las variedades de lupinos resistentes al frío ha aumentado la posibilidad de cultivo y cosecha de lupino en climas templados. Sin embargo la pregunta sigue siendo, la forma de eliminar el efecto anti-nutricional de los PNA de los cuales aproximadamente 15 % son solubles. Algunos estudios han examinado el efecto de la adición de enzimas exógenas a las dietas de pollo de engorda con un alto contenido de lupino. Los resultados han sido variables con mejoras reportados van desde ningún efecto a un aumento significativo en la

digestibilidad, contenido de energía metabolizable aparente (EMA) y el rendimiento. Se ha demostrado que una exo- galactanasa aislada de *Bacillus subtilis* podría catalizar la escisión de galactobiosa desde el extremo no reductor de galactano sustrato. También se purificó una exo - galactanasa de *L. angustifolius* y demostraron que la enzima era un factor importante implicado en la despolimerización de galactano componente dominante de la pared celular en el lupino. La presente investigación se llevó a cabo para estudiar los efectos de la inclusión del lupino azul (*L. angustifolius*) en las dietas de pollos de engorde y la suplementación enzimática sobre la digestibilidad, contenido de EMA y rendimiento. El alto contenido de PNA en el lupino puede tener un efecto negativo en los parámetros medidos, y un objetivo importante en el presente experimento fue estudiar el efecto de la adición con dos hongos  $\beta$ -galactanasas, una lactasa, así como una preparación de enzima comercial Bio-Feed Plus a las dietas a base de lupinos. El modo de acción de las galactanasas es para hidrolizar el galactano en la pared celular de PNA a galactosa y dímeros de galactosa, que puede proporcionar la energía (Steenfeldt *et al.*, 2003). Un experimento similar al anterior fue elaborado por Froidmont *et al.* (2004) donde la utilización de enzimas exógenas no tuvieron efecto alguno en las dietas de pollos alimentados con semillas de *L. angustifolius*. Otro experimento similar fue elaborado por Olowski *et al.* (2010) donde las enzimas utilizadas para contrarrestar los efectos de los polisacáridos no amiláceos y los resultados fueron favorables en lo que respecta a digestibilidad de nutrientes.

La extrusión y descascarado de lupino azul (*L. angustifolius*, cultivar Wonga) fueron evaluados en términos de su efecto sobre el nitrógeno corregido de la energía metabolizable aparente (EMA) en el valor y el rendimiento de pollos de engorde. Se realizó un ensayo en los siguientes cuatro productos de lupino: harina de lupino (HL), harina de lupino descascarado (HLD), harina de lupino extruido (HLE) y harina de lupino descascarado y extruido (HLDE) fueron probados. Dos dietas se formularon, uno sin el material de ensayo (control) y la otra a base de lupino (BL) (contenida 170 g de lupino / kg para la dieta de prueba de arranque y 174 g de lupino / kg para la dieta de prueba de acabado). Las dietas de prueba A

continuación se prepararon mediante la sustitución de la BL con cantidades iguales de HLD, HLE y HLDE respectivamente. Cada una de estas dietas de prueba a continuación, se mezclaron con la dieta de control a los seis niveles de inclusión (0, 20, 40, 60, 80 y 100%) para producir experimentales dietas con niveles crecientes de la sustancia de ensayo. Con estas dietas se alimentaron a tres grupos de 80 pollos de engorda de la línea genética Ross 308 con una duración de 42 días. El rendimiento del pollo se midió en términos de peso corporal, consumo de alimento y conversión alimenticia. La extrusión de la harina de lupino disminuyó la EMA de 8,61 MJ / kg a 7,52 MJ / kg. El HLE también resultó en el rendimiento del pollo inferior en comparación con HL y HLD para todos los parámetros medidos. La combinación de descascarado y extrusión (HLDE) no dio como resultado mejoras significativas por encima de la observada para HLE. El descascarado de la harina de lupino (HLD), sin embargo, aumentó EMA de lupinos de 8,61 MJ / kg a 8,81 MJ / kg y este efecto también se observó cuando se comparó con HLE y HLDE (7,52 MJ/kg a 8,04 MJ/kg). Así, el descascarado de lupinos representa un producto más denso en nutrientes y esto se reflejó en los rendimientos de engorde superiores observados con HLD en comparación con los demás productos de lupino (Breytenbach y Ciacciariello, 2006).

#### **4. Rendimiento en canal, grasa abdominal, pH y color de la carne.**

La industria avícola se ha mantenido competitiva debido a su habilidad de cambiar y evolucionar continuamente de acuerdo a los cambios en las necesidades de los consumidores. Sin embargo la demanda de calidad en la carne de pollo abarca tanto las características deseables en canales completas, así como en partes o carne deshuesada. Las características de calidad en canales completas comprenden la pigmentación cutánea, apariencia, tamaño y peso. Mientras que la carne deshuesada es la base en la manufactura de productos con valor agregado, los cuales representan un cambio en la presentación tradicional de la carne de pollo, debido a la demanda del consumidor por productos que representan mayor comodidad y por la variedad en productos cárnicos (El sitio avícola, 2012). Por lo



anterior se debe entender la evolución que han tenido los parámetros productivos medidos en los pollos de engorda, una breve explicación únicamente como referencia en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Rendimientos de pollo de engorda. Evolución histórica.

<b>Parámetros / Año</b>	<b>1957</b>	<b>1991</b>	<b>2001</b>
<b>Peso en canal Kg</b>	0.655	2.048	3.145
<b>Rendimiento en canal %</b>	63.1	69.3	74
<b>Rendimiento de pechuga %</b>	12.2	15.4	20.9
<b>Grasa de canal %</b>	11.1	14.5	14.4
<b>Grasa abdominal %</b>	0.8	1.3	1.52

Cuadro obtenido de Temprado (2005).

La grasa abdominal es buen indicador del contenido total de grasa corporal del pollo de engorda y representa alrededor del 3.5% del peso vivo y el 15% de la grasa total. El engrasamiento del pollo produce efectos económicos y sociales indeseables, ya que deteriora la conversión alimenticia y disminuye el rendimiento de canal, debido a la eliminación de la grasa abdominal en el momento del sacrificio. La presencia de grasa, especialmente la de carácter más saturado, aumenta los riesgos cardiovasculares en humanos y su presencia en la canal es considerada un desperdicio energético. La composición corporal del pollo varía con el crecimiento, cobrando mayor importancia el contenido de grasa abdominal con la edad. Numerosos factores (genética, sexo, edad, temperatura, nutrición y manejo) influyen sobre el contenido de grasa del pollo. En relación con la nutrición, la administración de dietas concentradas en proteína y aminoácidos mejoran el porcentaje de carne magra deshuesada y procesada. El rendimiento y la calidad de la canal reflejados en la cantidad de carne y grasa depositada, es afectada por la línea genética del ave. La selección genética ha logrado que el pollo actual derive más nutrientes para crecimiento y menos para conservación, acompañado

de una reducción gradual en la acumulación de grasa abdominal. Las hembras tienen menores ganancias de peso y depositan más grasa que los machos para una misma edad. El problema se agudiza debido a que en numerosas ocasiones las hembras se benefician a más edad que los machos lo que resulta en engrasamiento excesivo. Además, el contenido de grasa en la carne de las hembras varía muy poco con la edad, siendo mayor el incremento en la grasa abdominal y en la grasa ligada a la piel. Los pollos acumulan grasa según se acercan a la madurez y los cambios en el porcentaje de grasa en la canal con la edad son más evidentes que los cambios en proteína y ceniza. Por otro lado, la proporción de grasa abdominal depositada no es uniforme al aumentar la edad, la proporción de grasa abdominal depositada es más baja que el incremento de peso corporal después de los 19 días de edad. Esto ocurre debido al mayor crecimiento muscular observado antes de la edad de beneficio. Por otro lado, el índice de conversión alimenticia de los pollos empeora con la edad, en parte debido a que se necesita más alimento para depositar grasa que para depositar tejido magro (músculo y agua) y en parte al incremento de los gastos energéticos para conservación. Las temperaturas altas aumentan la deposición de grasa. En verano las canales son más grasas que en invierno, especialmente cuando los galpones no tienen control ambiental. Se estima que por cada 10°C de incremento en la temperatura ambiental el contenido en grasa de la canal aumenta un 2%. Sin embargo, la reducción del contenido de grasa de la canal mediante reducción de la temperatura ambiental no es una solución práctica, debido al incremento en el consumo y al deterioro de la conversión alimenticia con bajas temperaturas. De todas formas, el efecto de la temperatura sobre el contenido de grasa es menor que el efecto de factores tales como la genética, el sexo o la nutrición. No siempre la máxima tasa de crecimiento es la más rentable, ya que en general a mayor crecimiento mayor es la mortalidad por muerte súbita y ascitis. De hecho, la restricción alimenticia durante la fase de inicio, mejora la conversión alimenticia y disminuye la mortalidad de los pollos. Es una práctica común reducir el contenido de proteína y aminoácidos de la dieta final para reducir los costos de producción o

administrar la dieta final antes de los 35 días de edad, sin embargo, estas prácticas aumentan la deposición de grasa (Midiateca digital, 2005).

La grasa abdominal incluye la grasa visceral y el depósito retroperitoneal. La primera se pierde irremisiblemente durante el procesado de la canal. La grasa del depósito permanece con la canal y por tanto no afecta al rendimiento cuando se vende el pollo entero. Tiene efectos de rechazo sobre el consumidor y afecta el rendimiento si se despieza la canal. Es pues la grasa más indeseable y el objetivo es hacerla desaparecer. La grasa abdominal supone entre 2.5 y 4.5 % del peso vivo del pollo. Durante las primeras semanas de vida existe una estrecha correlación entre la grasa total y la grasa abdominal. Sin embargo, a partir de las 5 a 6 semanas se pierde esta relación. El abdomen empieza a comportarse como un lugar de almacenamiento del exceso de energía consumida (Mateos y Méndez, 1993).

El retiro de alimento previo al sacrificio es un procedimiento muy utilizado y representa un periodo de tiempo que da lugar al vaciamiento del tracto digestivo. Un adecuado tiempo de ayuno debe proveer un buen vaciamiento del tracto digestivo sin afectar el rendimiento de la canal (Bilgili y Hess, 1997), por lo cual el acceso al agua durante el tiempo que se retira el comedero en la caseta permite que la merma en el peso corporal al sacrificio sea menor (Zuidhof *et al.*, 2004). Existen diversos factores a tomar en cuenta, pero el tiempo generalmente utilizado es de 8 a 12 horas (Wabeck, 1992).

El sacrificio desencadena múltiples cambios bioquímicos que llevan a la transformación del tejido muscular a carne. A medida que disminuye la concentración de oxígeno muscular se establece un metabolismo anaerobio y acumulación de ácido láctico que provoca una reducción del pH, desde valores próximos a 7 en el animal vivo, hasta alcanzar un pH entre 5.3-5.7 a las 24 horas *post-mortem*. Un rápido descenso del pH *post-mortem* generará carne Pálida Suave y Exudativa, esta condición anormal es ocasionada por estrés excesivo durante la matanza. Por otra parte, valores de pH después de 24 horas mayores a 6.2 son indicativos de carne Dura Firme y Oscura, resultado de un ayuno excesivo

o estrés prolongado previo a la matanza. El pH de la carne aumenta gradualmente por el incremento en bases volátiles a medida que se suscitan reacciones de proteólisis, descarboxilación y oxidación, entre otras, que en estado avanzado son responsables de su deterioro. Las características de color, jugosidad y textura, además de otras propiedades como la capacidad de retención de agua (CRA) y la capacidad de emulsión (CE), dependen en gran medida del pH de la carne, por lo que estas variables se consideran los principales indicadores de la calidad de la carne fresca, así como de su aptitud tecnológica para la elaboración de productos cárnicos (Pérez y Ponce, 2013).

Las características de calidad de las canales completas comprenden la pigmentación cutánea (para algunas zonas geográficas de Latinoamérica), apariencia, tamaño y peso. Mientras que la carne deshuesada es la base en la manufactura de productos con valor agregado, los cuales representan un cambio en la presentación tradicional de la carne de pollo, debido a la demanda del consumidor por productos que representen mayor comodidad y por la variedad de productos cárnicos (El sitio avícola, 2012).

La evaluación del color se puede realizar mediante diversas técnicas espectrofotométricas o por análisis de imágenes, independientemente de la capacidad de percepción del ojo humano. La determinación del color a través de la espectrofotometría de reflectancia es uno de los métodos más utilizados debido a su estrecha correlación con la percepción visual humana, en esta técnica se mide la cantidad de luz transmitida o reflejada con relación a una referencia estándar dentro de la zona del espectro visible (380-750 nm). El espectrofotómetro de 2reflectancia consta de una fuente de luz que al incidir sobre la muestra (con un ángulo de 45°) provoca una reflexión difusa que pasa por una serie de filtros (X,Y,Z). Cada filtro tiene acoplado un fotorreceptor que genera una respuesta  $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$ , obteniendo los valores triestímulo X,Y,Z creando una respuesta semejante a la observada por el ojo humano (observador estándar) cuando ve la misma muestra iluminada en las mismas condiciones. La meta de esta prueba es obtener las coordenadas de  $L^*$  (luminosidad),  $a^*$  (componente rojo) y  $b^*$  (componente amarillo) (Pérez y Ponce, 2013).

## **5. Panorama actual de la Soya (*Glycine max*)**

La pasta de soya es un ingrediente proteico comúnmente usado para la alimentación animal por su aporte de proteína y, especialmente, de aminoácidos esenciales, como la lisina (Balloun, 1980). El frijol soya al serle removido el aceite resulta un subproducto (pasta de soya) que presenta un aceptable contenido de energía metabolizable y alta digestibilidad de proteínas (Ikurior *et al.*, 1993). La harina o pasta de soya se ha caracterizado por ser un ingrediente básico para la nutrición animal, principalmente por su contenido proteico que varía entre el 44 y 49% (Cuca *et al.*, 1996).

La soya es una de las más importantes fuentes de proteínas del planeta. La producción mundial ha aumentado de 29 mil toneladas en la cosecha de 1964/1965 para aproximadamente 261 millones de toneladas en la campaña 2010/2011 (Figura 3). En los últimos diez años, la producción total de soya y el área plantada han crecido en torno al 48% y 37%, respectivamente. Con el aumento continuo de la población mundial, la demanda por fuentes de proteína, como la soya, tiende a crecer cada vez más (International Finance Corporation, IFC, 2011).

Estados Unidos, Brasil y Argentina son los tres mayores productores y exportadores de soya del mundo. En la campaña 2009/2010, los Estados Unidos recolectaron 91 millones de toneladas de soya, lo que equivale al 35% de la producción mundial, exportando 41 millones de toneladas, valor este que corresponde al 44% de la exportación total mundial. Brasil y Argentina son los responsables del 46% de la producción de soya del mundo y en los últimos años han surgido como los países con mayor capacidad de expansión de la producción. Así, en los últimos diez años, la producción de soya en Brasil y Argentina aumentó un 82% y 78%, respectivamente. En los Estados Unidos, durante el mismo periodo, este aumento fue apenas del 21%. Este dato pone de manifiesto la creciente relevancia de los dos países sudamericanos en el contexto del mercado global de soya. El aumento de la producción de soya, en función de la creciente demanda, puede explicarse en base a dos variables: expansión del área plantada

y beneficios productivos. En relación con el área plantada, los Estados Unidos también son el primer país colocado, con 31 millones de hectáreas. Brasil y Argentina se posicionan en segundo y tercer lugar, respectivamente, con 24,2 y 18,6 millones de hectáreas (IFC, 2011).

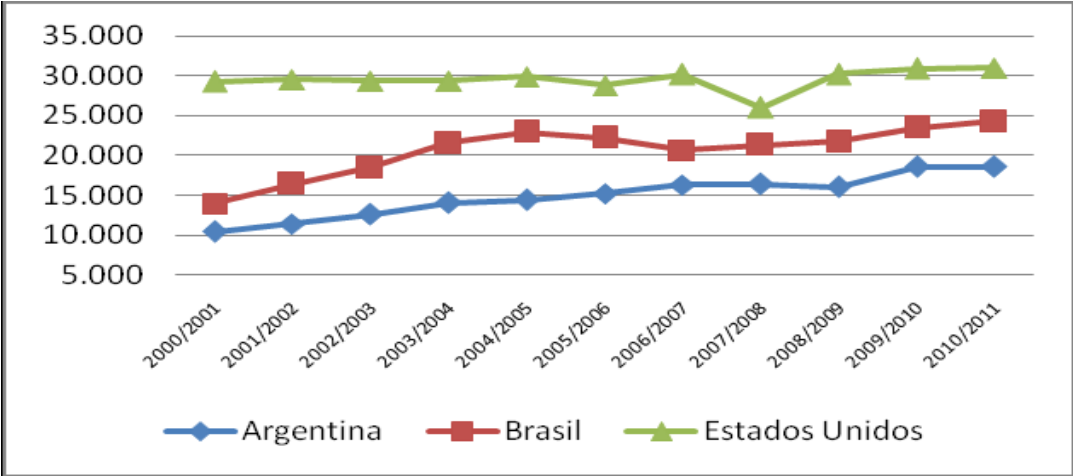


Figura 1. Área plantada de soya en Brasil, Argentina y Estados Unidos (miles de hectáreas). Fuente: USDA Foreign Agricultural Services (FAS) (2011).

Estados Unidos, Brasil y Argentina presentan un crecimiento equivalente en cuanto a los niveles de productividad. Sin embargo, en los últimos diez años, la mayor expansión del cultivo observada en Brasil y Argentina con relación a los Estados Unidos, se ha debido más a un aumento del área que a las ganancias de productividad (Figura 4). Aún así, merece la pena resaltar que el aumento del área en Argentina se llevó a cabo sobre tierras destinadas a otros cultivos, mientras que en Brasil este incremento se realizó también sobre áreas de vegetación nativa, en su mayoría en regiones de Cerrado. Si Brasil y Argentina hubieran expandido la producción únicamente atendiendo a las ganancias de productividad, el crecimiento habría sido equivalente al norteamericano (IFC, 2011).

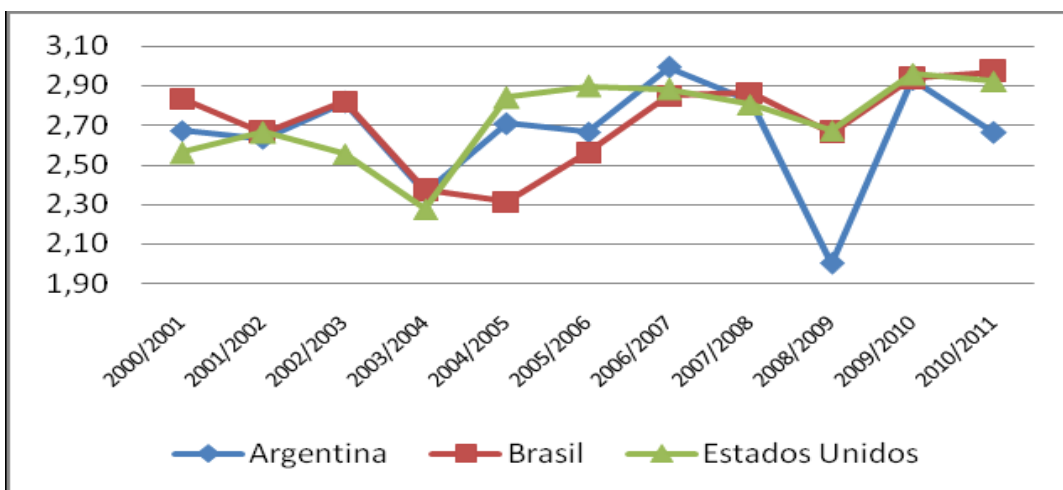


Figura 2. Productividad de la soja en Argentina, Brasil y Estados Unidos (Mt/ha).  
Fuente: USDA Foreign Agricultural Services (FAS) (2011).

Estados Unidos, Brasil y Argentina también lideran el ranking de exportación de soja en el mundo. Los tres países juntos, responden por el 90% de las exportaciones mundiales de soja en grano. No obstante, Argentina destaca en la exportación de los derivados de soja, principalmente en aceite y harina, debido entre otras ventajas competitivas, a la política fiscal de exportación. Durante la campaña 2009/2010, Argentina exportó casi un 50% más de harina de soja que Brasil y alrededor de un 60% más que Estados Unidos. Del mismo modo, Argentina exportó aproximadamente un 66% más de aceite de soja que Brasil y que Estados Unidos (IFC, 2011).

Cuadro 5. Principales exportadores de soya en el mundo 2010/2011.

País	Millones de toneladas	% exportación mundial
Estados Unidos		
Grano	42	44%
Harina	10	14%
Brasil		
Grano	32	34%
Harina	14	24%
Argentina		
Grano	10	10%
Harina	29	49%
Paraguay		
Grano	6	6%
Harina	1	2%

Fuente: USDA – PSD Online (2011).

Entre los principales destinos de exportación de la soya en grano, destacan China y la Unión Europea (Cuadro 6). En los últimos diez años, las importaciones chinas de soya en grano sobrepasaron a las europeas y en la actualidad continúan en un crecimiento acelerado. Las importaciones europeas han disminuido un 30% durante los últimos diez años, mientras que las importaciones chinas han aumentado un 280% durante el mismo periodo. No obstante, la Unión Europea aún es el principal importador mundial de harina de soya (Cuadro 7). Aún así, a semejanza de lo que ocurre con el grano, la participación europea en la importación de harina también viene decreciendo.



Cuadro 6. Principales importadores de soya 2009/2010.

País	Millones de toneladas	% importación
<b>China</b>		
Grano	55	59%
Harina	0.3	1%
<b>Unión europea</b>		
Grano	14	15%
Harina	23	40%

Fuente: USDA- PSD Online (2011).

Las importaciones de México equivalen a 4.5% de la soya que se comercializa a nivel mundial y en el 2009 México importó 3.5 millones de toneladas, destinando 98% al sector pecuario, debido a que la producción es menor a su consumo. En ese año, en México se produjeron 153,000 toneladas de soya, equivalentes a 4.7% del consumo total nacional de ese año. El 87% de la producción se concentró en los estados de Tamaulipas (58%), Chiapas (16%) y San Luis Potosí (13%) (Figura 4). (Sistema Nacional Sistema- Producto, 2010).

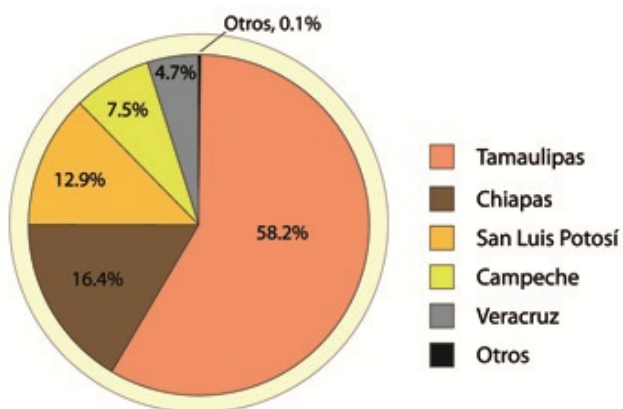


Figura 4. Principales productores de soya en México

Fuente: [www.oleaginosas.org](http://www.oleaginosas.org)

En el cuadro 8 se muestra el precio por kg se la soya y del lupino australiano, para la elaboración de este cuadro fue precisa la búsqueda de información en distintas fuentes y es preciso mencionar que es el precio que se estableció en el mes de Septiembre de 2014, cabe mencionar que los precios no son fijos, pero la tendencia actual establece que la demanda actual de soya ha disminuido y la de lupino está en aumento.

Cuadro 7. Comparativa del precio (pesos mexicanos) de la pasta de soya y de la semilla de *L. angustifolius* en Julio de 2015.

<b>Semilla</b>	<b>Precio / kg</b> <b>M.N. MX</b>
Soya	7.57
Lupino	5.22

Fuente: elaboración propia

## **Hipótesis**

La inclusión de 5% y 10% de harina de semilla de *L. angustifolius* en dietas de pollo de engorda, sustituye en 17 y 34% el uso de la harina soya en las dietas.

## **Objetivo general**

Evaluar la inclusión de la harina de la semilla de *L. angustifolius* como sustituto de la harina de soya en las dietas de pollo de engorda.

## **Objetivos específicos**

- Realizar análisis bromatológico de la harina de semilla de dos variedades *L. angustifolius* (Probor y Haags Blaue), determinación de calcio, fósforo y prueba de digestibilidad de pepsina *in vitro* de las dietas
- Determinar parámetros productivos (ganancia diaria de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia) semanalmente hasta cumplir 7 semanas de edad de los pollos alimentados con las dietas con y sin harina de semilla de *L. angustifolius*.
- Determinar rendimiento en canal, medición de porcentaje de grasa abdominal, pH y color de la carne.

## **Materiales y métodos**

El presente trabajo se desarrolló en el Laboratorio de Bromatología y en la caseta de pollo de engorda del Centro de Estudios en Producción Animal (CEPA) del Departamento de Producción Animal del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara ubicado en el Camino Ramón Padilla Sánchez No. 2100 Nextipac, Zapopan, Jalisco, con las coordenadas 20°74'59.05", de latitud norte, 103°50'96.38" de longitud oeste y altitud de 1670 m (INEGI, 2014).

### **Obtención de la semilla de dos variedades de *L. angustifolius***

El Departamento de Botánica y Zoología realizó un experimento durante el ciclo de cultivo otoño invierno (2013-2014) para determinar el rendimiento de seis variedades de *L. angustifolius* (Haags Blaue, Boruta, Boregine, Sonate, Borlu y Probor) las cuales fueron proporcionadas por Saatzucht Steinach (Münster, Alemania) en Octubre del año 2013. Dicho experimento se llevó a cabo en el campo agrícola experimental del CUCBA con las mismas coordenadas y altitud mencionadas al inicio de este apartado. Antes de llevarse a cabo la siembra, mediante un tractor y sus respectivos implementos agrícolas se realizó un barbecho y dos pasos de rastra, donde después se realizaron surcos de 80 cm de separación. La siembra se realizó de forma manual colocando las semillas sobre el lomo de los surcos a una distancia entre plantas de 10cm. Se aplicó riego mediante la utilización de cintillas con una distancia entre goteros de 20 cm. En las primeras etapas del cultivo la cintilla se colocó sobre el lomo de los surcos, posteriormente antes de la floración, las cintillas se colocaron bajo el surco, también se controlaron algunas malezas de manera manual y no se aplicó ningún fertilizante.

Se cosechó de manera manual a las 16 y 17 semanas cuando las vainas de la planta tenían un color verde marrón y una textura rígida, después se procedió a separar las semillas de las vainas de manera manual y se almacenaron las semillas en costales con capacidad de 50 kg.

## **1. Pruebas in Vitro**

### **1.1 Estudio bromatológico de la harina de semilla de *L. angustifolius***

La metodología utilizada para realizar este estudio se tomó de Horwitz y Latimer (2005).

#### **1.1.1 Determinación de materia seca**

En una caja de aluminio previamente secada en la estufa a 105°C se agregaron 5g de harina de dos variedades de *L. angustifolius* (Probor y Haags Blaue) y se pasaron al horno durante 18 horas a 100°C, después se pasó a la campana de desecación por 20 minutos para determinar el peso del residuo.

#### **1.1.2 Determinación de cenizas**

En un crisol a peso constante se pesaron 2g de harina de dos variedades de *L. angustifolius* (Probor y Haags Blaue), después se calcinaron en la mufla a una temperatura de 550 a 600°C durante 3 horas. Posteriormente se dejó bajar la temperatura a 100°C y la muestra se pasó a la campana de desecación durante 20 minutos para determinar el peso del residuo.

#### **1.1.3 Determinación de proteína cruda**

La determinación de proteína cruda se llevó a cabo por el método Kjeldhal junto con la realización de la titulación, esto para poder conocer el nitrógeno total en

forma de amonio de la muestra de harina de dos variedades de *L. angustifolius* (Probor y Haags Blaue).

#### **1.1.4 Determinación de grasa cruda (extracto etéreo)**

Se pesó un papel filtro de poro medio con 2g de harina de dos variedades de *L. angustifolius* (Probor y Haags Blaue), después se pesó un vaso para determinación de grasa cruda, previamente deshidratado y enfriado. El tiempo de extracción fue de 3 horas con una velocidad de condensación de 5 a 6 gotas por segundo, se recuperó el éter y se secó el residuo en una estufa por 30 minutos a 100°C, se pasa al desecador por 20 minutos y se pesa el residuo.

#### **1.1.5 Determinación de fibra cruda**

Digestión ácida.

Se pesaron 0.5g de harina de dos variedades de *L. angustifolius* (Probor y Haags Blaue) en una bolsa de muestra y se pasó a un vaso de Berzelius de 600mL, después se añadieron 200 mL de ácido sulfúrico al 1.25 %. Se colocó el vaso inmediatamente en el digestor y se hervirá exactamente por 45 minutos. Para concluir se lavó con 200mL de agua caliente en 3 repeticiones.

Digestión alcalina

Se repite el procedimiento anterior pero al final se lavó con 200mL de agua caliente y 25mL de alcohol etílico al 95% en 3 repeticiones. Consecutivamente se pasó la bolsa con el contenido de fibra a un crisol de porcelana y se deshidrató en una estufa durante 2 horas a 100°C. Después se pasó la muestra al desecador por 20 minutos y se pesó la muestra. Para finalizar se calcinó la muestra en la mufla a 600°C por 1 hora, se pasó al desecador a enfriar y posteriormente se pesó el residuo.

## 1.2 Determinación de calcio y fósforo en las dietas de inicio y finalización

La metodología utilizada para realizar este estudio se tomará de Horwitz y Latimer (2005).

### Calcio

Se utilizó el residuo de la determinación de cenizas para esta prueba, después se le agregaron 40 ml de ácido clorhídrico y unas gotas de ácido nítrico, se calentó hasta ebullición, después se cambió a un matraz volumétrico de 100 mL, se dejó enfriar, se aforó con agua y se homogeneizar. Posteriormente se transfirieron 50 mL de la solución de la muestra a un vaso de precipitado de 250 mL, se añadieron 2 gotas de rojo de metilo y de hidróxido de amonio hasta alcanzar un pH de 5.6 iniciando por un color café-naranja. Después se añadieron 3 gotas de ácido clorhídrico hasta que la indicación cambie a un color rosa. Posteriormente se diluyó aproximadamente a 150 mL, se calentó hasta la ebullición y se añadió lentamente y con agitación constante 10 mL de solución de oxalato de amonio. Después se dejó reposar hasta que se sedimente el precipitado de oxalato de calcio. Consecutivamente se filtró el precipitado a través del papel filtro retentivo se lavó el precipitado repetidamente con hidróxido de amonio. Después se colocó el papel con el precipitado con el vaso original y se añadió una mezcla de 125 mL de agua y 5 mL de ácido sulfúrico. Posteriormente se calentó a 70°C y se tituló con una solución de permanganato de potasio hasta que se alcance un color rosado. Para finalizar se corrigió por determinación en blanco y se calculó el porcentaje de calcio.

### Fósforo

Se disolvieron 40 g de cloruro de amonio en 400 mL de agua caliente y se dejaron enfriar. Después se disolvieron 2g de metavanadato de amonio en 250 mL de agua caliente, se dejó enfriar y se añadieron 450 mL de ácido perclórico al 70%. Después se añadieron lentamente y con agitación la solución de molibdato sobre la de vanadato y finalmente y se diluyó a 2 L.

Posteriormente se disolvieron 8.788 g de fosfato de potasio monobásico en agua y se diluyeron a 1 L. Después se diluyeron 50 mL de esta solución a 1 L.

Se transfirieron a matraces volumétricos de 100 mL, alícuotas de la solución estándar de fósforo. Después se añadieron 20 mL de solución de molibdo-vanadato y se aforaron con 100 mL de agua para que se homogenice. Después se dejó reposar 10 minutos y posteriormente se determinó el nivel de fósforo en un espectrofotómetro

### **1.3 Prueba de Terry de digestibilidad *in vitro* por método de pepsina**

La metodología utilizada para realizar este estudio se tomará de Horwitz y Latimer (2005).

La porción desengrasada de la muestra a probar se digirió 16 horas en solución cálida de pepsina, con agitación constante. El residuo insoluble fue aislado por filtración, se lavó, se secó y se pesó para determinar el porcentaje de los residuos. Se pasó la muestra por un tamiz de laboratorio No. 20. La parte molida se debe retener en el tamiz No. 20. Se combinaron las dos partes y se mezclan agitando y sacudiendo un frasco (500 mL). Después se pesó 1g de la porción de prueba en el cartucho y se extrajo 1 hora con éter a velocidad de condensación de 3 - 4 gotas/s. Se observó el extracto de éter para determinar que ninguna partícula sólida fue arrastrada en el disolvente. Para la determinación del contenido de grasa aproximada, se evaporó el éter, se secaron y pesaron los residuos. Se retiró el papel de recipiente y se dejó secar a temperatura ambiente.

Para la muestra desgrasada en el agitador de la botella, se añadieron 150 mL de solución recién preparada de pepsina precalentada a 45°C. Se coloca el tapón de la botella y se incubó con constantes de agitación durante 16 horas a 45°C.

Se secaron las hojas individuales de filtro de fibra de vidrio durante 30 min a 110°C en placas de humedad con la cubierta abierta y después se enfriaron en el desecador durante 30 minutos con la tapa cerrada, y se pesó (Peso 1).

Se retiraron las botellas del agitador y después se dejan asentar los residuos durante 15 minutos. Los filtros ya pesado se colocaron en el Büchner California y se aplicó vacío. Consecutivamente se colocó el mango del filtro y se enjuagaron



las partículas de residuos de la tapa sobre un filtro con agua. El líquido pasó a través de papel tan rápidamente como se vierte. Después que el sobrenadante pasó a través del filtro, se trasvasaron los residuos sobre un filtro. Después de que el líquido pasó a través del embudo, se lavaron los residuos y la superficie interior del mango de retención con dos porciones de acetona de la botella de lavado y se secaron. Se retiró el mango de retención del embudo. Se trasladó el filtro al plato húmedo original y se cepillaron las partículas de residuos del filtro, se secaron en el horno, se enfriaron y pesaron (Peso 2). Para el cálculo de los residuos indigestibles se realizó la siguiente ecuación:

Calculo de residuos= ((Peso 2 - Peso 1) x 100) / g de porción de ensayo.

## 2. Prueba *in vivo*

Se utilizaron 300 pollos (200 machos y 100 hembras) de un día de nacidos de la línea genética Cobb, los cuales se distribuyeron en tres grupos de 100 animales. Las raciones alimenticias cubrieron los requerimientos nutricionales para cada etapa según las tablas del National Research Council (NRC, 1994), siendo estas isocalóricas e isoprotéicas, incluyendo en cada tratamiento niveles de 0%, 5% y 10% de harina de dos variedades de *L. angustifolius* (Haags blaue y Probor) por tonelada respectivamente (cuadro 9 y 10). Diariamente se les sirvió alimento y agua, además se supervisó la temperatura.

Cuadro 8. Dieta de la etapa de inicio.

Ingrediente	Sorgo (kg)	Soya (kg)	Aceite (kg)	Carbonato de Calcio (kg)	<i>L. angustifolius</i> (kg)	Premezcla de inicio (kg)
Grupo						
Control	63	35.5	1.2	0.3		4
5%	61.3	32.1	1.3	0.3	5	4
10%	60	28.6	1.1	0.3	10	4

Cuadro 9. Dieta de la etapa final.

Ingrediente	Sorgo (kg)	Soya (kg)	Aceite (kg)	Carbonato de Calcio (kg)	<i>L. angustifolius</i> (kg)	Premezcla de finalización (kg)
Grupo						
Control	284	110	4.8	1.2		10
5%	268.4	105.2	5.2	1.2	20	10
10%	252	100	6.8	1.2	40	10

El diseño experimental consistió en un modelo totalmente al azar en donde los tratamientos equivalen a la utilización de diferentes niveles de inclusión de la harina de dos variedades de *L. angustifolius* (Haags blaue y Probor), cada tratamiento tuvo cinco repeticiones con 20 pollos cada uno y una duración de 7 semanas.

Tratamiento 1 = Control.

Tratamiento 2 = 25 kg de *L. angustifolius* / t de alimento (5% *L. angustifolius*).

Tratamiento 3 = 50 kg de *L. angustifolius* / t de alimento (10% *L. angustifolius*).

Las variables medidas fueron:

- 1.- Consumo de alimento promedio por grupo de 20 pollos.
- 2.- Ganancia de peso semanal hasta la séptima semana por grupo de 20 pollos.
- 3.- Conversión alimenticia promedio semanal hasta la séptima semana por grupo de 20 pollos.

Se utilizó el siguiente modelo matemático:  $y = \mu + V_i + R_j + \epsilon$

Donde:

$y$  = la variable a medir.

$\mu$  = la media general.

$V_i$  = el  $i$  ésimo nivel de inclusión de harina de dos variedades de *L. angustifolius* (Haags blaue y Probor).

$R_j$  = el  $j$  ésimo efecto de repetición.

$\epsilon$  = error estándar.

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y se aplicó la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher con un 95% de confianza para los datos de parámetros productivos para ello se utilizó el programa Minitab 16 Copyright 2014®.

#### Preparación de la caseta

Se lavó y desinfectó la caseta para pollo de engorda ubicada dentro de las instalaciones del CUCBA. Se acomodaron los corrales para el experimento con divisiones metálicas y malla de alambre, se utilizó cascarilla de arroz para la cama, se utilizaron 3 criadoras y cada corral se equipó con comederos y bebederos de acuerdo a cada etapa. Se vigiló la temperatura con 6 termómetros ubicados aleatoriamente en los corrales.

#### Obtención y mezclado de los ingredientes de las dietas

Los ingredientes se obtuvieron de la empresa: Nutrimentos Ramírez S. A. de C.V.

La calidad del alimento está determinada por la homogeneidad de la mezcla. Cada planta determina el tiempo óptimo de mezclado dependiendo del tipo de mezcladora y del tipo de alimento. Una de las preocupaciones del fabricante y del consumidor es asegurar que los nutrientes tales como vitaminas, minerales y antibióticos han sido incorporados a las raciones de acuerdo a los requerimientos establecidos. Las mezclas compuestas de materiales de partículas de tamaño mediano mejorarán la capacidad del ave para comerlas adecuadamente, pero es imposible asegurar que todos los ingredientes están en un alimento con esta textura (North y Bell 1993). El proceso de mezclado sería bastante sencillo si todas las propiedades físicas y químicas fueran similares; pero si estas varían mucho, surgen problemas de mezclado y segregación (Bhenke, 1992).

Para la mezcla de los ingredientes se utilizó una mezcladora de cinta de la marca SieHE™ con capacidad de 500 kg.

## Vacunación

Cuadro 10. Calendario de vacunación de los pollos del experimento.

Edad (días)	Vacuna	Vía	Laboratorio
7	Gumboro	Gota en ojo	Avilab
7	Viruela	Punción en ala	Avilab
10	Newcastle	Subcutánea	Avilab
18	Gumboro	Agua de bebida	Avilab
25	Newcastle	Agua de bebida	Avilab
35	Newcastle	Agua de bebida	Avilab

Una vez terminada la prueba de comportamiento de parámetros productivos de los pollos a las 7 semanas de edad, estos fueron sacrificados para determinar el rendimiento en canal, el porcentaje de grasa abdominal, pH y color de la carne.

Para la prueba de rendimiento en canal, grasa abdominal, pH y color de la carne se tomaron en total 150 pollos al sacrificio, 50 pollos por cada grupo de 100 pollos. El sacrificio de los pollos se llevó a cabo en el rastro del Rancho La Cofradía de la Universidad de Guadalajara, Km. 7.5, Calle Juárez No. 4, carretera a San Isidro Mazatepec, Tlajomulco de Zuñiga, Jalisco.

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y se aplicó la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher con un 95% de confianza para los datos de rendimiento en canal, grasa abdominal, pH y color de la carne, para ello se utilizó el programa Minitab 16 Copyright 2014®.

### **3. Prueba al sacrificio**

#### **3.1 Rendimiento en canal**

Se obtuvo del porcentaje logrado entre el peso de la canal caliente después de evisceración en relación al peso vivo del pollo ( $\text{Peso canal/peso vivo} \times 100$ ) (Elizondo, 2010).

#### **3.2 Porcentaje de grasa abdominal**

Se obtuvo de la división de la cantidad de grasa abdominal entre el peso vivo del pollo ( $\text{Peso de grasa abdominal/Peso vivo} \times 100$ ) (Elizondo, 2010).

#### **3.3 pH**

Se procedió a realizar el análisis de pH mediante un pH-metro portátil de penetración de la marca EUTECH Instruments. La determinación se realizó mediante la introducción de 2 cm del electrodo en el músculo pectoral en la parte superior de la pechuga derecha de cada canal.

#### **3.4 Color de la carne**

El color se determinó mediante un colorímetro Minolta CHROMAMETER CR-300 (sistema CIE Lab con iluminante D65 y ángulo de observación  $10^\circ$ ) determinándose los parámetros de color:  $L^*$ = claro (Luminosidad),  $a^*$ =rojizo (coordenada rojo-verde), y  $b^*$ =amarillento (coordenada amarillo-azul).

## Resultados

### 1. Pruebas in Vitro

#### 1.1 Análisis bromatológicos

Los resultados obtenidos del análisis bromatológico de la mezcla de las semillas del *L. angustifolius* (Haags Blaue y Probor) se encuentran en el cuadro 11 y los resultados del análisis bromatológico para las dietas de inicio y finalización de los tratamientos se expresan en los cuadros 12 y 13.

Cuadro 11. Análisis bromatológico de la harina de la mezcla de semilla de *L. angustifolius* (Haags Blaue y Probor).

<b>Materia seca</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Proteína cruda</b>	<b>Extracto etéreo</b>	<b>Fibra cruda</b>
%	%	(N x 6.25) %	%	%
91.1	3.2	28.75	5.1	17.5

Cuadro 12. Análisis bromatológicos de las dietas de inicio y finalización.

<b>Grupo</b>	<b>Materia seca</b>		<b>Cenizas</b>		<b>Proteína cruda</b>		<b>Extracto etéreo</b>		<b>Fibra cruda</b>	
	%		%		(N x 6.25) %		%		%	
	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>I</b>	<b>F</b>
<b>Control</b>	89.38	88.54	4.67	3.73	22.63	18.97	3.30	4.05	2.01	1.79
<b>5 % <i>L. angustifolius</i></b>	88.51	89.06	4.49	3.55	22.28	19.49	3.20	3.65	3.25	2.05
<b>10% <i>L. angustifolius</i></b>	88.83	88.95	4.36	3.7	22.21	19.37	3.48	4.29	3.87	2.45

I= dieta de inicio. F= dieta de finalización.

En el cuadro 12 se aprecia que todos los niveles de los nutrientes analizados para las dietas de inicio son muy similares entre los tratamientos, particularmente en el

porcentaje de proteína cruda, donde el tratamiento 1 tuvo 0.35 y 0.42 puntos porcentuales más que el tratamiento 2 y 3 respectivamente, sin embargo, esta diferencia no generó ninguna ventaja en los tratamientos. Por otra parte en las dietas de finalización se aprecia que todos los niveles de los nutrientes analizados son muy similares entre los tratamientos, particularmente en el porcentaje de proteína cruda, sin embargo, el tratamiento 1 presentó un porcentaje de proteína cruda 0.52 y 0.40 menor que el tratamiento 2 y 3 respectivamente. A pesar de estas diferencias, esto no influyó en el comportamiento productivo de los pollos.

## 1.2 Contenido de calcio y fósforo de las dietas.

Los resultados obtenidos de la determinación de calcio y fósforo en las dietas de inicio y finalización para cada tratamiento se encuentran en el cuadro 13.

Cuadro13. Contenido de calcio y fósforo de las dietas de inicio y finalización.

Grupo	Porcentaje de Calcio		Porcentaje de Fósforo	
	I	F	I	F
<b>Control</b>	0.93%	0.60%	0.53%	0.40%
<b>5 % <i>L. angustifolius</i></b>	1.06 %	0.62%	0.53%	0.41%
<b>10% <i>L. angustifolius</i></b>	1.02%	0.64%	0.57%	0.41%

I= dieta de inicio. F= dieta de finalización.

En el cuadro 13 se observa que en el porcentaje de calcio contenido en las dietas de iniciación el tratamiento 1 presenta un valor 0.07 y 0.11 puntos porcentuales menor en comparación con el tratamiento 2 y 3 respectivamente. Por otro lado, el tratamiento 3 muestra un porcentaje de fósforo 0.04 puntos porcentuales mayor a los tratamientos 1 y 2. También se observa que en el porcentaje de calcio contenido en las dietas de finalización en los cuales, el tratamiento 1 presenta un valor 0.02 y 0.04 menor en comparación con el tratamiento 2 y 3 respectivamente.

Por otro lado, el tratamiento 1 muestra un porcentaje de fósforo 0.01% menor a los tratamientos 2 y 3.

### 1.3 Prueba de Terry de digestibilidad *in vitro* por método de pepsina de las dietas.

Los resultados obtenidos de la prueba de digestibilidad por método de pepsina en las dietas de inicio y finalización para cada tratamiento se encuentran en el cuadro 14.

Cuadro 14. Porcentaje de digestibilidad por método de pepsina de las dietas de inicio y finalización.

Grupo	Porcentaje de digestibilidad por método de pepsina.	
	I	F
Control	90.72%	85.89%
5 % <i>L. angustifolius</i>	90.78%	88.81%
10% <i>L. angustifolius</i>	88.20%	86.43%

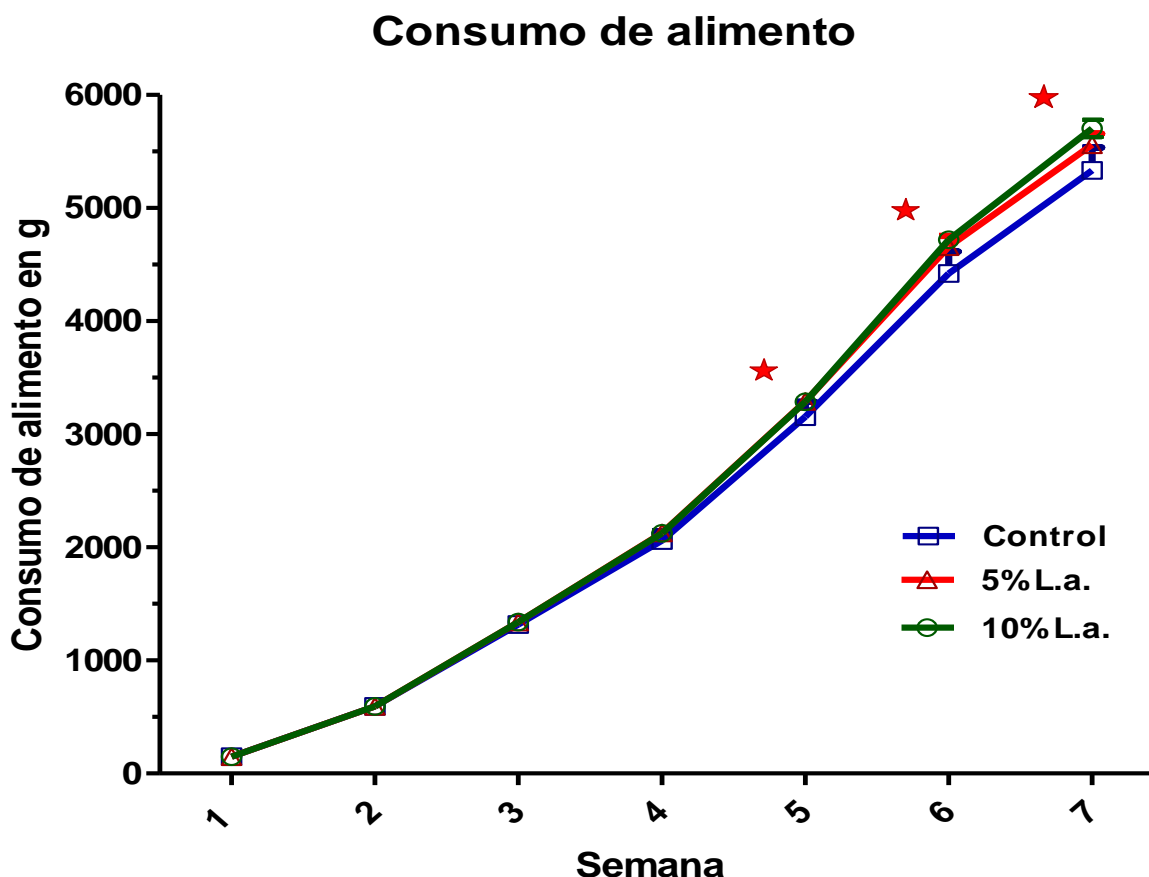
I= dieta de inicio. F= dieta de finalización.

En el cuadro 14 se observa que el porcentaje de digestibilidad de proteína por método de pepsina del tratamiento 3 fue 2.52 y 2.58 puntos porcentuales menor que los tratamientos 1 y 2 respectivamente. Por otra parte se observa que el porcentaje de digestibilidad de proteína por método de pepsina para las dietas de finalización del tratamiento 2 fue 2.92 y 2.38 mayor que en el tratamiento 1 y 3 respectivamente. Cabe mencionar que en esta ocasión la digestibilidad de las proteínas de las dietas de finalización fue menor en comparación a la dieta de inicio.



## 2. Prueba *in vivo*.

Los datos obtenidos de la prueba *in vivo* respecto al consumo de alimento, peso acumulado y conversión alimenticia medidos semanalmente pueden observarse en las figuras 4, 5 y 6 y en el cuadro 16.

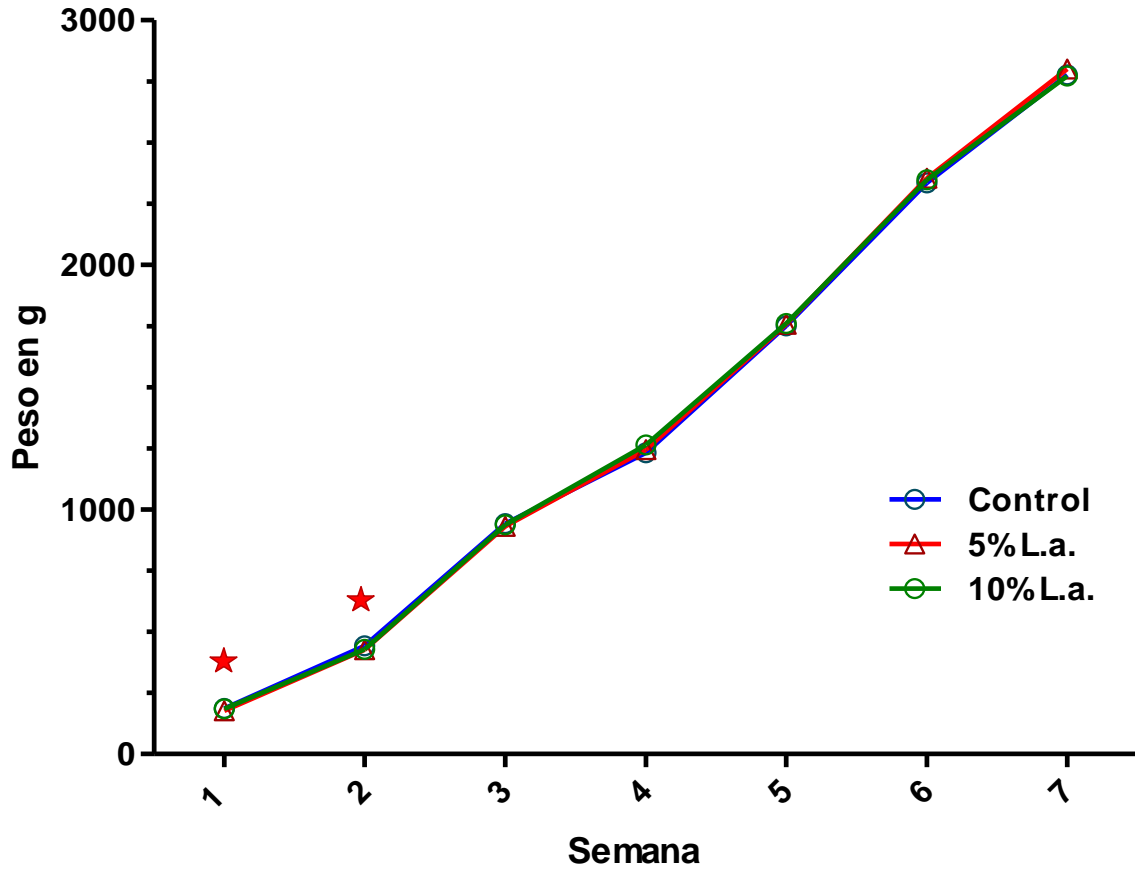


Grupo	1	2	3	4	5	6	7
C	147	592	1316 ± 4.14	2058 ± 8.43	3155 <sup>b</sup> ± 13.1	4423 <sup>b</sup> ± 19.05	5332 <sup>b</sup> ± 20.37
5%	147	592	1339 ± 0.29	2127 ± 0.61	3289 <sup>a</sup> ± 2.96	4659 <sup>a</sup> ± 9.26	5560 <sup>a</sup> ± 9.92
10%	147	592	1340 ± 0.25	2124 ± 1.5	3286 <sup>a</sup> ± 3.63	4718 <sup>a</sup> ± 7.06	5703 <sup>a</sup> ± 7.73

Figura 4. Resultados semanales del consumo de alimento por pollo para cada tratamiento. En las últimas 3 semanas el tratamiento control fue diferente y estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) a los otros dos tratamientos, presentando un menor consumo de alimento.

En la figura 4 se muestran los resultados obtenidos semanalmente respecto al consumo de alimento de los tres tratamientos. La semana 1 (147g) y 2 (592g) fueron equivalentes en lo que respecta al consumo mientras se separaban los grupos en los corrales. En lo que respecta a la tercera semana el tratamiento 1 mostró un consumo por pollo 22 y 23 g menor que el tratamiento 2 y 3. En la cuarta semana nuevamente el tratamiento 1 mostró un consumo de 69 y 66g menor a los tratamientos 2 y 3, a pesar de esto no existió diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ). Siguiendo esa tendencia en la quinta semana el tratamiento 1 tuvo un consumo 134 y 131g menor que los tratamientos 2 y 3 respectivamente, en la sexta semana el tratamiento 1 presentó un consumo 236 y 295g menor que los tratamientos 2 y 3 respectivamente. Por último en la séptima semana el tratamiento 1 mostró un consumo 228 y 371g menor respecto a los tratamientos 2 y 3. Cabe mencionar que a partir de la quinta semana existió diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ) del tratamiento 1 con respecto a los otros dos tratamientos.

## Peso semanal



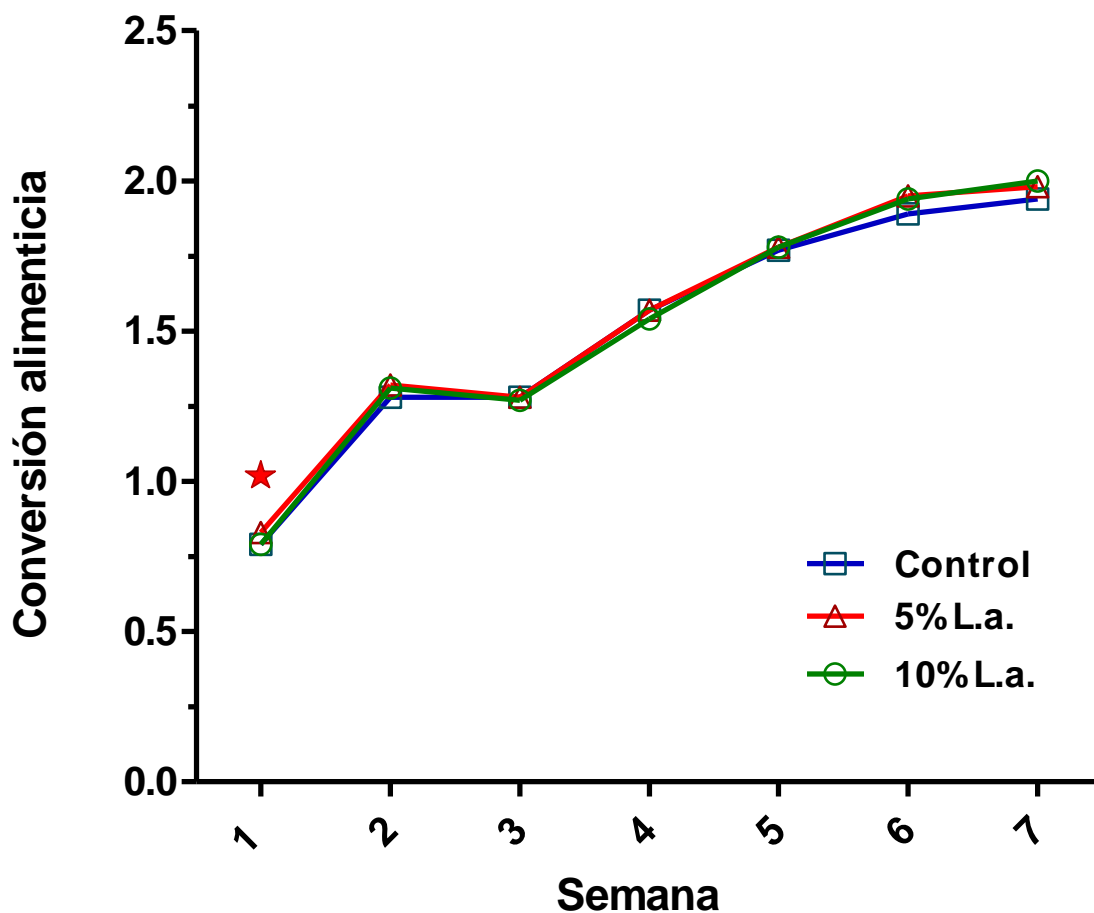
Grupo	1	2	3	4	5	6	7
C	186 <sup>a</sup> ± 1.4	442 <sup>a</sup> ± 3.3	941 ± 8.6	1232 ± 12.9	1750 ± 17.5	2335 ± 25.0	2776 ± 30.7
5%	177 <sup>b</sup> ± 2.2	427 <sup>b</sup> ± 3.5	930 ± 8.1	1245 ± 13.1	1757 ± 17.9	2354 ± 24.0	2800 ± 32.8
10%	184 <sup>a</sup> ± 1.3	429 <sup>b</sup> ± 2.8	937 ± 7.3	1264 ± 13.1	1760 ± 17.4	2347 ± 24.6	2771 ± 33.1

Figura 5. Resultados semanales peso semanal para cada tratamiento. Al final todos los tratamientos tuvieron resultados similares sin diferencia estadística ( $P > 0.05$ ).

En la figura 5 se muestran los resultados obtenidos semanalmente respecto al peso acumulado por pollo de los tres tratamientos, en la semana 1 el tratamiento 2 tuvo un peso menor en 9 y 7g respecto al tratamiento 1 y 3 por lo cual se mostr

diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ). En la semana 2 el tratamiento 1 presenta un peso 15 y 17g mayor y estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) respecto al tratamiento 2 y 3. Por su parte los resultados de las semanas 3, 4, 5, 6 y 7 no presentaron diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ), pero al final el tratamiento 2 tuvo un peso 24 y 29g mayor que los tratamientos 1 y 3 respectivamente.

## Conversión alimenticia



Grupo	1	2	3	4	5	6	7
C	0.79b ± 0.01	1.28 ± 0.03	1.28 ± 0.01	1.57 ± 0.02	1.77 ± 0.04	1.89 ± 0.03	1.94 ± 0.04
5%	0.83 ± 0.03	1.32 ± 0.02	1.28 ± 0.01	1.57 ± 0.03	1.78 ± 0.04	1.95 ± 0.06	1.98 ± 0.03
10%	0.79 ± 0.01	1.31 ± 0.01	1.27 ± 0.01	1.54 ± 0.02	1.78 ± 0.06	1.94 ± 0.07	2.0 ± 0.06

Figura 6. Resultados semanales de conversión alimenticia por tratamiento.

Al final todos los tratamientos tuvieron resultados similares sin diferencia estadística ( $P > 0.05$ ).

En la figura 6 se muestran los resultados obtenidos semanalmente respecto a la conversión alimenticia por pollo de los tres tratamientos, en la semana 1 el tratamiento 2 tuvo una conversión 0.04 mayor y estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) con respecto a los tratamientos 1 y 3. En la semana 2, 3, 4, 5, 6 y 7 el tratamiento 1 finalizó con una conversión alimenticia 0.04 y 0.07 menor que los tratamientos 2 y 3 respectivamente, sin embargo, no hubo diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos.

Cuadro15. Resultados de los parámetros productivos evaluados (consumo total de alimento, peso total y conversión alimenticia).

<b>Comportamiento productivo por pollo</b>			
<b>Parámetro productivo</b>	<b>Control</b>	<b>5% L. a. en la dieta</b>	<b>10% L. a. en la dieta</b>
<b>Consumo total de alimento (kg)</b>	5.332 <sup>b</sup> ± 0.203	5.560 <sup>a</sup> ± 0.099	5.703 <sup>a</sup> ± 0.077
<b>Peso total (kg)</b>	2.776 ± 0.307	2.800 ± 0.328	2.771 ± 0.331
<b>Conversión alimenticia</b>	1.94 ± 0.043	1.98 ± 0.039	2.01 ± 0.063

Las medias con distinta letra son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

En el cuadro 15 se muestran los resultados finales del comportamiento productivo de los pollos. El consumo de alimento del tratamiento 1 con un consumo 228g menor en comparación con el tratamiento 2 y 371g menos con respecto al tratamiento 3 y cabe destacar que si existió diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ). Al final el peso del tratamiento 2 fue 24g mayor al

tratamiento 1 y 29g mayor al tratamiento 3, a pesar de esto no tuvieron diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ). Por último la conversión alimenticia de los tres tratamientos fue similar, pero el tratamiento 3 fue el que mostró mayor conversión y el tratamiento 1 fue el de menor, a pesar de esto no se mostró diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ).

### 3. Pruebas al sacrificio

#### 3.1 Rendimiento en canal, 3.2 porcentaje de grasa abdominal y 3.3 pH de la canal.

Los datos obtenidos de la prueba al sacrificio pueden observarse en los cuadros 16 y 17.

Cuadro 16. Resultados de las pruebas al sacrificio (Rendimiento en canal, porcentaje de grasa abdominal y pH de la canal) para cada tratamiento.

<b>Pruebas al sacrificio</b>	<b>Control</b>	<b>5% L. a. en la dieta</b>	<b>10% L. a. en la dieta</b>
<b>Rendimiento en canal</b> %	0.834 ± .029	0.826 ± .018	0.827 ± .029
<b>Grasa abdominal</b> %	1.110 <sup>a</sup> ± 0.397	1.040 <sup>a</sup> ± 0.447	0.518 <sup>b</sup> ± 0.344
<b>pH de la canal</b>	6.412 <sup>b</sup> ± 0.181	6.491 <sup>a</sup> ± 0.152	6.476 <sup>a</sup> ± 0.115

Las medias con distinta letra son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

En el cuadro 16 se muestran los resultados obtenidos al sacrificio de cada tratamiento. En el rendimiento en canal se observan resultados muy similares entre los tratamientos, pero el tratamiento 1 fue mayor en una unidad porcentual con respecto a los resultados de los otros dos tratamientos, a pesar de esto no hubo diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ). En lo que respecta al porcentaje de grasa abdominal se observa que el tratamiento 3 presenta un valor 0.6 puntos porcentuales menor al tratamiento 1 y 0.5 puntos porcentuales menor que el tratamiento 2 y estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ). Por último en este cuadro se observa el pH de las canales analizadas y se puede apreciar que el valor del pH del tratamiento 1 fue menor y estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) a los otros dos tratamientos.

### 3.4 Color de la canal

Cuadro 17. Resultados del color de la canal ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) para cada tratamiento.

Color	Control	5% L. a. en la dieta	10% L. a. en la dieta
<b><math>L^*</math> (luminosidad)</b>	47.859 <sup>a</sup> ± 3.579	45.278 <sup>b</sup> ± 2.176	45.228 <sup>b</sup> ± 3.151
<b><math>a^*</math> (componente rojo)</b>	3.738 <sup>b</sup> ± 1.083	4.309 <sup>a</sup> ± 0.732	4.175 <sup>a</sup> ± 1.211
<b><math>b^*</math> (componente amarillo)</b>	-4.334 ± 1.577	-4.018 ± 1.094	-3.792 ± 1.694

Las medias con distinta letra son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

En el cuadro 17 se muestran los resultados de la prueba para evaluar el color de la canal, en el valor  $L^*$  (luminosidad) el tratamiento 1 tuvo un valor mayor por 2 unidades y estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) en comparación con los otros dos tratamientos. En el valor  $a^*$  (componente rojo) el tratamiento 1 tuvo un valor menor en 1 unidad y estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) en comparación con los otros tratamientos. En el valor  $b^*$  (componente amarillo) el tratamiento 3 tuvo valores más cercanos a 0 superando a los otros tratamientos por 1 unidad, sin embargo, no hubo diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos.



## Discusión

Los resultados del análisis bromatológico realizado a la mezcla de las semillas de dos variedades de *L. angustifolius* (Haags Blaue y Probor) son diferentes a los reportados por Gladstones *et al.* (1998) Ravindran *et al* (2002) Steinfeldt *et al* (2003) y el Departamento de alimentación y agricultura del gobierno del oeste de Australia, 2006. Sobre todo hablando del porcentaje de proteína donde en este estudio se reporta 28.7%, y los otros reportan 39, 32, 33 y 32% respectivamente. Esto puede atribuirse al tipo de suelo, diferente al del lugar de origen de la semilla utilizada en este estudio. Las condiciones climáticas y la decisión de no haber utilizado fertilizante a la hora de la siembra también pudieron haber influido en el resultado final del análisis bromatológico.

En este trabajo solo se utilizaron dos etapas de alimentación para los pollos de cada uno de los tratamientos y los resultados obtenidos de los análisis bromatológicos realizados a las dietas de inicio muestran que las dietas contenían niveles de proteína cruda (22.6, 22.2 y 22.2% respectivamente) similares a los presentados por el NRC (1994) (22%), Ravindran *et al* (2002) (21.98%), Suchý *et al* (2010) (23 %) y Smulikowska *et al* (2014) (21.5%). Por otra parte los resultados obtenidos de los análisis bromatológicos realizados a las dietas de finalización muestran que los niveles de proteína cruda (18.9, 19.4 y 19.3% respectivamente) son similares a los presentados por el NRC (1994) (20 y 18%), Suchý *et al* (2010) (21 y 19 %) y Smulikowska *et al* (2014) (20.5 y 19.5%). Esto indica que las dietas de este estudio contenían valores muy similares en cuanto a los nutrientes que contenían y se apegan a las recomendaciones por parte del NRC (1994) y a lo reportado por los autores mencionados.

Los valores de los análisis de calcio y fósforo en las dietas de inicio fueron similares (0.9, 1 y 1% calcio y 0.5% fósforo) a los establecidos por el NRC (1994) (1% calcio y 0.5% fósforo), Steinfeldt, *et al* (2003) (1% calcio y 0.6% fósforo) y Ravindran *et al* (2002) (1% calcio y 0.7% fósforo). También los resultados obtenidos para las dietas de finalización fueron diferentes en el nivel de calcio

(0.6%) pero similares en el nivel de fósforo (0.4%) a los datos mostrados por el NRC (1994) (0.8% calcio y 0.4% fósforo). A pesar de la diferencia que existió en el nivel de calcio de la dieta de finalización en comparación con lo reportado por el NRC (1994), no hubo ningún efecto negativo en los pollos durante el experimento que se relacionara a una deficiencia de calcio en las dietas.

Las pruebas de digestibilidad de proteínas por método de pepsina para las dietas de inicio y finalización (90, 90 y 88% para las dietas de inicio y 85, 88 y 86% para las dietas de finalización) mostraron similitud a lo establecido por las tablas de la Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal (FEDNA) (2015) (87%) y Kocher *et al* (2000) (85%), pero si difiere del resultado obtenido por Steenfeldt *et al* (2003) (75%). Es preciso mencionar que la disminución de la digestibilidad de las proteínas en la dieta de finalización con respecto a las dietas de inicio se debe a que el requerimiento de proteína de las dietas de inicio es mayor que el de las dietas de finalización.

La prueba *in vivo* respecto al consumo de alimento mostró que durante las 4 primeras semanas no existió diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ), a partir de la quinta, sexta y séptima semana se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) del tratamiento 1 en comparación con los otros dos tratamientos. Resultados similares fueron obtenidos por Ravindran *et al* (2002), Breytenbach y Ciccariello (2006), al no verse afectado el consumo de alimento con la inclusión de *L. angustifolius*. Por otra parte estos resultados difieren con los obtenidos por Olowski *et al* (2001), Steenfeldt *et al* (2003) y Suchý *et al* (2010), quienes en sus estudios observaron disminución en el consumo de alimento en aquellos pollos alimentados con *L. angustifolius* y reportaron que a mayor inclusión de lupino en la dieta, mayor depresión en el consumo de alimento. Esto debido a la presencia de los PNA contenidos en las semillas de lupino. Cabe mencionar que en el presente estudio hubo inclusiones de 5 y 10% de *L. angustifolius* en las dietas y no se presentó disminución en el consumo de alimento, probablemente relacionado con la actividad de los PNA contenidos en la semilla de *L. angustifolius* los cuales provocan una menor absorción de nutrientes

y estimulaban a los pollos a consumir más alimento para compensar la deficiente absorción de nutrientes.

Los resultados de la prueba *in vivo* respecto al peso acumulado por pollo no presentaron diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ), sin embargo al final el tratamiento 2 (inclusión de 5%) tuvo un peso mayor que los otros dos tratamientos. Steinfeldt *et al* (2003), obtuvieron resultados diferentes a los reportados en este estudio, en los cuales las dietas con inclusiones de *L. angustifolius* tuvieron un peso menor a las dietas control a base de soya y lo relacionan con el contenido de PNA en las semillas de *L. angustifolius*. Por su parte Ravindran *et al* (2002), Suchý *et al* (2010) y Smulikowska *et al* (2014) obtuvieron resultados sin diferencia estadísticamente significativa al evaluar el peso de los pollos, sin embargo ellos reportaron un peso mayor por parte del grupo control y muestran que a mayor inclusión de lupino menor peso semanal. Los resultados de este estudio muestran que la ganancia de peso se vio relacionada con el consumo de alimento, sin embargo el tratamiento que más consumo tuvo, no fue el de mayor peso al final, pero si hay relación de los datos obtenidos en este estudio con lo que han mencionado otros autores sobre la disminución de peso a mayor inclusión de lupino que está relacionado directamente con el contenido de PNA en las semillas de *L. angustifolius*.

La prueba *in vivo* respecto a la conversión alimenticia, mostró que no existió diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos, sin embargo, al final el tratamiento 3 resultó con una conversión mayor (2) y el tratamiento 1 con la menor conversión alimenticia (1.94), esto está directamente relacionado con el consumo de alimento, en donde el tratamiento 1 resultó con un menor consumo que los otros tratamientos, Sin embargo, es preciso mencionar que todos los tratamientos fueron similares estadísticamente, por lo que se puede decir que el aumento en el consumo de alimento por parte del tratamiento 2 y 3 ayudó a mantener los pesos similares entre todos los tratamientos. Resultados similares fueron obtenidos por Hamilton *et al*, 1996, con inclusiones menores a 15% de *L. angustifolius* en la dietas para pollos, Breytenbach y Cicciariello (2006),

por su parte obtuvieron resultados relacionados con este estudio y con los obtenidos por los autores anteriores, en donde las dietas que contenían mayor cantidad de inclusión de lupino presentaban una conversión alimenticia mayor. Resultados similares fueron reportados por Olowski *et al* (2001) y Ravindran *et al* (2002), donde la conversión alimenticia mostrada por los pollos alimentados con *L. angustifolius* fue mayor pero en estos casos si fueron estadísticamente diferentes en comparación con los pollos alimentados sin lupino. Ante estos resultados se puede deducir que a mayor inclusión e *L. angustifolius* en las dietas de pollo de engorda la conversión alimenticia y el consumo de alimento se incrementa, pero el peso final no generó diferencia entre los tratamientos, esto, por el mayor consumo de alimento en tratamientos con mayor inclusión de *L. angustifolius* en las dietas de pollo de engorda.

Los valores obtenidos de la prueba al sacrificio respecto al rendimiento en canal muestran que no existió diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos, sin embargo, el tratamiento 1 muestra un rendimiento más elevado esto se puede relacionar directamente con los resultados obtenidos en el peso, los cuales fueron muy similares entre los tratamientos y también se relaciona con la necesidad de los pollos por consumir más alimento, debido a esto se contrarrestó el efecto de los PNA en las semillas de *L. angustifolius* y los tratamientos obtuvieron resultados muy similares en lo que respecta al peso, conversión alimenticia y rendimiento en canal. Resultados de rendimiento en canal sin diferencia estadística fueron publicados por Suchý *et al* (2010), donde equivalente a este estudio, el tratamiento 1 (control) tuvo un rendimiento ligeramente mayor (73, 71 y 70%), sin embargo, es preciso mencionar que en este estudio se mostraron resultados de rendimiento en canal mayores (83, 82 y 82%) que los reportados por Suchý *et al* (2010), pero al final de cuentas no existió diferencia entre los tratamientos. Como referencia, Salinas *et al* (2004) y Temprado (2005), por su parte evaluaron el rendimiento en canal de pollos de engorda alimentados con dietas comerciales en las cuales obtuvieron rendimientos similares a los reportados por Suchý *et al* (2010), con esto queda evidente que el rendimiento en canal es una variable que ha evolucionado. Por

otra parte Mateos y Méndez en 1993 reportaron 2.5% de grasa abdominal, Temprado (2005) en su revisión muestra resultados de 1.52% para el 2001. En este estudio se reportan: T1=1.11%, T2=1.04% y T3=0.58%, en el cual si hubo diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ) del tratamiento 3 con respecto a los otros dos tratamientos y donde es muy evidente la reducción de grasa abdominal del tratamiento 3 (10% de inclusión de *L. angustifolius* en la dieta). Khempaka *et al* (2009) observaron existía una correlación negativa entre el nivel de inclusión de pulpa de tapioca en dietas de pollos de engorda y el porcentaje de grasa abdominal, este resultado puede estar directamente relacionado a lo ocurrido en este estudio, ya que el tratamiento 3 el de mayor inclusión de *L. angustifolius* presentó una cantidad menor de grasa abdominal en las canales evaluadas. Lo anterior se puede atribuir a que el alto contenido de fibra en dietas de pollo de engorda puede influir negativamente en el comportamiento productivo y en la disminución de la grasa abdominal (Hetland y Svihus, 2001), esto puede ser observado en el estudio reportado por Khempaka *et al* (2009), donde obtuvieron 13.59% de fibra en la pulpa de tapioca, además, en este estudio el porcentaje de fibra de la semilla de *L. angustifolius* es de 17.5%. Por otra parte Suchý *et al* (2010), reporta un comportamiento inverso a lo obtenido en este estudio, donde a mayor nivel de inclusión de lupino en la dieta, mayor es la cantidad de grasa abdominal (1.24, 1.34 y 1.63%).

Respecto al pH de la canal de cada tratamiento se muestra que el tratamiento 1 presenta diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ) en comparación de los otros dos tratamientos, los cuales fueron similares. Es preciso mencionar que el nivel de pH de las canales de cada tratamiento fue elevado (6.41, 6.49 y 6.47) en comparación con lo reportado como un pH normal por Woelfel *et al* (2002) (6.07), en el caso de este estudio los niveles de pH reportados son de carnes oscuras firmes y secas (pH a partir de 6.2 según lo reportado por Quiao *et al* (2001) esto debido a que posiblemente los pollos tuvieron un extenuante traslado de la caseta al rastro. En relación a esto, los resultados obtenidos respecto al color de la canal, en lo que representa la variable  $L^*$  el tratamiento 1 tuvo diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ) en comparación con los otros

tratamientos, teniendo un resultado de mayor luminosidad en la carne (T1=47.85, T2=45.27 y T3=45.22), a pesar de este resultado, todos los tratamientos resultaron estar dentro de lo considerado como carne dura seca y firme (de 43 a 48) según lo reportado por Quiao *et al* (2001). En comparación con los resultados obtenidos en este estudio, Fanatico *et al* (2007) reporta resultados de luminosidad de la canal de 51 a 52. Por otro lado, los resultados mostrados respecto al componente rojo ( $a^*$ ), el tratamiento 1 nuevamente mostró diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ) en comparación con los otros dos tratamientos, y en relación con el resultado de pH y la luminosidad, el tratamiento 1 resultó con un color menos oscuro para componente rojo, ante esto es preciso decir que, los resultados de todos los tratamientos (T1=3.73, T2=4.3 y T3=4.17) están dentro de los parámetros reportados por Quiao *et al* (2001), quien establece que el valor normal para el componente rojo es de 3.34 y 4.9 para carne oscura firme y seca. Resultados diferentes fueron reportados por Fanatico *et al* (2007) quienes muestran resultados de 3.2. En este caso los resultados de este estudio están entre la normalidad y lo considerado como carne oscura firme y seca. Para concluir, los resultados obtenidos respecto al componente amarillo no mostraron diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ), a pesar de que no hubo diferencia entre tratamientos, es preciso mencionar que todos los tratamientos resultaron con valores negativos, esto quiere decir que no hubo pigmentación amarillenta de las canales, al contrario de lo que reportan Quiao *et al* (2001) (4.34) y Fanatico *et al* (2007) (6), sin embargo, el tratamiento 3, con mayor nivel de inclusión de *L. angustifolius* resultó con un valor más próximo a 0 en comparación con los otros tratamientos (T1= -4.33, T2= -4.01 y T3= -3.72) a pesar de no haber diferencia estadística. Esto se hizo a propósito para verificar si se presentaba alguna relación entre el nivel de inclusión de *L. angustifolius* y la pigmentación de amarillo de los pollos.

## Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos bajo las condiciones experimentales en el presente trabajo, se puede concluir:

1.- Los resultados de las pruebas *in vitro* (análisis bromatológico, calcio, fósforo y digestibilidad por pepsina) de las dietas de inicio y finalización fueron muy similares entre ellos y no representaron influencia para las pruebas *in vivo*.

2.-La inclusión de harina de semilla de *L. angustifolius* en dietas de los pollos incentivó el consumo de alimento. Por otra parte el peso y la conversión alimenticia de los pollos no se vieron influenciados por la inclusión de harina de semilla de *L. angustifolius*.

3.-La inclusión de haría de semilla de *L. angustifolius* no influyó en el rendimiento en canal de los tratamientos, sin embargo, el tratamiento con mayor inclusión de harina de semilla de *L. angustifolius* resultó con un menor porcentaje de grasa abdominal. Por otra parte los valores de pH y color de las canales de los tratamientos fueron diferentes.

4.- La inclusión de 5% y 10% de harina de semilla de *L. angustifolius* en dietas de pollo de engorda, sustituye en 17 y 34% el uso de la harina soya en las dietas.

## Literatura citada

- 1- Apoyos y Servicios a la Comercialización Agroalimentaria (ASERCA). 2014. Reporte diario de precio de contado del frijol soya en diversos mercados. Disponible en Web: [http://www.infoaserca.gob.mx/fisicos/sya\\_pci.asp](http://www.infoaserca.gob.mx/fisicos/sya_pci.asp).
- 2- Balloun, S. L. 1980. Soybean meal in poultry nutrition. Edited by Lepley KC. Ed. American Soybean Association. Missouri USA. pp. 13-36.
- 3- Bañuelos, J., Ruíz, M. A., Soltero, R. y Castañeda, H., 2006. Lupinos del occidente de México, estudios biológico, bioquímico y toxicológico. Universidad de Guadalajara. Ed., p 6.
- 4- Bhenke, D.C. 1992. Como mezclar alimentos de calidad: Perspectiva sobre la uniformidad de mezclado. Soya noticias. Ed. 229: 6-12.
- 5- Bilgili, S. F., and Hess, J. B. 1997. Tensile strength of broiler intestines as influenced by age and feed withdrawal. Journal Applied in Poultry Research 1997. Ed 6: 279-283.
- 6- Breytenbach, L., and Ciacciariello, M. 2006. The influence of extrusion and dehulling of *Lupinus angustifolius* on apparent metabolizable energy (AME) and broiler performance. EPC 2006-12th European Poultry Conference, Verona, Italy, 10-14 September, 2006.
- 7- Choct, M., Hughes, R.J., Wang, J., Bedford, M.R., Morgan, A.J. y Annison, G. 1996. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the anti-nutritiveactivity of non-starch polysaccharides in chickens. *British Poultry Science*, 37: 609-621.
- 8- Cuca, G. M., Ávila, G. E., Pro, M. A. 1996. Alimentación de las aves. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. De México. 8ª Ed.
- 9- Diaz, D., Morlacchini, M., Masoero, F., Moschini, M., Fusconi, G., and Piva, G. 2010. Pea seeds (*Pisum sativum*), faba beans (*Vicia fabavar. minor*) and lupin seeds (*Lupinus albus var. multitalia*) as protein sources in broiler diets:



effect of extrusion on growth performance. *Italian Journal of Animal Science*. Ed., 5: 43-54

- 10- Department of Agriculture and food, Government of Western Australia. 2006. Australian sweet lupin (*Lupinus angustifolius*). Disponible en Web: [http://archive.agric.wa.gov.au/PC\\_92144.html?s=1001#mon](http://archive.agric.wa.gov.au/PC_92144.html?s=1001#mon).
- 11- Duke, J. A., 198. Handbook of legumes of world economic importance. Plenum Press. Ed., p 215.
- 12- Elizondo, E., 2010. Evaluación de dietas formuladas con y sin harinas de origen animal en el rendimiento de pollos de engorde. Tesis de licenciatura, Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.
- 13- El sitio avícola, 2012. Calidad de la carne de pollo. Disponible en Web: <http://www.elsitioavicola.com/articles/2268/calidad-de-la-carne-de-pollo>.
- 14.- Fanatico, A. C., Pillai, P. B., Emmert, J. L., and Owens, C. M. 2007. Meat quality of slow-and fast-growing chicken genotypes fed low-nutrient or standard diets and raised indoors or with outdoor access. *Poultry Science*, Ed. 86 : 2245-2255.
- 15- Flora de Iberia. 2011. *Lupinus angustifolius* (Altramuz azul). Disponible en Web: <http://floradeiberia.com/360/lupinus-angustifolius-altramuz-azul/>.
- 16- Food and Agriculture Organization, FAO, 2004. Practical production of protein for food animals. Disponible en Web: <http://www.fao.org/docrep/007/y5019e/y5019e07.htm>.
- 17- Financiera Rural (FIRA). 2012. Monografía del pollo. Disponible en Web: [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaPollo\(feb12\).pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaPollo(feb12).pdf).
- 18- French, R. J. and Turner, N. C. 1991. Water deficits change dry matter partitioning and seed yield in narrow leafted lupins (*Lupinus angustifolius*). Western Australian Department of Agriculture, Dryland Research institute. Ed.,42: 471-484.

- 19- Froidmont, E., Beckers, Y., Dehareng, F., Théwis, A., and Bartiaux-Thill, N. 2004. Lupin seed as a substitute to soybean meal in broiler chicken feeding: incorporation level and enzyme preparation effects on performances, digestibility and meat composition. *55th annual meeting of the EAAP, Bled, Slovenia*, Vol. 138.
- 20- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). 2015. Características nutricionales del altramuz australiano. Disponible en Web: [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/altramuz-australiano](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/altramuz-australiano).
- 21- Gladstones, J. S., Atkins, C. A. and Hamblin J., 1998. Lupins as crop plants, biology, production and utilization. CAB International. Ed., p 359.
- 22- Gresta, F., Abbate, V., Avola, G., Magazzù, G. and Chiofalo, B. 2010. Lupin seed for the crop-livestock food chain. *Italian Journal of Agronomy*. 5: 333-340.
- 23- Hamilton, R.M.G., Bryden, W.L and Balnave D. 1996. Performance of broiler chickens fed diets containing lupins and different cereal grains. Department of Animal Science, University of Sydney, Agriculture and Agri-food Canada, Department of Animal Science. 8<sup>th</sup> International Lupin conference, Asilomar, California, 11-16 May; p 125- 128.
- 24- Hammershoj, M. and Steinfeldt, S. 2005. Effects of blue lupin (*Lupinus angustifolius*) in organic layer diets and supplementation with foraging material on egg production and some egg quality parameters. *Poultry science*. 84: 723-733.
- 25.- Hetland, H., and Svihus, B. 2001. Effect of oat hulls on performance, gut capacity and feed passage time in broiler chickens. *British poultry science*. Ed. 42: 354-361.
- 26- Horwitz, W., Latimer, G. W., 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International AOAC, Animal Protein Feeds. AOAC International. 18<sup>th</sup> Edition., Chapter 4., p 24-46.

- 27- Horwitz, W., Latimer, G. W., 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International AOAC, Pepsin Digestibility of Animal Protein Feeds. AOAC International. 18<sup>th</sup> Edition., Chapter 4., p 38-39.
- 28- Horwitz, W., Latimer, G. W., 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International AOAC, Calcium and Phosphorus determination. AOAC International. 18<sup>th</sup> Edition., Chapter 4., p 57-61.
- 29- Ikurior, S. A., Torhee, S. A., Anthony, T. I. 1993. Effects of Cooked or roasted full-fat soybean and soybean meal on performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *J. Sci. Food Agric.* 69: 309- 314.
- 30- International Finance Corporation (IFC). 2011. Análisis estratégico para la producción de soya responsable en Brasil y Argentina. Disponible en Web: <http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/5c7a88004a95fd58ad3bedeec99f439e/Soya+Gap+Analysis.espanol.pdf?MOD=AJPERES>
- 31- Jørgensen, H., Zhao, X.Q., Knudsen, K.E.B. y Eggum, B.O. 1996. The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. *British Journal of Nutrition* 15, 379-395.
- 32- Khempaka, S., Molee, W. y Guillaume, M. 2009. Dried cassava pulp as an alternative feedstuff for broilers: effect on growth performance, carcass traits, digestive organs, and nutrient digestibility. *Journal of Applied Poultry Research* 18: 487-493.
- 33- Lupins.org. 2005. Farming technology and marketing. Disponible en Web: <http://www.lupins.org/production/>
- 34- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D. y Morgan, C.A. 2002. *Animal Nutrition*, Pearson Education Limited, United Kingdom. 6: 572-573.
- 35- Mateos, G. G., y Méndez, J. 1993. Influencia de la nutrición sobre la calidad de la canal del broiler, deposición de la grasa. *Mundo Ganadero.* 4: 29- 38.

- 36- MEDIATECA digital, 2005. Reduciendo el contenido de grasa abdominal del pollo de engorda. Disponible en Web: <http://www.mEDIATECAvipec.com/avicultura/avicultura230206.htm>
- 37- Mierlita, D. P. 2013. Effect of partial substitution of soybean meal with lupine seeds in feeding laying hens on production and economic performance. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies*. Ed., 70: 37-44
- 38- Mierlita, D. P. 2014. The effect of replacement of soybean meal with lupin seed on digestion and bioconversion of food in turkeys. *Anaelele Universitatii din Oradea, Fascicula: Ecotoxicologic, Zootehnie si Tehnologii de Industrie Alimentara*. Ed., 13: 308-314.
- 39- Minitab 16 Copyright © 2014 Minitab Inc.
- 40- Mossami, A. 2011. Effects of different inclusions of oat hulls on performance, carcass yield and gut development in broiler chickens. *Swedish University of Agricultural Science*. Department of Animal Nutrition and Management.
- 41- National Research Council (NRC). 1994. Nutrient requirements of poultry. National Academy Press. 9<sup>th</sup> Ed., Chapter 2., p 27.
- 42- North, M. Bell, D. 1993. Manual de producción avícola: fundamentos de la alimentación. Ed. El Manual Moderno, S.A. México, D. F. 3<sup>a</sup> Ed. p 554.
- 43- Olkowski, A. A., Olkowski, B. I., Amarowicz, R. and Classen, H. L. 2001. Adverse effects of dietary lupine in broiler chickens. *Poultry Science*, 80: 621-625.
- 44- Olkowski, B. I., Janiuk, I., and Jakubczak, A. 2010. Effect of enzyme preparation with activity directed towards degradation of non starch polysaccharides on yellow lupine seed based diet for young broilers. *Acta Veterinaria Brno*. Ed., 79: 395-402.

- 45- Ortega, E. D., Rodríguez, A., David, A. y Zamora, A. 2010. Caracterización de semilla de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los Andes de Colombia. *Acta Agronómica*, 59: 111-118.
- 46- Pérez, M. L., y Ponce, E. 2013. Manual de prácticas de laboratorio. Tecnología de carnes. Universidad Autónoma Metropolitana. Ed., p 9.
- 47- ProChile. 2011. Estudio de mercado de lupino (Altramuz) en España. Disponible en Web: [http://www.prochile.gob.cl/wpcontent/blogs.dir/1/files\\_mf/documento\\_07\\_18\\_11164300.pdf](http://www.prochile.gob.cl/wpcontent/blogs.dir/1/files_mf/documento_07_18_11164300.pdf).
- 48- Qiao, M., Fletcher, D. L., Smith, D. P., and Northcutt, J. K. 2001. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. *Poultry Science*. Ed. 80: 676-680.
- 49- Ravindran, V., Tabe, L. M., Molvig, L., Higgins, T. J. V., and Bryden, W. L. 2002. Nutritional evaluation of transgenic high-methionine lupins (*Lupinus angustifolius* L) with broiler chickens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 280-285.
- 50- Salinas, I., Martínez, A., Becerril, C. M., Cuca, J. M., García, R., and Sosa, E. 2004. Feed restriction in broiler chickens for the prevention of ascites syndrome and its effect on net income. *Agrociencia*. Ed. 38: 33-41
- 51- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2010. La importancia del frijol soya. Disponible en la Web: <http://www.infoaserca.gob.mx/fichas/ficha30-Soya201007.pdf>.
- 52- Servicio de Información agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2013. Producción avícola nacional. Disponible en Web: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=369](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=369).
- 53- Smulikowska, S., Konieczka, P., Czerwinski, J., Mieczkowska, A., Jankowiak, J., Więcek, J., and Pastuszewska, B. 2014. Feeding broiler chickens with practical diets containing lupin seeds (*L. angustifolius* or *L. luteus*): effects of

- incorporation level and mannanase supplementation on growth performance, digesta viscosity, microbial fermentation and gut morphology. *Journal of Animal and Feed Sciences*. Ed., 23: 64-72.
- 54- Sistema Nacional Sistema Producto – Oleaginosas. 2011. Soya, situación actual, mundial y nacional. Disponible en Web: [http://www.oleaginosas.org/art\\_338.shtml](http://www.oleaginosas.org/art_338.shtml).
- 55- Steinfeldt, S., González, E. and Knudsen, K. E., 2003. Effects of inclusion with blue lupins (*Lupinus angustifolius*) in broiler diets and enzyme supplementation on production performance, digestibility and dietary AME content. *Animal Feed Science and Technology*. 110: 185-200.
- 56- Suchý, P., Straková, E., Herzig, I., Steinhauser, L., Vopálenský, J., and Kroupa, L. 2010. Effect of replacing soybean meal with lupin seed-based meal in chicken diet on performance, carcass value and meat quality. *Acta Veterinaria Brno*, Ed. 79: 195-202.
- 57- Temprado, R. M. (2005). CALIDAD DE LA CARNE DE POLLO. *Selecciones avícolas*, 47: 347-355.
- 58- Unión nacional de avicultores (UNA). 2013. Situación de la avicultura mexicana. Disponible en Web: <http://una.org.mx/2013/avicultura-mexicana.html>.
- 59- Van Barneveld, R. J. 1999. Understanding the nutritional chemistry of lupin (*Lupinus spp.*) seed to improve livestock production efficiency. *Nutrition Research Reviews*. 12: 203-230.
- 60- Wabeck, C. J. 1992. Feed Withdrawal guidelines. *Broiler Industry*. January Ed. 64-67.

- 61- Woelfel, R. L., Owens, C. M., Hirschler, E. M., Martinez-Dawson, R., and Sams, A. R. 2002. The characterization and incidence of pale, soft, and exudative broiler meat in a commercial processing plant. *Poultry Science* Ed. 81: 579-584.
- 62- World Initiative for Soy in Human Health (WISHH). 2013. Composition of Soy Disponible en Web: <http://www.wishh.org/aboutsoy/composition.html>.
- 63- Zuidhof, M. J., McGovern, R. H., Schneider, B. L., Feddes, J. J. R., Robinson, F. E., and Korver, D. R. 2004. Effects of feed withdrawal time on the incidence of fecal spillage and contamination of broiler carcasses at processing. *The Journal of Applied Poultry Research*, 13: 171-177.