



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

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

GANADERÍA

PASTA DE HIGUERILLA EN DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDA

ANABEL MALDONADO FUENTES

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

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2018

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

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Anabel Maldonado Fuentes, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser participe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Dr. Juan Manuel Cuca García, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Pasta de higuierilla en dientas para pollos de engorda

y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 11 de octubre de 2018



Firma del
Alumno (a)



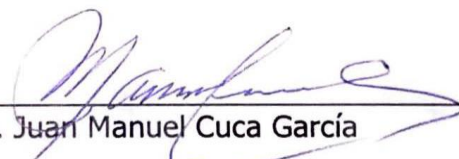
Dr. Juan Manuel Cuca García
Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **Pasta de higuera en dietas para pollos de engorda**, realizada por la alumna: **ANABEL MALDONADO FUENTES**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:


MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR


CONSEJERO (A)


Dr. Juan Manuel Cuca García

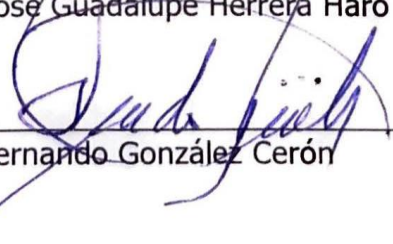
ASESOR (A)


Dr. Arturo Pro Martínez

ASESOR (A)


Dr. José Guadalupe Herrera Haro

ASESOR (A)


Dr. Fernando González Cerón

Montecillo, Texcoco, Estado de México, octubre de 2018

PASTA DE HIGUERILLA EN DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDA

Anabel Maldonado Fuentes, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2018

RESUMEN

La pasta de higuierilla (*Ricinus communis* L) contiene sustancias altamente tóxicas, por lo que se evaluó la efectividad de tres métodos de desintoxicación y su inclusión en dietas para pollos de engorda. Se evaluaron cinco tratamientos (dietas experimentales): dieta testigo a base de maíz y pasta de soya (PS), pasta de higuierilla sin desintoxicar (PH), pasta de higuierilla tratada con autoclave (PHMA), pasta de higuierilla tratada con el método químico (PHMQ) y pasta de higuierilla tratada con autoclave y método químico (PHMAQ). Cada tratamiento se asignó al azar a siete unidades experimentales con 10 pollos cada una. Las variables evaluadas fueron: consumo de alimento (COA), conversión alimenticia (CA), ganancia de peso (GP) rendimiento en canal (RC), rendimiento de pechuga (RP), rendimiento de pierna con muslo (RPM), desarrollo del sistema digestivo, habilidad para caminar (HC), angulación valgus /varus (AVV) y latencia a postrarse (LP). Los pollos alimentados con PH y PHMQ tuvieron menor COA y GP ($P < 0.05$), sin embargo, no hubo diferencias entre tratamientos para CA. Se encontraron diferencias entre tratamiento ($P < 0.05$) para HC y AVV, mientras que en LP no hubo diferencias ($P > 0.05$). Los resultados evidencian que el tratamiento con autoclave (1 atmosfera de presión durante 60 minutos a 121 °C) disminuyó la toxicidad en la pasta de higuierilla ya que las aves del tratamiento PHMA tuvieron un comportamiento productivo similar ($P < 0.05$) a las de la dieta testigo.

Palabras clave: *Ricinus communis* L., métodos de desintoxicación, autoclave, hidróxido de calcio, pollos de engorda.

DETOXIFIED CASTOR CAKE IN DIETS FOR BROILERS

Anabel Maldonado Fuentes, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2018

ABSTRACT

The castor cake (*Ricinus communis* L) contains highly toxic substances, so the effectiveness of three detoxification methods and their inclusion in diets for broilers was evaluated. Five treatments were evaluated (experimental diets): control diet based corn and soybean meal (PS), un-detoxified castor cake (PH), autoclaved treated castor cake (PHMA), castor cake treated with chemical method (PHMQ) and castor cake treated with autoclave and chemical method (PHMAQ). Each treatment was randomized to seven experimental units with 10 chickens each. The variables evaluated were: feed intake (FI), feed conversion (CA), body weight gain (GP), carcass yield (RC), breast yield (RP), thigh leg yield (RPM), development of the digestive system, walking ability (HC), angulation valgus / varus (AVV) and latency to lie down (LP). Chicks fed the PH and PHMQ diets had lower COA and GP ($P < 0.05$). There were no differences between treatments for CA. Differences were found between treatment ($P < 0.05$) for HC and AVV, while in LP there were no differences ($P > 0.05$). The results show that the treatment with autoclave (1 pressure atmosphere during 60 minutes at 121 ° C) decreased the toxicity in the castor oil paste since the birds of the PHMA treatment had a similar productive performance ($P < 0.05$) to those of the control diet.

Key words: *Ricinus communis* L., detoxification methods, autoclave, calcium hydroxide, broiler chickens

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por la beca otorgada durante el periodo de mis estudios de Maestría.

Al **Colegio de Postgraduados Campus Montecillo** por facilitar la gestión de los recursos utilizados en la realización del proyecto de investigación.

Al doctor **Juan Manuel Cuca García** por sus consejos, su confianza y su disponibilidad como asesor en mi formación académica durante mi estancia en el Colegio de postgraduados

Al doctor **Arturo Pro Martínez** por su asesoría y sus valiosas observaciones y aportaciones para la elaboración del proyecto de investigación y tesis.

Al doctor **José Guadalupe Herrera Haro** por sus acertadas correcciones en el proyecto de investigación y tesis.

Al doctor **Fernando González Cerón** por su disponibilidad para formar parte del consejo particular.

Al médico **Jaime González** por su apoyo en la gestión de vacunas para las aves en experimentación.

A todo el personal Académico y Administrativo del Colegio de posgraduados.

A todas aquellas personas que contribuyeron en la realización de mi investigación, en especial a mis compañeros y amigos que me apoyaron en la etapa experimental de mi proyecto de investigación.

DEDICATORIA

A DIOS por darme la vida y por todas las bendiciones que recibo cada día, por acompañarme y guiarme en mi camino, por ser la luz y la fuerza que necesito en todos los momentos de mi existencia, por darme fe y esperanza para alcanzar todos mis sueños.

A mis padres Alfonso Maldonado y Fidelina Fuentes por su amor y apoyo incondicional, por ser mi ejemplo y modelo a seguir, por estar conmigo en cada uno de los tropiezos y éxitos en mi vida, pero sobre todo por motivarme para alcanzar todas mis metas.

A mis hijos: Valeria Anahí y Bruno Alejandro por ser el motor que me impulsa a seguir adelante, por inspirarme para ser cada vez mejor, por ser mi ilusión y fuente de amor, por iluminar mi vida y darme la dicha de ser mamá, sin duda ustedes son mi mayor regalo.

A mi esposo, mi amigo y compañero de vida Arturo González por su amor y apoyo durante estos 11 años, por la familia que hemos creado y porque juntos somos y hacemos de nuestro amor algo único y extraordinario.

A mis hermanos Eddi, Adán y Ángel por ser mis compañeros y cómplices en las travesuras y sueños, por su amor y su apoyo incondicional.

Al grupo VIDA Y LIBERTAD LA PAZ, porque llegaron a mi vida en el momento perfecto e hicieron que creyera una vez más en mí, porque ustedes sacaron la mejor versión de mí mostrándome el amor infinito de Dios, en especial a mi madrina Elsa por sus sabios consejos y sugerencias.

A mis amigos y compañeros, que me apoyaron incondicionalmente y me brindaron su amistad y su confianza e hicieron que mi estancia en el Colegio de Postgraduados fuera más llevadera.

A todos ustedes les agradezco por su apoyo incondicional, este triunfo es de ustedes también...

Los ama ANA

CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
OJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
HIPÓTESIS	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Origen y taxonomía	3
2.2 Características de la planta	3
2.3 Requerimientos agroecológicos	4
2.4 Estadísticas	4
2.5 Aceite de higuera	5
2.6 Usos	6
2.7 Toxicidad	6
2.8 Intoxicación por Ricina	7
2.9 Diagnóstico de la intoxicación por Ricina	8
2.10 Pasta de higuera	8
2.11 Métodos de desintoxicación de pasta de higuera	9
2.12 Pasta de higuera en la alimentación de pollos de engorda	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1 Experimento I	11
3.1.1. Determinación de Energía Metabolizable (EM)	11
3.2 Experimento II	12
3.2.1. Aves y dietas	12
3.2.2. Evaluación de órganos y mortalidad	14
3.2.3. Análisis estadístico	14
3.3 Experimento III	15

3.3.1.	Desintoxicación de la pasta higuera	15
3.3.2.	Aves y tratamientos	15
3.3.3.	Comportamiento productivo, características de bienestar animal y rendimiento de canal	19
3.3.4.	Desarrollo del sistema digestivo y órganos accesorios	20
3.3.5.	Análisis estadístico	20
IV.	RESULTADOS	22
4.1	Experimento I	22
4.2	Experimento II	22
4.2.1.	Comportamiento productivo	22
4.2.2.	Evaluación de órganos y mortalidad	24
4.3	Experimento III	25
4.3.1.	Comportamiento productivo y rendimiento de canal	25
4.3.2.	Habilidad para caminar	27
4.3.3.	Angulación valgus/varus	28
4.3.4.	Latencia a postrarse	28
4.3.5.	Desarrollo del sistema digestivo y órganos accesorios	29
V.	DISCUSIÓN	30
VI.	CONCLUSIÓN	32
VII.	LITERATURA CITADA	33
VIII.	ANEXOS	40

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Principales países productores de higuierilla.....	5
Cuadro 2. Contenido de aminoácidos en la pasta de higuierilla.....	9
Cuadro 3. Composición (%) de la dieta basal utilizada para la determinación de energía metabolizable aparente, en pollos de engorda a los 38 días de edad.	11
Cuadro 4. Dietas experimentales y composición química (%) utilizadas en pollos de engorda en la fase de iniciación.....	13
Cuadro 5. Dietas experimentales para la fase de iniciación (1-21 días) para pollos de engorda.	17
Cuadro 6. Dietas experimentales para la fase de finalización, sustitución de 1% de proteína de soya por proteína de pasta de higuierilla desintoxicada con diferentes métodos.....	18
Cuadro 7. Contenido de materia seca, proteína y energía metabolizable de la pasta de higuierilla.	22
Cuadro 8. Comportamiento productivo (g) semanal de pollos de engorda alimentados durante cinco semanas con diferentes niveles de sustitución de proteína de pasta de soya por proteína de pasta de higuierilla.	23
Cuadro 9. Comportamiento productivo (g) semanal de pollos de engorda alimentados con 1% de sustitución de proteína de pasta de soya por proteína de pasta de higuierilla tratada con diferentes métodos de desintoxicación durante seis semanas.	26
Cuadro 10. Consumo de alimento (COA, g); ganancia de peso (GP, g), conversión alimenticia (CA, g / g), rendimiento de canal (RC,%), rendimiento de pechuga (RP,%), rendimiento de pierna con muslo (RPM,%) de pollos de engorde de 1 a 42 días alimentados con pasta de higuierilla tratada con diferentes métodos de desintoxicación	27
Cuadro 11. Frecuencia (%) de pollos de engorda con diferente puntuación en la calificación de habilidad para caminar, grado de angulación valgus/varus (%) y latencia a postrarse(s) a los 43 días de edad.....	28
Cuadro 12. Peso relativo (g/kg) y longitud (cm/kg) de las diferentes secciones del sistema digestivo y órganos accesorios de pollos de engorda a los 42 días de edad.	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de mortalidad acumulada en pollos de engorda	24
--	----

I. INTRODUCCIÓN

La higuera o ricino (*Ricinus communis* L) es una planta originaria de África perteneciente a la familia de las Euphorbiaceae, se encuentra distribuida por todo el mundo, principalmente en India, China y Brasil, se destaca por su rusticidad, la tolerancia a la sequía y al alto contenido de aceite en sus semillas (Lima *et al.*, 2006), en México existen condiciones agroecológicas propicias para el cultivo de higuera en el sur y sureste principalmente. (Rodríguez y Zamarripa, 2013).

El aceite de ricino se ha utilizado para la producción de biodiesel y como subproducto de su extracción se obtiene la pasta de higuera que corresponde aproximadamente al 55% del peso de la semilla (Azevedo y Lima, 2001).

La composición nutricional de la pasta de higuera informada por Jiménez *et al.* (2011), Rostagno *et al.* (2011) y Matos Júnior *et al.* (2011), indica que es posible la inclusión en la alimentación animal, ya que puede ser una alternativa en la sustitución de ingredientes proteínicos y disminuir los costos de producción. Pero su utilización está limitada debido a la presencia de productos tóxicos y alérgicos. Sin embargo, actualmente existen métodos eficientes para desintoxicar los subproductos de semillas de ricino, el calor con presión en autoclave y los tratamientos con hidróxido de calcio son eficientes en la eliminación de los compuestos tóxicos. (Anandan *et al.*, 2004; Oliveira *et al.*, 2008), la cocción y la ebullición de la semilla, además de la fermentación en agua han favorecido en la disminución de los compuestos tóxicos pues han permitido su inclusión en las dietas para aves sin afectar el comportamiento productivo. (Oso *et al.*, 2011; Ani y Okorie 2013).

De los diferentes métodos para desintoxicar pasta de higuera se planteó la siguiente hipótesis: la aplicación de los métodos de autoclave (una atmósfera de presión a 121° C por 60 minutos), químico (40g de Ca(OH)₂ /kg) o la combinación de éstos, disminuirán la toxicidad de la pasta de

higuerilla, permitiendo su utilización en dietas para pollos de engorda, sin afectar las variables productivas y variables de bienestar animal, por lo que, el presente estudio se planteó con el siguiente objetivo.

OJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la inclusión de pasta de higuerilla en dietas para pollos de engorde.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la energía metabolizable de la pasta de higuerilla.
- Evaluar el efecto de la sustitución del 1, 2 y 3 % de proteína de pasta de soya por proteína de pasta de higuerilla en pollos de engorda.
- Observar el comportamiento productivo, características de la canal y algunas variables de bienestar animal en pollos, al incluir en la dieta pasta de higuerilla desintoxicada.
- Medir la efectividad de desintoxicación de diferentes métodos en la pasta de higuerilla, sobre el comportamiento productivo de pollos de engorda.

HIPÓTESIS

La aplicación de los métodos de autoclave (una atmosfera de presión a 121° C por 60 minutos), químico (40g de Ca(OH)₂ /kg) o la combinación de éstos, disminuirán la toxicidad de la pasta de higuerilla, permitiendo su utilización en dietas para pollos de engorda, sin afectar las variables productivas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen y taxonomía

La higuera o ricino (*Ricinus communis* L) es una planta originaria de África perteneciente a la familia de las Euphorbiaceae, se encuentra distribuida por todo el mundo, principalmente en India, China y Brasil. Su denominación se debe al parecido de las semillas con la especie de garrapata *Ixodes ricinus*. Se destaca por su rusticidad, la tolerancia a la sequía y al alto contenido de aceite en sus semillas (Lima *et al.*, 2006), en México existen condiciones agroecológicas propicias para el cultivo de higuera en el sur y sureste principalmente. (Rodríguez y Zamarripa, 2013).

Clasificación Taxonómica: Según Cronquist (1981), la clasificación taxonómica de la higuera es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Euphorbiales

Familia: Euphorbiaceae

Género: *Ricinus* L.

Especie: *Ricinus communis* L

Nombres Comunes: higuera, Jiguera, higuero rojo, ricino, higuera del diablo, castor, palmacristi, Tártago, higueta y mamona. (González, 2001).

2.2 Características de la planta

La higuera es una planta oleaginosa típica de regiones semiáridas con alto potencial de adaptación en una amplia diversidad de ambientes. Actualmente es cultivada prácticamente en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo.

Es una planta anual o perenne según las condiciones ambientales, por lo general las plantas de hábito anual son variedades enanas. Las variedades enanas son de gran interés económico porque facilitan la cosecha mecánica. (Rico *et al.*, 2011).

Las semillas son ovaladas, con un tamaño entre 8 y 20 mm de largo y entre 4 y 12 mm de ancho. Estas semillas contienen un 46-53% de aceite, compuesto de glicéridos de distintos ácidos como los ácidos ricinoleico e iso-ricinoleico (Evans and Evans 2002).

Las raíces del ricino son fibrosas y ramificadas; el tronco está en posición vertical, con hojas alternas, tallos largos, palmeados, divididos en siete o nueve lóbulos. Las flores se presentan en racimos, surgen en la parte superior de las ramas y tallos. Las flores en la parte superior del racimo son femeninas y llevan la fruta. Las flores en la parte inferior son masculinas y se marchitan después de ceder su polen (Scarpa and Guerci, 1982).

2.3 Requerimientos agroecológicos

Esta planta tiene un área de dispersión muy amplia, se ha adaptado a climas tropicales húmedos, tropicales secos y también en climas templados. Para cultivarse con fines comerciales se recomienda sembrarse en climas cálidos y secos con precipitación de 700 a 1200 mm anuales y con baja humedad relativa. Este cultivo prospera desde el nivel del mar hasta 1540 msnm a una temperatura media superior a 20°C y en terrenos de mediana y alta fertilidad, profundos, sueltos, permeables, aireados bien drenados, con altas cantidades de elementos nutritivos y con un pH óptimo de 5.5 a 6.7 (Martínez, 2008, Rico *et al.*, 2011).

2.4 Estadísticas

Los principales países productores son India, China y Brasil (Cuadro 1), aportan aproximadamente el 95 % de la producción mundial (Faostat, 2011).

Cuadro 1. Principales países productores de higuera.

País	Producción (MT*)
India	1,350,000
China	180,000
Brasil	95,183
Mozambique	60,000
Paraguay	13,000
Tailandia	12,197
Etiopia	8,400
Vietnam	6,000
Sudáfrica	5,500
Filipinas	4,000

MT*: millones de toneladas

(Faostat, 2011).

En el año 2012 se importaron 3,233 toneladas; los principales importadores para ese año fueron India (2,856 ton) y Brasil (226 ton) (Hernández *et al.*, 2013).

2.5 Aceite de higuera

A partir de las semillas de *Ricinus communis* se extrae el aceite de ricino, el cual representa, en promedio, alrededor del 46 al 55% en peso de cada semilla. La extracción inicial es hecha por prensado mecánico, removiendo sólo alrededor del 45% del aceite presente en las semillas, y la obtención del resto del aceite se produce por medio de disolventes como hexano, heptano y éteres de petróleo (Ogunniyi, 2006).

El aceite es altamente viscoso, este comportamiento se debe al enlace de hidrógeno de sus grupos hidroxilo, es soluble en alcoholes en cualquier proporción, pero tiene una solubilidad limitada en disolventes de petróleo alifáticos. El aceite es de color amarillo, no volátil, no comestible, formado principalmente de ácido ricinoléico (más del 90%) y pequeñas cantidades de otros ácidos, como: oléico, linoléico, esteárico y dihidroxiesteárico. El aceite es utilizado en la producción de biodiesel (Ogunniyi, 2006).

La producción del biodiesel a partir del ricino está que se inserta en el Programa Nacional de Producción y Uso de Biodiesel (PNPB), que pretende estimular la producción del biodiesel en el

país, además de incentivar a pequeños productores, propiciando la generación de empleo y renta en el campo, de manera sostenible, económica y social.

2.6 Usos

Recientemente se incrementó el interés para el aprovechamiento de la higuera como planta ornamental y cultivo industrial, su aceite es utilizado en la fabricación de lubricantes, plásticos, jabones, líquidos hidráulicos, pinturas, barnices y recientemente se promueve para la producción de biodiesel. La higuera no tiene competencia con cultivos alimenticios y se adapta en tierras marginales. Estos atributos incrementan sus posibilidades como cultivo alternativo en el abastecimiento de aceite para la industria aceitera, además sus residuos pueden utilizarse para la formulación de alimentos y otras actividades industriales.

2.7 Toxicidad

La higuera es considerada la planta más tóxica del mundo debido a la alta cantidad de compuestos químicos que contiene en hojas, tallos, raíces y semillas. Entre los principales compuestos tóxicos de la higuera se encuentran la ricina, ricinina y el alérgeno CB-1A (Anandan *et al.*, 2012). Los compuestos químicos presentes en la planta y semillas de higuera sirven como protección contra el ataque de insectos y otros organismos consumidores (Nielsen *et al.*, 2011).

La ricina es dímero glicoproteico que forma parte del grupo de proteínas inactivadoras de ribosomas (RIPs) de tipo 2, que se caracterizan por presentar dos cadenas polipeptídicas: una capaz de inhibir la síntesis de proteínas y otra con propiedades de lectina, es decir, capaz de unirse a hidratos de carbono (Barbieri *et al.*, 1993; Girbés 2000) . La ricina es el principal representante de las RIPs de tipo 2 y está constituida por una cadena A (RTA), de 267 aminoácidos y 30-32 kDa, unida por un puente disulfuro a una cadena B (RTB), de 262 aminoácidos y 32-34 kDa (Olsnes y Kozlov 1993).

La ricinina es un alcaloide tóxico que tiene efectos estimulantes del sistema nervioso central, lo cual favorece la modificación de la memoria, reduce el desempeño exploratorio y provoca estados similares a la catalepsia. (Williamson, 2002).

El alérgeno CB-1A es un compuesto proteico con potencial alergénico, aunque es normalmente inofensivo es térmicamente estable y puede producir asma, fiebre, eczema y malestares gastrointestinales. (Deus *et al.*, 2010).

2.8 Intoxicación por Ricina

Las señales más comunes son vómito, diarrea acuosa y sanguinolenta, y el dolor abdominal. También puede ocurrir anorexia, debilidad, hipertermia, ataxia, y taquicardia. Los demás signos menos frecuentes incluyen temblores, convulsiones, deshidratación, palidez, disnea, polidipsia o anuria e ictericia (Soto-Blanco *et al.*, 2002).

Se han registrado daños macroscópicos en la autopsia que incluyen lesiones gastrointestinales con hemorragia, congestión y el ligero edema, hígado aumentado de tamaño y congestionado, y congestión renal. En el análisis histológico se puede encontrar hemorragia y necrosis multifocal en órganos linfoides; corazón con áreas hemorrágicas y necróticas; degeneración de los hepatocitos y la dilatación de los sinusoides hepáticos; bazo con disminución de la pulpa roja y acumulación de hemosiderina; riñones con degeneración tubular necrótica y glomerulonefritis membranosa; en el tracto gastrointestinal se observa congestión, hemorragia, células epiteliales de las criptas focalmente necróticas. (Soto-Blanco *et al.*, 2002).

El consumo de toxinas genera cambios patológicos en los pollos, por ejemplo, riñones hinchados y congestionados, agrandamiento del hígado y atrofia de la bolsa y el bazo (Arvind *et al.*, 2004; Raja and Chidambaram, 2009). Nsa *et al.* (2010) encontraron que al alimentar pollos con higuera sin desintoxicar el tamaño del hígado disminuye. Okoye *et al.* (2008) observaron daños patológicos

en riñón, hígado, páncreas, timo y bolsa de Fabricio y reducción en su tamaño en pollos alimentados con pasta de higuierilla tratada con calor. En otras especies que fueron alimentados con pasta de higuierilla sin tratar y tratada con hidróxido de calcio en la dieta y que se analizaron los pesos de los órganos no se encontraron diferencias en el peso de hígado corazón riñón y bazo. (Gowda *et al.*, 2008).

2.9 Diagnóstico de la intoxicación por Ricina

El diagnóstico de intoxicación por ricina, generalmente, se basa en la historia clínica de consumo de ricino se puede hacer la identificación de ricino en el contenido gastrointestinal o la detección de ricina en sangre y fluidos corporales se puede realizar por medio de un ensayo inmunoenzimático (ELISA) radioinmunoensayo (Roels *et al.*, 2010).

2.10 Pasta de higuierilla

Las pastas proteínicas son los residuos obtenidos después de la extracción de aceite a partir del grano de la higuierilla (Deus y Tavares, 2011).

La pasta de higuierilla contiene entre el 32-43 % de proteína aproximadamente (Deus *et al.*, 2011). Moreira *et al.* (2003) reportaron que tiene un 14.4% de extracto etéreo y 6.6% de cenizas. En cuanto al contenido de aminoácidos Jiménez *et al* (2011) reportan las siguientes concentraciones en pasta de higuierilla con o sin tratamiento de desintoxicación. (Cuadro 2)

Cuadro 2. Contenido de aminoácidos en la pasta de higuierilla

Aminoácido	Higuierilla sin desintoxicar	Higuierilla desintoxicada *
Metionina	0.44	0.42
Cistina	0.54	0.42
Lisina	0.87	0.78
Treonina	0.87	0.87
Arginina	2.99	2.72
Isoleucina	1.14	1.09
Leucina	1.60	1.65
Valina	1.39	1.31
Histidina	0.58	0.58
Fenilalanina	1.05	1.05
Proteína cruda	27.22	27.72

*la pasta de higuierilla fue desintoxicada mediante la aplicación de vapor durante 30 min

2.11 Métodos de desintoxicación de pasta de higuierilla

Se han desarrollado métodos físicos y químicos para desintoxicación de la pasta de ricino, como ejemplo de métodos físicos: inmersión (3, 6 y 12 h); ebullición (30 y 60 min); vaporización (30 y 60 min); (100 °C por 30 min, 120 °C por 25 min); y autoclave (15psi por 30 min, 15psi por 60 min). Métodos químicos: aplicación de amoníaco (7,5 y 12,5ml / kg de pasta de higuierilla), de formaldehído (5 y 10g / kg), hidróxido de calcio (10, 20 y 40 g / kg); cloruro de sodio (5,10 y 20 g / kg); ácido tánico (5 y 10 g / kg) e hidróxido de sodio (2,5, 5 y 10 g / kg). Estos métodos fueron validados basándose en el análisis cuantitativo igualitario de la ricina, donde de todos estos métodos, la autoclave (15psi por 60min) y el tratamiento con hidróxido de calcio (40 g / kg) fueron las técnicas capaces de destruir completamente la ricina, no visualización de bandas correspondiente a ricina en la electroforesis en gel de poliacrilamida (Anandan *et al.*, 2004). Algunas investigaciones no obtuvieron el mismo éxito en la desintoxicación, por ejemplo, Oliveira *et al.* (2010), al utilizar 40 g de hidróxido de calcio por kg de torta de ricino no consiguieron obtener 100% de desintoxicación de la pasta. Los autores mencionan que esta diferencia en la eficacia de la desintoxicación, probablemente ocurrió debido a los diferentes niveles de ricina entre las variedades genéticas de la higuierilla.

2.12 Pasta de higuierilla en la alimentación de pollos de engorda

Se ha estudiado el comportamiento productivo de las aves al incluir pasta de higuierilla en la dieta, Ferreira *et al.* (2014) al evaluar diferentes porcentajes de inclusión concluyeron que la pasta de higuierilla desintoxicada puede ser incluida en la alimentación de gallinas de postura en un 5.7% para un rendimiento óptimo sin afectar la calidad interna y externa del huevo. Ani and Okorie (2013), encontraron que se puede utilizar 10% y 15% de pasta de higuierilla desintoxicada en la dieta de pollos de engorda con o sin la suplementación de DL-metionina, respectivamente, para mejorar la retención de nutrientes y para el desarrollo normal de los órganos de pollos de engorda. Oso *et al.* (2011) desintoxicaron la pasta de higuierilla fermentándola en agua durante 5 días y probaron su eficacia ofreciéndosela a pollos de engorda en diferentes porcentajes de inclusión y concluyeron que se puede utilizar hasta el 5% de pasta de higuierilla sin afectar el comportamiento productivo y rendimiento en canal.

Nsa *et al.* (2010) utilizaron procesos térmicos para la desintoxicación de las semillas de higuierilla (tostado, ebullición y remojo y ebullición) y alimentaron a pollos de engorda para verificar su eficiencia y concluyeron que se puede incluir hasta el 10 % de la pasta tratada con ebullición y remojo y ebullición ya que los pollos tuvieron un comportamiento productivo similar al testigo.

Oso *et al.* (2011) al emplear semilla de higuierilla fermentada en dietas para pollos encontró que el peso de la canal, pechuga se redujeron a medida que el nivel de inclusión de la semilla de higuierilla en la dieta aumentaba.

Okoye *et al.* (2008) desintoxicaron pasta de higuierilla al tostar a la semilla a 140 °C por 20 minutos y la ofrecieron a pollos de engorda en diferentes niveles de inclusión, observaron una disminución en el peso vivo, peso al sacrificio y peso de canal, concluyeron que el método de tostado no fue eficiente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Experimento I

3.1.1. Determinación de Energía Metabolizable (EM)

Se determinó la energía metabolizable de la pasta de higuierilla mediante el método descrito por Nalle *et al.* (2010), donde se utilizó una dieta basal (dieta testigo) de maíz y pasta de soya (Cuadro 3) y a partir de ésta, se preparó una dieta experimental mediante la inclusión del 25% de pasta de higuierilla a la dieta basal.

Cuadro 3. Composición (%) de la dieta basal utilizada para la determinación de energía metabolizable aparente, en pollos de engorda a los 38 días de edad.

Ingrediente	% inclusión
Maíz	59.36
Pasta de soya	35.18
Aceite de soya	1.78
Fosfato dicálcico	2.17
Carbonato de calcio	0.78
Sal	0.20
Bicarbonato de sodio	0.23
Premezcla de vitaminas y minerales ¹	0.30

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

Se utilizaron 30 pollos machos de la línea Ross 308 de 30 días de edad, distribuidos aleatoriamente en 30 jaulas (30 x 60 x 40 cm). Los comederos tenían una canaleta de llenado manual y un bebedero de copa automático.

Para determinar la Energía Metabolizable Aparente corregida por nitrógeno (EMAn) se recolectaron las excretas y se midió el consumo de 4 días consecutivos a partir del día 38 de edad. Las excretas de cada ave fueron recolectadas minuciosamente eliminando plumas, escamas y

restos de alimento, se mezclaron, se tomó y se almacenó a -20°C una muestra representativa (60 g) para ser liofilizada posteriormente.

De las muestras de alimento y excretas liofilizadas se realizó el análisis de: materia seca, energía bruta y contenido de nitrógeno. La Energía Bruta (EB) o calor de combustión se determinó como el poder calorífico bruto de una muestra utilizando un calorímetro isoperbólico. El contenido de nitrógeno se midió por el método de Kjeldahl (AOAC, 1990).

3.2 Experimento II

3.2.1. Aves y dietas

Para evaluar el efecto de la sustitución parcial de proteína de soya (PPS) por proteína de pasta de higuierilla (PPH) en pollos de engorda se realizaron cuatro dietas con 1 2 y 3% de sustitución de PPS por PPH y se asignaron aleatoriamente a 4 tratamientos con 7 repeticiones (10 pollos por repetición). Se utilizaron 280 pollos de la línea Ross 308 de una semana de edad.

El programa de alimentación de los pollos se dividió en dos fases (iniciación y finalización) donde se les ofreció dietas isoenergéticas (3025 kcal y 3050 kcal respectivamente) e isoproteínicas (21 % y 18% respectivamente) a base de maíz-soya con diferentes niveles de inclusión de pasta higuierilla, sustituyendo parcialmente a la PPS (cuadro 4). Las dietas fueron formuladas para cubrir o exceder los requerimientos nutricionales de la línea de pollo Ross 308 (Aviagen 2017). El experimento duró seis semanas durante las cuales se suministraron alimento y agua ad libitum.

Para el día 10 de experimentación se cambió la dieta del tratamiento 4 a la dieta testigo ya que se observó una alta tasa de mortalidad. Se les ofreció dieta testigo para observar si se lograba una recuperación, por lo tanto, se siguieron tomando datos de peso y consumo.

Cuadro 4. Dietas experimentales y composición química (%) utilizadas en pollos de engorda en la fase de iniciación

Ingrediente	PS	PH1	PH2	PH3
Pasta de soya	35.41	33.34	31.26	29.18
Maíz	56.29	53.94	51.59	49.24
Pasta de higuera	0.00	4.16	8.32	12.48
Carbonato de calcio	1.25	1.22	1.20	1.17
Fosfato dicálcico	2.03	2.06	2.09	2.12
L-lisina	0.32	0.36	0.41	0.45
L-metionina	0.49	0.49	0.48	0.48
L-treonina	0.13	0.14	0.15	0.16
Aceite	3.43	3.64	3.85	4.06
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05	0.05
Sal	0.30	0.30	0.30	0.30
Vitaminas y minerales ¹	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100	100	100	100
Composición química calculada				
Pc	21	21	21	21
EM (kcal)	3025	3025	3025	3025
Ca	0.96	0.96	0.96	0.96
P disponible	0.48	0.48	0.48	0.48
Lisina	1.44	1.44	1.44	1.44
Metionina	0.83	0.83	0.82	0.82
Met+cis	1.08	1.08	1.08	1.08
Treonina	0.97	0.97	0.97	0.97
Triptófano	0.30	0.30	0.30	0.30

PS:Dieta testigo a base de maíz-pasta de soya

PH1: Dieta testigo más la sustitución del 1% de proteína de soya por proteína de pasta de higuera.

PH2: Dieta testigo más la sustitución del 2% de proteína de soya por proteína de pasta de higuera.

PH3: Dieta testigo más la sustitución del 3% de proteína de soya por proteína de pasta de higuera.

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

Las aves se alojaron en corrales de 1.5 m² con cama de viruta de madera. Se proporcionó un régimen de iluminación 23 h luz durante las primeras dos semanas y posteriormente se redujo a 12 h. El consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia se registraron semanalmente hasta los 42 días. También se analizó comportamiento productivo acumulado del día 7 al 42. La

temperatura ambiental fue de 30°C al inicio del experimento, la cual se redujo 2°C por semana hasta llegar a una temperatura de 21°C.

3.2.2. Evaluación de órganos y mortalidad

Se registró el porcentaje de mortalidad por tratamiento y los daños visuales de los pollos.

Al día 21 de edad se seleccionaron aleatoriamente 7 aves de los tratamientos PS, PH1 y PH2 (1 pollo por repetición) y se sacrificaron por aturdimiento con una cuchilla eléctrica (modelo VS-200, potencia de entrada 120 V-1 A, potencia de salida 50 V-0,1 A, Midwest Processing Systems, Minneapolis, MN, EE. UU.), de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014 y se tomaron muestras de los siguientes órganos: intestino delgado, hígado, bazo intestino, proventrículo, bolsa de Fabricio y timo, se fijaron en formol al 10% para el análisis histopatológico que fue realizado por los laboratorios “Diagnósticos Clínicos Veterinarios S. A. DE C. V.”

3.2.3. Análisis estadístico

Las variables peso vivo, consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia se analizaron utilizando un diseño completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo usando el procedimiento MIXED de SAS (SAS Institute Inc. 2011) en el cual la unidad experimental fue considerada como una repetición. Las medias de mínimos cuadrados fueron comparadas usando la Prueba de Tukey ajustada, cuando los efectos principales de tratamiento e interacción fueron significativos ($P < 0.05$)

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \delta_{ij} + S_k + (\tau S)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde: Y_{ijk} = variables respuesta; $i=1,2,3,4$; $j=1,2,3,4,5,6$; $k=1,2,3,4,5,6,7$; μ = media general; τ_i = efecto del i -ésimo tratamiento; S_k = efecto del k -ésima semana; δ_{ij} = Error A (repetición/ i -ésimo tratamiento); $(\tau S)_{ik}$ = efecto de la interacción tratamiento por semana y ε_{ijk} = error experimental.

3.3 Experimento III

3.3.1. Desintoxicación de la pasta higuera

Para la desintoxicación de la pasta de higuera se emplearon tres métodos de desintoxicación de acuerdo con la metodología de Anandan *et al.* 2004. Autoclave, método con Ca(OH)_2 y autoclave con Ca(OH)_2

a) Método de autoclave

Se utilizaron 40 muestras de pasta de higuera de 1000 g las cuales se introdujeron en una autoclave Felisa*, aplicando una atmósfera de presión, durante 60 minutos a 121 °C. Posteriormente se secaron al sol por 48 horas y se almacenaron a temperatura ambiente.

b) Método químico (Hidróxido de calcio)

Se mezclaron veinte muestras de pasta de higuera de 1000 g con 40 g de Ca(OH)_2 cada una, se dejaron reposar durante 8 horas por la noche y posteriormente se secaron al sol durante 48 horas, se molieron con un molino manual (Estrella, México) y se almacenaron a temperatura ambiente. El hidróxido de calcio fue diluido en agua, antes de ser mezclado con la pasta de higuera.

c) Método de autoclave e hidróxido de calcio

Veinte muestras de pasta de higuera de 1000 g desintoxicada por el método de autoclave se mezclaron con hidróxido de calcio a una concentración de 40 g/kg, se secaron al sol durante 48 horas y se almacenaron a temperatura ambiente.

3.3.2. Aves y tratamientos

El experimento se realizó en las instalaciones avícolas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. Ubicado a una altitud de 2247 m (Vázquez-García y Pérez-Padilla, 2000).

Se utilizaron 350 pollos machos de la línea Ross 308 de un día de edad y se distribuyeron en un diseño completamente al azar. Se evaluaron cinco tratamientos con siete repeticiones (10 pollos por repetición). El experimento tuvo una duración de 42 días. Los tratamientos evaluados fueron: dieta testigo maíz y pasta de soya (PS), pasta de higuierilla sin desintoxicar (PH), pasta de higuierilla tratada con autoclave (PHMA), (pasta de higuierilla tratada con el método químico (PHMQ) y pasta de higuierilla tratada con autoclave y método químico (PHMAQ).

El programa de alimentación se dividió en dos fases: a) dieta de iniciación (1-21 días) que contenía: 3025 kcal de energía metabolizable (EM) kg^{-1} , 22% de proteína cruda (PC), 0.96% de Ca y 0.48% de P disponible y, b) dieta de finalización (22-42 días) que contenía: 3100 kcal de EM kg^{-1} , 19% de PC, 0.80% de Ca y 0.40% de P disponible (Cuadro 5 y 6). Las dietas se formularon para cubrir o exceder las recomendaciones nutricionales de la línea Ross 308 (Aviagen, 2017).

Cuadro 5. Dietas experimentales para la fase de iniciación (1-21 días) para pollos de engorda.

Ingredientes (%)	Tratamientos				
	PS	PH	PHMA	PHMQ	PHMAQ
Pasta de soya	35.41	33.34	33.34	33.34	33.34
Maíz	56.29	53.94	53.94	54.08	54.08
Pasta de higuierilla	0.00	4.16	4.16	4.13	4.13
Carbonato de calcio	1.25	1.22	1.22	1.16	1.16
Fosfato di cálcico	2.03	2.06	2.06	2.06	2.06
L-lisina	0.32	0.36	0.36	0.36	0.36
DL-metionina	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
L-treonina	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14
L-triptófano	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aceite	3.43	3.64	3.64	3.60	3.60
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Sal	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Vitaminas y minerales*	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100	100	100	100	100
Análisis calculado					
Proteína cruda (%)	21	21	21	21	21
Energía Metabolizable(kcal)	3025	3025	3025	3025	3025
Calcio (%)	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
P disponible (%)	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
Lisina	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44
Metionina	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
Metionina+cistina	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
Treonina	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
Triptófano	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

PS: testigo, dieta base soya-maíz; PH: dieta con higuierilla sin desintoxicar; PHMA: dieta con higuierilla tratada con autoclave a una atmósfera de presión durante 60 minutos a una temperatura de 121°C; PHMQ: dieta con higuierilla tratada con hidróxido de calcio al 4%; PHMAQ: dieta con higuierilla tratada con autoclave a una atmósfera de presión durante 60 minutos a una temperatura de 121 °C y con Ca(OH)₂ al 4% *Premezcla de vitaminas por kilogramo de alimento: A, 12,000 UI; D3, 1,000 UI; E, 60 UI;K, 5.0 mg; B2, 8.0 mg; B12, 0.030 mg; ácido pantoténico, 15 mg; niacina, 50 mg; ácido fólico, 1.5 mg; colina, 300 mg; biotina, 0.150 mg; tiamina, 3.0 mg. Premezcla de minerales por kilogramo de alimento: Fe, 50.0 mg; Zn, 110 mg; Mn, 100 mg; Cu, 12.0 mg; Se, 0.3 mg; I, 1.0 mg.

Cuadro 6. Dietas experimentales para la fase de finalización, sustitución de 1% de proteína de soya por proteína de pasta de higuera desintoxicada con diferentes métodos.

Ingredientes (%)	Tratamientos				
	PS	PH	PHA	PHC	PHA+C
Pasta de soya	30.44	28.36	28.36	28.36	28.36
Maíz	61.91	59.56	59.56	59.70	59.70
Pasta de higuera	0.00	4.16	4.16	4.13	4.13
Carbonato de calcio	1.07	1.04	1.04	0.98	0.98
Fosfato di cálcico	1.61	1.64	1.64	1.64	1.64
L-lisina	0.12	0.17	0.17	0.17	0.17
DL-metionina	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
L-treonina	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
L-triptófano	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aceite	3.49	3.70	3.70	3.66	3.66
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Pigmento	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Sal	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Vitaminas y minerales*	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100	100	100	100	100
Composición química calculada					
Pc (%)	19	19	19	19	19
EM (kcal)	3100	3100	3100	3100	3100
Ca (%)	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
P disponible (%)	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
Arginina	1.09	1.35	1.35	1.35	1.35
Isoleucina	0.70	0.88	0.88	0.88	0.88
Lisina	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Metionina	0.47	0.66	0.66	0.66	0.66
Metionina +cistina	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Treonina	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Triptófano	0.18	0.27	0.27	0.27	0.27

PS: testigo, dieta base soya-maíz; PH: dieta con higuera sin desintoxicar; PHMA: dieta con higuera tratada con autoclave a una atmósfera de presión durante 60 minutos a una temperatura de 121°C; PHMQ: dieta con higuera tratada con hidróxido de calcio al 4%; PHMAQ: dieta con higuera tratada con autoclave a una atmósfera de presión durante 60 minutos a una temperatura de 121 °C y con Ca(OH)₂ al 4% *Premezcla de vitaminas por kilogramo de alimento: A, 12,000 UI; D3, 1,000 UI; E, 60 UI; K, 5.0 mg; B2, 8.0 mg; B12, 0.030 mg; ácido pantoténico, 15 mg; niacina, 50 mg; ácido fólico, 1.5 mg; colina, 300 mg; biotina, 0.150 mg; tiamina, 3.0 mg. Premezcla de minerales por kilogramo de alimento: Fe, 50.0 mg; Zn, 110 mg; Mn, 100 mg; Cu, 12.0 mg; Se, 0.3 mg; I, 1.0 mg.

3.3.3. Comportamiento productivo, características de bienestar animal y rendimiento de canal

El consumo de alimento, ganancia de peso, y conversión alimenticia se registraron desde el día uno hasta el día 42.

Al día 43 de edad se seleccionaron al azar 35 aves por tratamiento para evaluar habilidad para caminar, angulación valgus/varus y latencia a postrarse.

La habilidad para caminar se evaluó de acuerdo con la metodología descrita por Kestin *et al.* (1992) modificada por Garner *et al.* (2002). La medición se realizó simultáneamente por dos evaluadores que calificaron a cada ave en una escala de 0 a 5 donde: 0. Aves que caminan normalmente; 1. Aves con una ligera dificultad para caminar; 2. Aves con un defecto definido e identificable en su forma de caminar, pero la lesión o daño no obstaculiza el movimiento o la competencia por agua y alimento; 3. Aves con un defecto evidente, el cual afecta la habilidad para moverse; 4. Aves con un severo defecto y 5. Aves incapaces de caminar.

La angulación valgus/varus se evaluó de acuerdo con la metodología descrita por Leterrier and Nys (1992). Dependiendo del ángulo de tibia-metatarso, se definieron 4 puntuaciones: 0, pollo normal; 1, pollo con poca angulación (ángulo tibia-metatarso entre 10 y 25°); 2, ave con angulación evidente (ángulo entre 25 y 45°) y; 3, angulación severa (ángulo mayor a 45°).

Las aves se sometieron sometidas a la prueba de latencia a postrarse, según lo descrito por Berg and Sanotra (2003). Esta prueba se basa en el contacto corporal del pollo con el agua, que es una experiencia novedosa y adversa para los pollos de engorda. Las aves se colocaron en un recipiente de plástico con agua a 32 °C a una altura de 3 cm. Se registró el tiempo transcurrido en segundos hasta que cada ave se postró. Si el ave permaneció de pie después de 600 segundos, la prueba se suspendió. Las aves se evaluaron individualmente sin contacto visual entre ellas.

A los 42 días de edad se seleccionaron al azar siete aves por tratamiento para evaluar el rendimiento de la canal, peso de la pechuga y peso de piernas con muslos. El alimento se retiró 8 h antes del sacrificio, los pollos se sacrificaron usando un cuchillo aturridor (modelo VS-200, potencia de entrada 120 V-1 A, potencia de salida 50 V-0,1 A, Midwest Processing Systems, Minneapolis, MN, EE. UU.), de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014.

3.3.4. Desarrollo del sistema digestivo y órganos accesorios

Para evaluar el desarrollo del sistema digestivo se seleccionaron aleatoriamente siete aves por tratamiento de 42 días de edad y se sacrificaron por aturdimiento con un cuchillo aturridor, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014. Se midió la longitud del intestino delgado y de los ciegos con una cinta métrica y se determinó el peso vacío del proventrículo, molleja, intestino delgado y ciegos, también se obtuvo el peso de hígado, bazo, bolsa de Fabricio, páncreas y corazón. La medición del intestino delgado y de los ciegos se realizó sobre una tela húmeda para evitar se contrajeran.

3.3.5. Análisis estadístico

Las variables consumo de alimento, ganancia de peso, peso vivo y conversión alimenticia se analizaron utilizando un diseño completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo, usando el procedimiento MIXED de SAS (SAS Institute Inc. 2011) en el cual la unidad experimental fue considerada como una repetición. Las medias de mínimos cuadrados fueron comparadas usando la Prueba de Tukey ajustada, cuando los efectos principales de tratamiento e interacción fueron significativos ($P < 0.05$)

Las variables, consumo de alimento, ganancia de peso, y conversión alimenticia acumulados se analizaron utilizando un diseño completamente al azar, con un nivel de significancia de 0.05 usando el procedimiento GLM del SAS (SAS Institute Inc. 2011). Las medias de tratamientos se compararon usando la prueba de Tukey ajustada ($P > 0.05$).

Las variables, habilidad para caminar y angulación se analizaron con un diseño completamente al azar utilizando el PROC GLIMMIX (para datos no paramétricos) y PROC FREQ del SAS.

Los pesos relativos del sistema digestivo, órganos accesorios y latencia a postrarse se analizaron con un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos y 7 repeticiones por tratamiento usando el procedimiento GLM del SAS (SAS Institute Inc. 2011). Las medias de tratamiento se compararon usando la prueba de tukey y se presentaron como media \pm error estándar.

IV. RESULTADOS

4.1 Experimento I

Los resultados de materia seca, energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno y proteína se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Contenido de materia seca, proteína y energía metabolizable de la pasta de higuierilla.

Nutrientos	Pasta de higuierilla	Pasta de soya
Materia seca (%)	90	88
Proteína cruda (%)	28.4	47
EMAn (Kcal/kg) ¹	2695	2540

¹EMAn=energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno.

4.2 Experimento II

4.2.1. Comportamiento productivo

Hubo diferencias estadísticas ($P>0.05$) para peso vivo, ganancia de peso y consumo de alimento entre tratamientos. Sin embargo del día 21 al día 42 los pesos de los pollos del tratamiento PH2 y PH3 fueron estadísticamente similares ($P>0.05$). Para ganancia de peso los pollos de los tratamientos PS, PH1, PH3 tuvieron un comportamiento similar; el consumo de alimento de los pollos de los tratamientos PH2 y PH3 no difirieron en todo el experimento ($P>0.05$). Los pollos alimentados con pasta de soya registraron un mayor ($P>0.05$). peso vivo, ganancia de peso y consumo de alimento (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comportamiento productivo (g) semanal de pollos de engorda alimentados durante cinco semanas con diferentes niveles de sustitución de proteína de pasta de soya por proteína de pasta de higuierilla.

Tratamientos	Edad(días)				
	7-14	15-21	21-28	28-35	35-42
	Peso vivo (g)				
PS	468.21 a	902.43 a	1409.67 a	2000.92 a	2629.55 a
PH1	363.79 b	691.17 b	1151.29 b	1719.83 b	2350.10 b
PH2	266.29 c	459.68 c	826.60 c	1307.38 c	1827.43 c
PH3	204.82 d	405.01 d	803.87 c	1318.65c	1857.2 c
E. E.	13.75	25.8047	41.8421	65.4683	83.0887
	Ganancia de peso(g)				
PS	297.00 a	434.21 a	507.25 a	591.25 a	628.63 a
PH1	191.57 b	327.38 b	460.1 b	568.54 a	630.27 a
PH2	92.64 c	193.0 c	366.92 c	480.78 b	520.05 b
PH3	23.71 d	200.19 c	398.86 c	514. 78 a	538.61 a
E. E.	12.139	20.4217	21.5996	37.5151	28.6155
	Consumo de alimento(g)				
PS	367.3 a	581.44 a	791.51 a	1085.41 a	1247.33 a
PH1	257.00 b	429.50 b	692.78 b	955.96 b	1132.91 b
PH2	168.86 c	362.11 c	537.53 c	782.35 c	1011.63 c
PH3	114.28 c	351.55 c	548.86 c	821.48 c	1028.48bc
E. E.	11.62	19.61	26.11	41.15	50.39
	Conversión alimenticia				
PS	1.23 a	1.24 a	1.56 a	1.83 a	1.98 a
PH1	1.34 a	1.18 a	1.50 ab	1.69 b	1.79 b
PH2	2.08 b	1.38 b	1.47 b	1.63 b	1.95 a
PH3	5.30 b	1.72 c	1.37 c	1.61 b	1.91 a
E. E.	0.56	0.08	0.04	0.06	0.07

Medias de tratamientos con letras iguales no son diferentes ($p < 0.05$). EE=Error estándar.

PS: Dieta testigo a base de maíz-pasta de soya

PH1: Dieta testigo más la sustitución del 1% de proteína de soya por proteína de pasta de higuierilla.

PH2: Dieta testigo más la sustitución del 2% de proteína de soya por proteína de pasta de higuierilla.

PH3: Dieta testigo más la sustitución del 3% de proteína de soya por proteína de pasta de higuierilla.

4.2.2. Evaluación de órganos y mortalidad

El análisis de los órganos realizado por el laboratorio “Diagnósticos Clínicos Veterinarios S. A. DE C. V.” Demuestra que hubo daños en algunos órganos de los pollos de los tratamientos PH1 y PH2, y que el daño fue menor en los pollos que consumieron menor pasta de higuierilla en la dieta. (Anexo 1).

En la figura 2 se muestra el porcentaje de mortalidad acumulada de pollos de engorda durante el experimento. El mayor porcentaje de mortalidad se presentó en el tratamiento 4 durante la primera y segunda semana de experimentación.

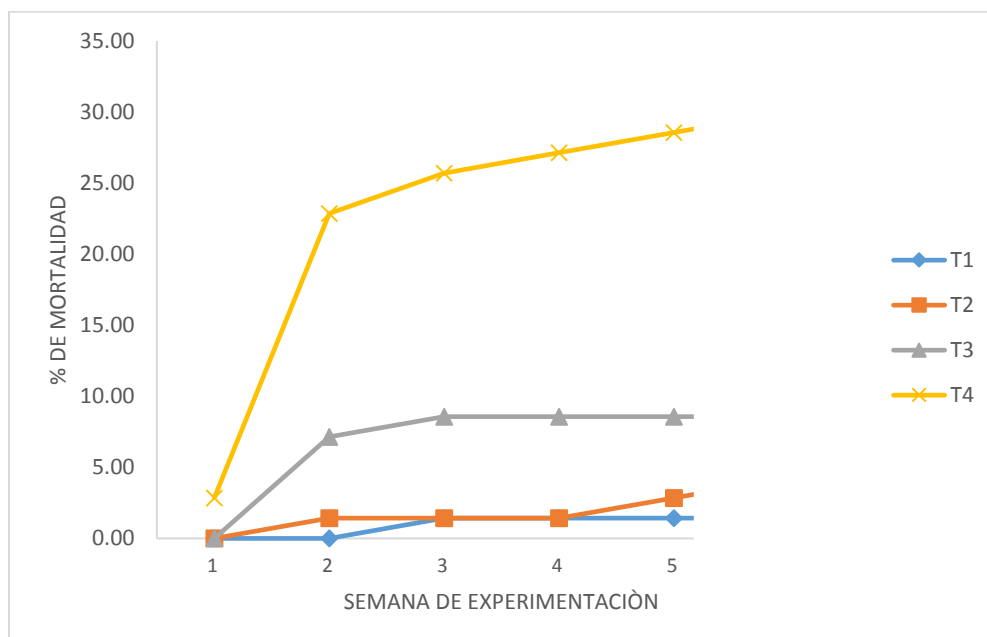


Figura 1. Porcentaje de mortalidad acumulada en pollos de engorda.

T1=PS: Dieta testigo a base de maíz-pasta de soya

T2=PH1: Dieta testigo más la sustitución del 1% de proteína de soya por proteína de pasta de higuierilla.

T3=PH2: Dieta testigo más la sustitución del 2% de proteína de soya por proteína de pasta de higuierilla.

T4=PH3: Dieta testigo más la sustitución del 3% de proteína de soya por proteína de pasta de higuierilla.

4.3 Experimento III

4.3.1. Comportamiento productivo y rendimiento de canal

Los pollos alimentados con las dietas PH y PHC mostraron menor consumo de alimento, ganancia de peso y peso vivo ($P < 0.05$) durante todo el periodo experimental, respecto a los pollos alimentados con las dietas PS, PHA y PHA+C (Cuadro 9). Los pollos alimentados con las dietas PH y PHC mostraron mayor conversión alimenticia ($P < 0.05$) en las semanas 1, 2, 3 y 4; sin embargo, en las semanas 5 y 6 no hubo diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos.

Cuadro 9. Comportamiento productivo (g) semanal de pollos de engorda alimentados con 1% de sustitución de proteína de pasta de soya por proteína de pasta de higuierilla tratada con diferentes métodos de desintoxicación durante seis semanas.

Tratamiento	Semanas						EE	P -value		
	1	2	3	4	5	6		Tratamiento	Semana	Tratamiento X semana
	Consumo de alimento(g)									
PS	156 a	381 a	608 a	883 a	1149 a	1322 a	13.74	0.0001	0.0001	0.0001
PH	107 b	242 b	406 b	624 b	815 b	1080 b				
PHMQ	151 a	389 a	614 a	880 a	1157 a	1301 a				
PHMA	112 b	263 b	396 b	581 b	790 b	1038 b				
PHMAQ	150 a	381 a	628 a	898 a	1174 a	1343 a				
	Ganancia de peso(g)									
PS	130 a	282 a	446 a	586 a	676 a	692 a	10.62	0.0001	0.0001	0.0001
PH	82 b	155 b	256 b	374 b	520 b	594 b				
PHMQ	128 a	288 a	429 a	587 a	712 a	693 a				
PHMA	85 b	162 b	238 b	345 b	517 b	578 b				
PHMAQ	124 a	286 a	442 a	585 a	686 a	704 a				
	Peso vivo (g)									
PS	176 a	459 a	904 a	1490 a	2166 a	2859 a	27.13	0.0001	0.0001	0.0001
PH	128 b	289 b	540 b	913 b	1433 b	2042 b				
PHMQ	175 a	462 a	892 a	1479 a	2190 a	2883 a				
PHMA	131 b	293 b	531 b	876 b	1393 b	1990 b				
PHMAQ	171 a	457 a	899 a	1483 a	2170 a	2873 a				
	Conversión alimenticia									
PS	1.20 b	1.35 b	1.37 b	1.50 b	1.70 a	1.92 a	0.03	0.0012	0.0001	0.0316
PH	1.31 a	1.55 a	1.59 a	1.67 a	1.58 a	1.86 a				
PHMQ	1.18 b	1.35 b	1.43 b	1.50 b	1.64 a	1.89 a				
PHMA	1.33 a	1.63 a	1.67 a	1.70 a	1.53 a	1.80 a				
PHMAQ	1.21 b	1.33 b	1.42 b	1.54 b	1.71 a	1.90 a				

PS: testigo, dieta base soya-maíz; PH: dieta con higuierilla sin desintoxicar; PHMA: dieta con higuierilla tratada con autoclave a una atmósfera de presión durante 60 minutos a una temperatura de 121°C; PHMQ: dieta con higuierilla tratada con hidróxido de calcio al 4%; PHMAQ: dieta con higuierilla tratada con autoclave a una atmósfera de presión durante 60 minutos a una temperatura de 121 °C y con Ca(OH)₂ al 4%

Los pollos de los tratamientos PH y PHMQ tuvieron menor ($P < 0.05$) consumo de alimento y ganancia de peso acumulados, respecto a las aves del resto de tratamientos. No se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos en conversión alimenticia acumulada. (Cuadro 10). En cuanto a las variables de rendimiento de la canal, pechuga y pierna con muslo no hubo diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Consumo de alimento (COA, g); ganancia de peso (GP, g), conversión alimenticia (CA, g / g), rendimiento de canal (RC,%), rendimiento de pechuga (RP,%), rendimiento de pierna con muslo (RPM,%) de pollos de engorde de 1 a 42 días alimentados con pasta de higuera tratada con diferentes métodos de desintoxicación

Variables	Tratamientos						P-valor
	PS	PH	PHMA	PHMQ	PHMAQ	EE	
COA	4499 a	3272 b	4492 a	3181 b	4575 a	66.41	0.0001
GP	2811 a	1980 b	2835 a	1923 b	2835 a	44.69	0.0001
CA	1.60	1.65	1.58	1.65	1.61	0.03	0.2322
RC	79.96	78.31	78.91	78.03	79.91	0.66	0.1467
RP	28.31	25.28	25.86	25.01	26.85	0.81	0.0510
RPM	20.16	21.02	21.18	20.11	20.11	0.74	0.7002

Medias de tratamientos con diferentes letras son diferentes, ($P < 0.05$). EE=Error estándar. PS: testigo, dieta base soya-maíz; PH: dieta con higuera sin desintoxicar; PHMA: dieta con higuera tratada con autoclave a una atmósfera de presión durante 60 minutos a una temperatura de 121°C; PHMQ: dieta con higuera tratada con hidróxido de calcio al 4%; PHMAQ: dieta con higuera tratada con autoclave a una atmósfera de presión durante 60 minutos a una temperatura de 121 °C y con Ca(OH)_2 al 4%

4.3.2. Habilidad para caminar

Se encontraron diferencias ($P < 0.05$) por efecto de tratamientos en la habilidad para caminar; los pollos alimentados con las dietas PH y PHMQ mostraron mayor proporción de aves sanas (calificación 0) en comparación con las aves de los otros tratamientos. Aves con calificación 4 y 5 no se observaron en este experimento (Cuadro 11).

4.3.3. Angulación valgus/varus

Se encontró efecto de tratamientos ($P < 0.05$) en el grado de angulación valgus/varus. La mayor proporción de aves con calificación 0 se encontró en los tratamientos PH y PHMQ y menor proporción de aves con calificación 1. No se observaron pollos con grado de angulación 3 (Cuadro 11).

4.3.4. Latencia a postrarse

No hubo diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos para latencia a postrarse (Cuadro 11).

Cuadro 11. Frecuencia (%) de pollos de engorda con diferente puntuación en la calificación de habilidad para caminar, grado de angulación valgus/varus (%) y latencia a postrarse(s) a los 43 días de edad.

Puntuación	Tratamientos				
	PS	PH	PHMA	PHMQ	PHMAQ
	Habilidad para caminar				
0	0.00	25.71	5.71	28.57	14.29
1	42.86	51.43	51.43	48.57	31.43
2	37.14	22.86	34.29	22.86	40.00
3	20.00	0.00	8.57	0.00	14.29
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P-valor	0.0009				
	Angulación valgus/varus				
0	14.29	48.57	34.29	60.00	34.29
1	65.71	42.86	60.00	40.00	60.00
2	20.00	8.57	5.71	0.00	5.71
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P-valor	0.0024				
	Latencia a postrarse				
Segundos (s)	84	118	103	103	114
P-valor	0.6681				

Habilidad para caminar: Se utilizó la escala desarrollada por Garner *et al.*⁽¹⁴⁾, Indican que, calificación 0, son aves que caminan normalmente; 1, aves con una ligera dificultad para caminar; 2, aves con un defecto definido e identificable, pero la lesión o daño no obstaculiza el movimiento o la competencia por agua y alimento; 3, aves con un defecto evidente, el cual afecta la habilidad para moverse; 4, aves con un severo defecto y 5 para aquellas aves incapaces de caminar. La angulación Valgus / varus: Se evaluó de acuerdo con la metodología descrita por Leterrier y Nys⁽¹⁵⁾: se definieron 4 categorías: 0, pollo normal; 1, pollo con poca angulación (ángulo tibia-metatarso entre 10 y 25°); 2, pollos con angulación evidente (ángulo entre 25 y 45°) y 3, angulación severa (ángulo mayor de 45°)

PS: testigo, dieta base soya-maíz; PH: dieta con higuierilla sin desintoxicar; PHMA: dieta con higuierilla tratada con autoclave a una atmósfera de presión durante 60 minutos a una temperatura de 121°C; PHMQ: dieta con higuierilla tratada con hidróxido de calcio al 4%; PHMAQ: dieta con higuierilla tratada con autoclave a una atmósfera de presión durante 60 minutos a una temperatura de 121 °C y con Ca(OH)₂ al 4%

4.3.5. Desarrollo del sistema digestivo y órganos accesorios

No hubo diferencias ($P > 0.05$) por efecto de tratamientos en el peso relativo del bazo y corazón; sin embargo, el peso relativo del hígado fue menor ($P < 0.05$) en los pollos alimentados con la dieta PS comparados con las aves alimentadas con los tratamientos que incluían pasta de higuierilla. El peso relativo de la bolsa de Fabricio fue menor ($P < 0.05$) en los pollos alimentados con PH y PHMQ, respecto a los pollos con las dietas PS, PHMA y PHMAQ. (Cuadro 4). El peso relativo del páncreas, molleja, intestino delgado, ciegos y longitud del intestino delgado y ciegos fueron mayores ($P < 0.05$) en los pollos alimentados con las dietas PH y PHMQ, respecto a aquellos alimentados con las dietas PS, PHMA y PHMAQ. (Cuadro 11).

Cuadro 12. Peso relativo (g/kg) y longitud (cm/kg) de las diferentes secciones del sistema digestivo y órganos accesorios de pollos de engorda a los 42 días de edad.

Sistema digestivo y órganos accesorios	Tratamientos						P-valor
	PS	PH	PHMA	PHMQ	PHMAQ	EE	
Bazo	1.65	1.79	2.00	1.77	1.99	0.17	0.5189
Corazón	4.08	4.38	4.15	4.35	4.26	0.12	0.3394
Hígado	18.27b	24.16a	21.78a	24.34a	21.78a	0.72	0.0001
Bolsa de Fabricio	1.62 a	0.70 b	1.49 a	0.81 b	1.32 a	0.08	0.0001
Páncreas	1.63 b	2.19 a	1.82 b	2.19 a	1.50 b	0.08	0.0001
Proventrículo	2.94c	3.84ab	3.35bc	4.22a	2.94c	0.14	0.0001
Molleja	10.50b	14.24a	10.50b	14.24a	8.61b	0.65	0.0001
Intestino delgado	19.46b	25.17a	21.12b	23.60a	20.49b	0.56	0.0001
Ciegos	4.91b	5.78ab	5.43b	7.13a	5.21b	0.39	0.0047
Longitud de ciego	6.36bc	7.93a	6.65bc	7.57ab	6.10c	0.30	0.0007
Longitud del intestino	62.22b	84.19a	69.88b	86.50a	63.81b	1.95	0.0001

Medias de tratamientos con diferentes letras son diferentes, ($P < 0.05$). EE=Error estándar. PS: testigo, dieta base soya-maíz; PH: dieta con higuierilla sin desintoxicar; PHMA: dieta con higuierilla tratada con autoclave a una atmósfera de presión durante 60 minutos a una temperatura de 121°C; PHMQ: dieta con higuierilla tratada con hidróxido de calcio al 4%; PHMAQ: dieta con higuierilla tratada con autoclave a una atmósfera de presión durante 60 minutos a una temperatura de 121 °C y con Ca(OH)_2 al 4%

V. DISCUSIÓN

La energía metabolizable de la pasta de higuierilla calculada en este estudio es similar a la encontrada a otros autores. Matos Junior *et al.* (2011) determinaron la energía metabolizable de pasta de higuierilla y obtuvo 2550 kcal kg⁻¹.

La respuesta de los animales alimentados con pasta de higuierilla desintoxicada y sin desintoxicar está determinada por la efectividad del proceso de desintoxicación; la concentración de la pasta de higuierilla en la dieta; el tiempo de la alimentación y la especie animal (Souheila and Hariender, 2012). El comportamiento productivo de pollos de engorda al incluir pasta de higuierilla sin desintoxicar fue menor en comparación a los pollos de la dieta testigo y fue decreciendo en relación al porcentaje de inclusión de la pasta en la dieta, estos resultados coinciden con otros autores que reportaron que el consumo de alimento y la ganancia de peso corporal en pollos disminuyó con la inclusión del 5% de pasta de higuierilla sin desintoxicar en la dieta. (Nsa *et al.*, 2010; Agbabiaka *et al.*, 2011; Oso *et al.*, 2011).

Se ha registrado en la literatura que los tratamientos con calor aplicados a la pasta de higuierilla disminuyen los compuestos tóxicos, principalmente de la ricina que es la más tóxica, aparentemente altas temperaturas la inactivan (Gardner *et al* 1960), estos tratamientos han permitido la inclusión en dietas para pollos de engorda hasta un 10% sin afectar el comportamiento productivo y el rendimiento de la canal (Okoye *et al.* 2008; Nsa *et al.* 2010). En este estudio las aves alimentadas con PHMA y PHMAQ tuvieron un comportamiento productivo similar a las aves alimentadas con PS, esto indica que el calor y presión en autoclave utilizados en la pasta de higuierilla disminuyeron la toxicidad. Por lo contrario los pollos alimentados con PH y PHMQ tuvieron un menor consumo y como consecuencia una menor ganancia de peso, esto puede atribuirse al contenido de compuestos tóxicos (Ani and Okorie 2007). El tratamiento con Ca(OH)₂ no disminuyó aparentemente los compuestos tóxicos de la pasta de higuierilla; los cuales afectan inhiben la síntesis de proteína y afectan principalmente

el sistema digestivo, causando descamación y disminución de la longitud de las vellosidades impidiendo la absorción de los nutrientes y por lo tanto el desarrollo normal de las aves (Audi *et al.*, 2005). El uso de pasta de soja sin desintoxicar en un 5% disminuye el consumo de alimento y la ganancia de peso en pollos de engorda (Nsa *et al.* 2010; Agbabiaka *et al.*, 2011; Oso *et al.*, 2011).

No se encontró en la literatura revisada estudios acerca del empleo de la pasta de higuerilla en dietas para pollos de engorda en variables de bienestar animal, sin embargo, en este estudio se encontró que el grado de habilidad para caminar y angulación valgus/varus fue mayor en las aves de los tratamientos PS, PHA y PHMAQ, esto puede explicarse porque las aves con mayor peso tienen menor habilidad para caminar en comparación con las aves más ligeras (Toscano *et al.*, 2013), pues el peso influye en estas características (Alves *et al.* 2016). Los pollos de engorda con mayor peso permanecen postrados e inclinados hacia el suelo. En consecuencia, la condición de equilibrio y la angulación de estas aves se ven afectadas, lo que provoca incomodidad al caminar y deterioro en su bienestar (Almeida *et al.*, 2010).

La inclusión de pasta de higuerilla en la dieta produce riñones hinchados y congestionados, agrandamiento del hígado, pulmones inflamados, atrofia de la bolsa y necrosis en el bazo por el consumo de toxinas (Okoye *et al.*, 2008; Mustapha *et al.*, 2015). En el presente estudio, el tamaño del hígado fue mayor en los pollos alimentados con pasta de higuerilla, esto probablemente puede deberse a una mayor actividad metabólica por la presencia de residuos de los compuestos tóxicos (Mustapha *et al.*, 2015). Además se observó un incremento en el tamaño de páncreas, molleja, proventrículo, e intestino en pollos alimentados con PH y PHMQ con respecto al testigo. Se han estudiado los pesos de los órganos en otras especies que fueron alimentadas con pasta de higuerilla sin tratar y tratada con hidróxido de calcio en la dieta y no se encontraron diferencias en el peso de hígado, corazón riñón y bazo con respecto a una dieta de pasta de soja (Gowda *et al.* 2008).

El peso o tamaño de la bolsa de Fabricio es un indicador del estado de inmunocompetencia o inmunosupresión en el ave a nivel de los órganos linfoides (Cheema *et al.*, 2003). La relación del peso de la bolsa de Fabricio con el peso corporal (PBF/PC) puede estar correlacionada con inmunosupresión. Las aves entre tres a seis semanas de edad tienen normalmente una relación PBF/PC de 2 a 4, valores de 1 ó menos de 1 es indicativo de inmunosupresión y se observa en aves clínicamente enfermas (Giambrone y Clay., 1986). En este estudio la relación PBF/PC de los pollos que fueron alimentados con PH y PHMQ fue menor a 1 lo que indica que probablemente la pasta de higuierilla provocó inmunosupresión en los pollos por la presencia de compuestos tóxicos. Okoye *et al.* (2008) observaron una disminución de tamaño en órganos linfoides y necrosis en bolsa de Fabricio en pollos que consumieron una dieta con 10 y 15 % de inclusión de pasta de higuierilla tratada con calor en la dieta.

VI. CONCLUSIÓN

La pasta de higuierilla puede ser considerada un ingrediente energético y proteínico ya que su contenido de estos nutrientes es favorable para la alimentación animal.

La inclusión de pasta de higuierilla en dietas para pollos de engorda deberá ser desintoxicada antes de su uso.

El método de autoclave aplicando una atmósfera de presión durante 60 min a 120 °C disminuyó la toxicidad de la pasta de higuierilla, ya que fue posible su utilización en dietas para pollos de engorda sin afectar el comportamiento productivo ni el rendimiento de la canal.

La pasta de higuierilla desintoxicada por el método de autoclave sustituyó parcialmente a la pasta de soja cuando se incluyó en la dieta de pollos de engorda.

VII. LITERATURA CITADA

- Agbabiaka LA, Esonu BO, Madubuike FN. Effect of processing on nutrients and anti-nutrients of castor oil bean (*Ricinus communis*) seeds and by-products. *Pakistan Journal of Nutrition* 2011;10 (6):561-563.
- Akande TO, Odunsi AA, Akinfala EO. A review of nutritional and toxicological implications of castor bean (*Ricinus communis* L.) meal in animal feeding systems. 2015. *J Anim Physiol Anim Nutr.*; 100: 201-210.
- Almeida ICL, Garcia RG, Bernardi RIA, Caldara FR, Freitas, L.W. Seno, *et al.* Selecting appropriate bedding to reduce locomotion problems in broilers. 2010. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 12 (3): 189-195.
- Alves MCF, Almeida PICL, Nääs IA, García RG, Caldara FR, Baldo GAA, *et al.* Equilibrium Condition during Locomotion and Gait in Broiler Chickens. 2016. *Rev. Bras. Cienc. Avic*; 18(3) 419-426.
- Anandan S, Anil KGK, Ghosh J and Ramachandra KS. Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. 2004. *Animal Feed Science and Technology*; 120. 159-168
- Ani AO and Okorie AU. Effects of graded levels of dehulled and cooked castor oil bean (*Ricinus communis* l) meal and supplementary l-lysine on performance of broiler finishers. 2007. *Journal of Tropical Agriculture Food*; 6 (1): 89-97
- Ani AO and Okorie AU. Effects of processed castor oil bean (*ricinus communis* l) meal and supplementary dl- methionine on nutrient utilization by broiler chicks. 2013. *The Journal of Animal & Plant Sciences*; 23(5): 1228-1235.
- Arvind, k., Naresh, J., Chhote, L. S., Rajesh, K.A., David R. L. and George, E. R. 2004. Pathological changes in broiler chickens fed ochratoxin A and inoculated with *Escherichia coli*. *Avian Pathology*. Volumen 33 número 4.
- Ashok, P. K. and Upadhyaya K., 2012. Tannins are astringent. *J. of Pharmacognosy and Phytochemistry* 1: 45-50.

- Audi, J. M. D., Belson, M. M. D., Patel, M. M.D., Schier, J.M.D. and Osterloh, J.M. D., 2005. Ricin Poisoning A Comprehensive Review. *Journal of the American Medical Association*. Vol 294, No. 18
- Aviagen. 2017. Ross Broiler Management Manual. Aviagen Ltd., Midlothian, UK.
- Azevedo, D. M. e Lima, E.F. 2001 O Agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 350 p.
- Barbieri L, Battelli MG, Stirpe F. 1993. Ribosome-inactivating proteins from plants. *Biochim Biophys Acta* 1154: 237-282.
- Berg, C. and Sanotra, G. S. 2003. Can a modified latency-to-lie test be used to validate gait-scoring results in commercial broiler flocks *Animal Welfare* 12: 655-659.
- Cheema, M. A., Qureshi, M. A., and Havenstein, G. B., 2003. A Comparison of the immune response of a 2001 commercial broiler with a 1957 randombred broiler strain when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry Science* 82:1519–1529
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. The New York Botanical Garden. Columbia University Press. New York, USA
- Cuca, G. J. M., Ávila G. E. y Pro M. A. 2009. Alimentación de las aves. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Zootecnia. Chapingo, Texcoco, Edo. de México, México. 25, 32, 135 y 198 pág.
- Deus de O., N.; K. Vieira F.; L. Maia C.; O. L. Tavares M. 2010. Tratamiento químico inativa alérgenos e toxinas da torta de mamona (*Ricinus communis* L.). I Simposio Internacional de Oleaginosas Energéticas. João Pessoa, PB. Brasil. pp. 1922-1926
- Echanove, H. F. 2016. La expansión del cultivo de la soja en Campeche, México: Problemática y perspectivas. *An. geogr. Univ. Complut.* 36:49-69.
- Evans W. C. and Evans D. 2002. Pharmacopoeial and related drugs of biological origin: hydrocarbons and derivatives. *Trease and Evans pharmacognosy*. 15ª ed. W.B. Saunders. Edimburgo. 174-190.

- Espinosa-Paz, N.; López-Luna, A.; Espinosa-Paz, H.; Cadena-Iñiguez, P.; VidalLópez, C. 2015. Áreas con potencial agroecológico para el cultivo de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en el estado de Chiapas. Folleto Técnico N° 22. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. 37 p.
- FAOSTAT. 2011. Producción de aceite de higuierilla. 23p.
- Faria, F. D.E., Dias, A.N., Carneiro, W.A. Bueno, C.F. D., Matos J.B., Veloso, A.L.C. Rodrigues, P.A. 2016. Torta de semilla de ricino desintoxicada para pollos de engorde. *Revista Brasileira de Ciencia Avícola* vol.18
- Ferreira, D. B., Carvalho, V. A. L., Daniel, Faria, F. D. E., Nunes, A. D., Fernandes, V., Amorim P. C. F., Batista, M. J. J. and Almeida, C.W., 2014. Detoxified castor cake feed for laying hens. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.44, n.3, p.538-543
- Gardner, H., D'Aquin, E. L., Koltun, S. P., McCourtney, E. J., Vix, H. L. E., Gastrock, E. A., 1960. Detoxification and deallergenization of castor beans. *Journal of America Oil Chemist Society* 37, 142–148
- Garner, J. P., Falcone, C., Wakenel, P., Martin, M. and Mench, J. A. 2002. Reliability and validity of a modified gait scoring system and its use assessing tibial dyschondroplasia in broilers. *Br. Poultry Science*. 43: 355-363.
- Giambrone, J. J. and Clay, R. P., 1986. Evaluation of the Immunogenicity, Stability, Pathogenicity, and Immunodepressive Potential of Four Commercial Live Infectious Bursal Disease Vaccines. *Poultry Science*65:1287-1290
- Girbés T . 2000. Proteínas inactivadoras de ribosomas (RIPs) y sus aplicaciones en la construcción de inmunotoxinas para la terapia experimental del cáncer. *Anal Real Acad Farm* 66: 1-21.
- González. L. 2001. Guía de los Árboles y Arbustos de la Península Ibérica: especies silvestres y las cultivadas más comunes. Mundi-Prensa Libros. Madrid.
- Gowda, N. k. S.; Pal, D. T., Bellur, S. R., Bharadwaj, U., Sridhar, M., Satyanarayana, M. L., Prasad, C. S., Ramachandra, K. S. and Sampath, K. T., 2008. Evaluation of castor

- (*Ricinus communis*) seed cake in the total mixed ration for sheep. *J. Science of Food and Agriculture*. 89: 216-220.
- Hernández, M. M. 2013. Variedad de higuierilla: Guanajuat-Oil para temporal de Guanajuato. Publicación especial No. 11. Reporte Anual 2012. Ciencia y tecnología para la seguridad alimentaria y la prosperidad del campo mexicano. INIFAP. México, D.F. 2:115-116.
- Jiménez O., R.; R. Cervantes M.; J. A. Vallejo V.; R. Rosales S.; J. C. y Ríos S. 2011. Perfil de aminoácidos de pastas residuales de piñón tropical (*Jatropha curcas*) e higuierilla (*Ricinus communis*). *Agrofaz* 12: 173-176.
- Kestin, S. C., Knowles, T. G., Tinch, A. E. and Gregory, N. G. 1992. Prevalence of leg weakness in broiler chickens and its relationship with genotype. *Vet. Rec.* 131: 190-194.
- Leterrier, C. and Nys, Y. 1992. Clinical and anatomical differences in varus and valgus deformities of chick limbs suggest different aetio-pathogenesis. *Avian Pathology* 21: 429-442.
- Lima, R.L.S.L, Severino, L.S., Silva, M.I.S., Jerônimo, J.F., Vale, L.S., Beltrão, N.E.M. 2006. Substratos para produção de mudas de mamoneira compostos por misturas de cinco fontes de matéria orgânica. *Ciênc. Agrotec.*, 30, pp. 474-479
- Martínez A. J., Montenegro R. O. 2008. Higuierilla: alternativa, productiva, energética y agroindustrial para Colombia. Centro de Investigación La Selva. CORPOICA. Rionegro, Antioquia. Pag 8.
- Matos Júnior, J. B., Días, A. N., Bueno, C. F. D., Rodríguez, P.A., Veloso, A.L.C., Faria, D.E. 2011. Metabolizable energía y digestibilidad de nutrientes de harina de ricino desintoxicada y torta de ricino para aves de corral. *Revista Brasileira de Zootecnia*; 40: 2439-2442
- Moreira, J.F.C., Rodríguez, N.M., Fernandes, P.C.C., Veloso, C.M., Saliva, E. O. S., Gonçalves, L. C., Borgues, I., Borgues, A.L.C.C. 2003. Concentrados protéicos para bovinos. 1. Digestibilidade in situ da matéria seca e da proteína bruta. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.55. 315-323.

- Mustapha, G.G., Igwebuike, J.U., Kwari, I.D., Adamu, S.B. and Abba, Y., 2015. The Effect of replacement levels of boiled and fermented castor seed (*Ricinus communis*) meal on the productive performance, nutrient digestibility, carcass characteristics and cost effectiveness in broilers. *International Journal of Science and Nature*. Vol.6 (4) 2015: 675-682
- Nsa, E. E., Ukachukwu, S.N., Akpan, I.A. , Okon, B., Effiong, O.O, and Oko, O.O.K. 2010. Growth performance, internal organ development and hematological responses of broiler birds fed diets containing different thermal treated castor oil seed meal (*Ricinus communis*). *Global Journal of Agricultural Sciences* 2010 Vol.9 No.2 pp.27-34
- Nielsen, F.; B. Hill; J. de Jongh. 2011. Castor (*Ricinus communis*) potential of castor for bio-fuel production. Fact Foundation. Wageningen University.
- Nalle CL, Ravindran G, Ravindran V. 2012. Nutritional value of white lupins (*Lupinus albus*) for broilers: apparent metabolisable energy, apparent ileal amino acid digestibility and production performance. *Animal*. 6:579-585.
- Norma Oficial Mexicana. NOM-033-SAG/ZOO-2014. Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. Diario Oficial de la Federación. 26 de agosto de 2015. México.
- Ogunniyi, D. S. Castor oil: a vital industrial raw material. 2006. *Bioresource Technology*, Barking, v. 97, n. 9, p. 1086-1091.
- Okoye, J. O. A., Enunwaonye, C. A., Okorie, A. U. and Anugwa, F. O. I., 2008. Pathological effects of feeding roasted castor vean meal (*Ricinus communis*) to chicks. *Avian Pathology*.
- Oliveira, A. S., Oliveira, M. R. C., Campos, José, M. S., Machado, O. L. T., Valadares, S.C., Detmann, E. e Fábio M., 2008. Eficácia de Diferentes Métodos de Destoxificação da Ricina no Farelo de Mamona Conferencia: En: II Congreso de la Red Brasileña de Tecnología y Producción de Biodiesel de 2007 Brasilia. 1-15 pp
- Oliveira, A.S., Campos, J.M.S., Oliveira, M.R.C., Valadares Filho, S.C., Detmann E. Valadares R.F.D. Souza, S.M., Machado, O.L.T., 2010. Nutrient digestibility, nitrogen metabolism and hepatic function of sheep fed diets containing solvent or expeller

castorseed meal treated with calcium hydroxide. *Animal Feed Science and Technology*.
Volume 158. Pages 15-28

Oso, A.O., Olayemi, W.A., Bamgbose, A.M. and Fowoyo, O.F.2011. Utilization of fermented castor oil seed (*ricinus communis*, L) meal in diets for cockerel chicks. *Archivos de zootecnia*. vol.60 no.229. Nigeria. West Africa.

Olsnes S, Kozlov JV (2001) Ricin. *Toxicon* 39: 1723-1728

Raja, K. and Chidambaram B. 2009. Histopathological changes in broiler chickens fed aflatoxin and cyclopiazonic acid. *Veterinarski Arhiv* 79 (1), 31-40.

Rico P. R, Tapia V. L. M., Teniente O. R., González A. A., Hernández M. M., Solis B. J. L. y Zamarripa C. A. 2011. Guía para cultivar higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Michoacán. Folleto técnico núm. 1 Apatzingán, Michoacán, México. 43 pag.

Rodríguez R. H. y Alfredo Z. A. C. 2013. Competitividad de la higuierilla (*Ricinus communis*) para biocombustible en relación a los cultivos actuales en el Edo. de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*. Volumen 32.

Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Donzele, J.L., Gomes, P. C.,Oliveira, R. F., Lopes, D. C., Ferreira, A. S., Barreto,S.L.T., Euclides, R.F. 2011.Tables brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa

Scarpa A. and Guerci A. 1982 Varius uses of the castor oil (*Ricinus communis* L.). *Journal of Ethnopharmacology* 5: 117-136

SAS Institute, Inc. 2011. SAS User's Guide: Statistics version. SAS Institute, Inc. Cary, NC. 959.

Soto-Blanco, B.; Sinhorini, I. L.; Gorniak, S. L.; Schumacher-Henrique, B. Ricinus communis cake poisoning in a dog. *Veterinary and Human Toxicology*, Manhattan, v. 44, n. 3, p. 155-156, 2002.

Souheila A., and Harinder P.S. M., 2012. Potential and constraints in utilizing coproducts of the non-edible oils-based biodiesel industry – an overview. *Biofuel co-products as livestock feed Opportunities and challenges* FAO.

Toscano, M. J., Nasr, M.A.F. and Hothersall, B. 2013. Correlation between broiler lameness and anatomical measurements of bone using radiographical projections with assessments of consistency across and within radiographs. *Poultry Science*, volumen 92.

Vázquez-García, J. C. y Pérez-Padilla, R. 2000. Valores gasométricos estimados para las principales poblaciones y sitios a mayor altitud en México. *Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias*. México. 13:6-13.

Williamson, E. M. 2002. *Major herbs of ayurveda*. 1 st ed. London, UK. Churchill Livingstone. 392 p.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis histopatológico de órganos realizado por “Diagnósticos Clínicos Veterinarios S. A. DE C. V.”



No. de Caso: DCV-17-2273
No. de Caso del Cliente:
Compañía: 101984 COLEGIO DE POSTGRADUADOS DE CHAPINGO
Muestra Recibida: 9 Órganos en Formol
Fecha Entrada: 7 de Junio de 2017
Fecha de Resultado: 17 de Junio de 2017

Atención: Ing. Anbel Maldonado

Con relación a las muestras recibidas en este laboratorio para su estudio, según referencia en la parte superior derecha de la presente, nos permitimos informarle los siguientes resultados:

Área: Patología

5000 HISTOPATOLOGIA - Histopatología 3 laminillas

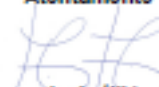
Identificación	Resultado
1 Granja: T1* Caseta: R6 Edad: 21 días	SISTEMA NERVIOSO: Encéfalo (1).- No se observaron lesiones microscópicas. APARATO DIGESTIVO: Hígado (1).- Infiltración glucogénica de las células hepáticas y pérdida moderada en el orden anatómico de los cordones hepáticos. Estoy consciente de que se trata de un solo órgano que viene identificado como reproductora en crianza; sin embargo, no parece ser un hígado de aves con restricción alimenticia, sino de pollo de engorda. Asa duodenal.- No hubo lesiones en el páncreas (1) y duodeno (1). Proventriculo.- Ligera de la submucosa. SISTEMA INMUNOLOGICO: Bazo (1).- sin cambios patológicos. Bolsa de Fabricio (1).- Se observa atrofia linfóide en un 80% de sus células; puede tratarse de un caso de IBF, aunque ya no puede confirmarse. APARATO URINARIO: Riñón (1).- Aparentemente normal.
2 Granja: T1* Caseta: R5 Edad: 21 días	APARATO URINARIO: No se observaron lesiones renales. SISTEMA INMUNOLOGICO: Bolsa de Fabricio.- histológicamente normal. Timo con necrosis causada por la vacuna subcutánea. Bazo con atrofia linfóide moderada (2+). SISTEMA NERVIOSO: Algunas hemorragias en la base del cerebro, pero pueden ser de tipo traumático. APARATO DIGESTIVO: No hay cambios patológicos en el proventriculo (1), páncreas (2) y duodeno (1).
3 Granja: T1* Caseta: R2 Edad: 21 días	SISTEMA NERVIOSO: Se observan 3 vasos sanguíneos con infiltración linfóide; puede tratarse de una infección viral, pero no es posible identificar el probable agente causal. APARATO URINARIO: En la única muestra de riñón hay lesiones severas de infiltración linfóide en todo el parénquima. Carezco de datos clínicos y solamente enviaron una muestra, por lo que la pregunta obligada: ¿hay historia clínica de problema respiratorio que nos hiciera pensar en BI?.

DIAGNÓSTICOS CLÍNICOS VETERINARIOS, S.A DE C.V.

PRER-01-B (Página 50 de 2) DCV-17-2273-3006
Innos No. 224, Esq. Trigo, Col. Granjas Esmeralda, C.P. 09810, CDMX
Tels. y Fax: (55) 5646-2554, 5697-146, 5581-0774

		<p>SISTEMA INMUNOLOGICO: No hubo lesiones en el bazo (1) y timo (1). La bolsa de Fabricio presenta atrofia avanzada del tejido linfóide, habiendo desaparecido el 90% de las células. Probable IBF (?).</p> <p>APARATO DIGESTIVO: No se observaron lesiones microscópicas en el proventriculo (1), hígado (1), páncreas (1) y duodeno (1).</p>
4	<p>Granja: T2* Caseta: R1 Edad: 21 días</p>	<p>SISTEMA NERVIOSO: Encéfalo (1).- Sin cambios patológicos aparentes.</p> <p>APARATO URINARIO: Riñón (1).- Aparentemente normal.</p> <p>SISTEMA INMUNOLOGICO: No hubo lesiones microscópicas en el timo (1) bazo (1) y bolsa de Fabricio (1).</p> <p>APARATO DIGESTIVO: No hubo cambios patológicos en el proventriculo (1), páncreas (1) y duodeno (1). El hígado tenía infiltración glucogénica y varios focos de tejido linfóide.</p>
5	<p>Granja: T2* Caseta: R2 Edad: 21 días</p>	<p>No se observan cambios patológicos en el encéfalo, riñón, hígado, proventriculo, páncreas, duodeno, bazo y timo. En la bolsa de Fabricio hay lesiones de infección de IBF; aparentemente se infectó hace 4-5 días con una variante.</p>
6	<p>Granja: T2* Caseta: R6 Edad: 21 días</p>	<p>El ave se infectó hace 3-4 días con una cepa moderadamente patógena de virus de infección de la bolsa de Fabricio. No hubo lesiones microscópicas en el encéfalo, riñón, bazo, hígado, proventriculo y páncreas.</p>
7	<p>Granja: T3* Caseta: R1 Edad: 21 días</p>	<p>No hay cambios patológicos en el hígado, proventriculo, páncreas, duodeno, bazo, riñón y encéfalo. En la bolsa de Fabricio hay lesiones de necrosis en un centro germinativo linfóide. Puede tratarse de infección de la bolsa de Fabricio en una etapa inicial.</p>
8	<p>Granja: T3* Caseta: R5 Edad: 21 días</p>	<p>No se observan lesiones en el hígado, páncreas y duodeno. En el proventriculo hay ligera fibrosis de la submucosa. El ave se infectó con virus patógeno de infección de la bolsa de Fabricio hace 3-4 días. En el bazo también hay lesiones con numerosas células linfoides que presentan necrosis por apoptosis y abundantes macrófagos. No hubo lesiones en los timos. No hay lesiones renales. En el cerebro se observa un foco de gliosis y un vaso sanguíneo con infiltración perivascular linfóide. Estas lesiones, aunque muy leves pueden ser causadas por una infección viral (¿Enfermedad de Newcastle?). En el cerebelo se observan pequeñas áreas de malacia.</p>
9	<p>Granja: T3*, Caseta: R7, Edad: 21 días</p>	<p>Hígado.- Ligera pérdida en el orden anatómico de los cordones hepáticos. Infiltración glucogénica leve. Proventriculos, páncreas y duodenos.- Aparentemente normales. Bolsa de Fabricio, bazo, riñón y encéfalo.- Aparentemente normales. En el timo se observa atrofia linfóide leve.</p>

Atentamente



Dr Armando Antillón Rionda
 Responsable del Área

* Nota: Los resultados de estos análisis serán tan representativos del caso como lo sean las muestras recibidas en este laboratorio.

DIAGNÓSTICOS CLÍNICOS VETERINARIOS, S.A DE C.V.

PRER-01-0 (Página 3 de 2) DCV@2019, 2020. Av. Insurgentes No. 224, Esq. Trigo, Col. Granjas Esmeralda, C.P. 09810, CDMX
 Tels y Fax: (55) 5646-2554 5697-146 5581-0774