



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES**

**CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRONÓMICAS Y VETERINARIAS**

TESIS

**USO DE HARINA DE CUCARACHA DE MADAGASCAR (*Grompadhorina
portentosa*) COMO FUENTE DE PROTEÍNA PARA LA ALIMENTACIÓN DE
POLLOS**

PRESENTA

Rey Natanael Contreras Martínez

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS AGRONÓMICAS

TUTOR

Dr. Alberto Margarito García Munguía

INTEGRANTES DEL COMITÉ TUTORAL

Dr. Carlos Alberto García Munguía

Dr. José Luis Arredondo Figueroa

Dr. Luis Arturo Ibarra Juárez

Aguascalientes, Ags, mayo de 2018



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES**

CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRONÓMICAS Y VETERINARIAS

TESIS

**USO DE HARINA DE CUCARACHA DE MADAGASCAR
(*Grompadhorina portentosa*) COMO FUENTE DE PROTEÍNA PARA
LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS**

PRESENTA

Rey Natanael Contreras Martínez

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS AGRONÓMICAS

**EL PRESENTE DOCUMENTO FUE REVISADO, PRESENTADO, DEFENDIDO Y
APROBADO EN EL SEMINARIO/EXAMEN DE GRADO CORRESPONDIENTE**

Dr. Alberto Margarito García Munguía _____

INTEGRANTES DEL COMITÉ TUTORAL

Dr. Carlos Alberto García Munguía _____

Dr. José Luis Arredondo Figueroa _____

Dr. Luis Arturo Ibarra Juárez _____

Aguascalientes, Ags, 30 de mayo de 2018



AUTORIZACIONES
DICTAMEN DE REVISIÓN DE TESIS

DATOS DEL ESTUDIANTE	
NOMBRE: REY NATANAEL CONTRERAS MARTINEZ	ID (No. de Registro): 215963
PROGRAMA: MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRONÓMICAS Y VETERINARIAS	ÁREA: AGRONÓMICAS
TUTOR/TUTORES: DR. ALBERTO MARGARITO GARCÍA MUNGUÍA DR. CARLOS ALBERTO GARCÍA MUNGUÍA DR. JOSE LUIS ARREDONDO FIGUEROA DR. LUIS ARTURO IBARRA JUAREZ	
TESIS (X)	
OBJETIVO: Evaluar el uso de la harina de cucaracha de madagascar (<i>Gromphadorhina portentosa</i>) en dietas para pollos.	
DICTAMEN	
CONGRUENCIAS CON LAS LGAC DEL PROGRAMA: ()	
CONGRUENCIA CON LOS CUERPOS ACADÉMICOS: ()	
CUMPLE CON LAS NORMAS OPERATIVAS: ()	
COINCIDENCIA DEL OBJETIVO CON EL REGISTRO: ()	

Aguascalientes, Ags. A 30 de Mayo de 2018

FIRMAS

DR. ALBERTO M. GARCÍA MUNGUÍA DR. ANTONIO DE JESÚS MERÁZ J.

TUTOR

SECRETARIO TÉCNICO DEL
POSGRADO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

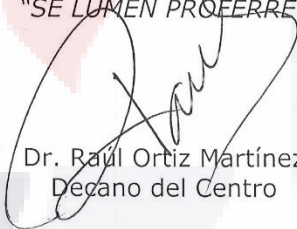
OF. NO. CCA-D-11-15-067-18

Dra. en Admón. María del Carmen Martínez Serna
Directora General de Investigación y Posgrado
PRESENTE.

Por medio de la presente me permito comunicarle a usted que la tesis titulada "Uso de la harina de Cucaracha de Madagascar (*Grompadhorina portentosa*) como fuente de proteína para la alimentación de pollos", del alumno **REY NATANAEL CONTRERAS MARTÍNEZ**, egresado de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, respeta las normas y lineamientos establecidos institucionalmente para su elaboración y su autor cuenta con el voto aprobatorio de su tutor y comité tutorial.

Sin más por el momento aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Jesús María, Ags., 28 de Mayo del 2018
"SE LUMEN PROFERRE"



Dr. Raúl Ortiz Martínez
Decano del Centro



c.c.p. Jefa del Departamento de Control Escolar
c.c.p. Sección de Certificados y Títulos
c.c.p. Secretario Técnico
c.c.p. Estudiante
c.c.p. Archivo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

Dr. Raúl Ortiz Martínez

DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTE:

Por medio de la presente como tutor designado del estudiante **Rey Natanael Contreras Martínez** quien realizó la tesis titulada: **Uso de la harina de Cucaracha de Madagascar (*Grompadhorina portentosa*) como fuente de proteína para la alimentación de pollos** y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia, me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que pueda proceder a imprimirla, así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención de grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento me permito enviarle un saludo cordial.

ATENTAMENTE

"Se Lumen Proferre"

Jesús María. Ags., a 16 de mayo de 2018

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Alberto Munguía'.

Dr. Alberto Margarito García Munguía

Tutor de tesis

c.c.p.- Interesado
c.c.p.- Secretaría de Investigación y Posgrado
c.c.p.- Consejo Académico
c.c.p.- Minuta secretario Técnico





Universidad
de Guanajuato

CAMPUS IRAPUATO - SALAMANCA

DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA VIDA
DEPARTAMENTO DE VETERINARIA Y ZOOTECNIA
Irapuato, Guanajuato, a 21 de mayo de 2018.

Asunto: VOTO

Dr. Raúl Ortiz Martínez

DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES
PRESENTE

Por medio de la presente como Asesor designado del estudiante **Rey Natanael Contreras Martínez** quien realizó la tesis titulada: **Uso de la harina de Cucaracha de Madagascar (*Grompadhorina portentosa*) como fuente de proteína para la alimentación de pollos** y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia, me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que pueda proceder a imprimirla, así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención de grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento me permito enviarle un saludo cordial.

ATENTAMENTE
"LA VERDAD OS HARA LIBRES"
DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA VIDA
CAMPUS IRAPUATO SALAMANCA

Dr. Carlos Alberto García Munguía

Asesor de tesis

c.c.p.- Interesado
c.c.p.- Secretaría de Investigación y Posgrado
c.c.p.- Consejo Académico
c.c.p.- Minuta secretario Técnico

Ex Hacienda El Copal, Km. 9 Carr. Irapuato- Silao, Apdo. Postal 311, C.P. 36500, Irapuato, Gto., México,
Tels. y Fax: 01 (462) 6241889 ext. 1551.



Xalapa, Veracruz a 16 de Mayo de 2018

Dr. Raúl Ortiz Martínez
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PRESENTE:

Por medio de la presente como tutor designado del estudiante **Rey Natanael Contreras Martínez** quien realizó la tesis titulada: **Uso de la harina de Cucaracha de Madagascar (*Grompadorina portentosa*) como fuente de proteína para la alimentación de pollos** y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia, me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que pueda proceder a imprimirla, así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención de grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento me permito enviarle un saludo cordial.

ATENTAMENTE



Dr. Luis Arturo Ibarra Juárez
Asesor

Red de Estudios Moleculares Avanzados

Tel: (228) 842 18 00 ext. 3501,

Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa 91070, Veracruz, México

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a la Universidad Autónoma de Aguascalientes y a la Universidad de Guanajuato, por todas las aportaciones importantes a este trabajo y por permitir realizar y desarrollar en sus instalaciones todas las fases experimentales de este trabajo.

Al Dr. Alberto Margarito García Munguía, al Dr. Carlos Alberto García Munguía por la tutoría brindada, por compartir sus conocimientos, por la confianza, y sobre todo por haber creído en mí y por la disponibilidad en todo lo que necesite de ellos.

Al Dr. José Luis Arredondo Figueroa, al Dr. Luis Arturo Ibarra Juárez por apoyarme en todo momento en el desarrollo de la tesis, por la asesoría y contribución a este trabajo.

Al Dr. Catarino Perales Segovia por la aportación y contribución a este trabajo.

A mis compañeros de Maestría.

Al Ingeniero Jorge Alejandro Torres González

A la familia García Vega por su apoyo en todo lo que necesité durante mi estadía en esta ciudad de Aguascalientes.

A la familia García Martínez por su apoyo en todo lo que necesité durante mi estadía en la ciudad de Irapuato.

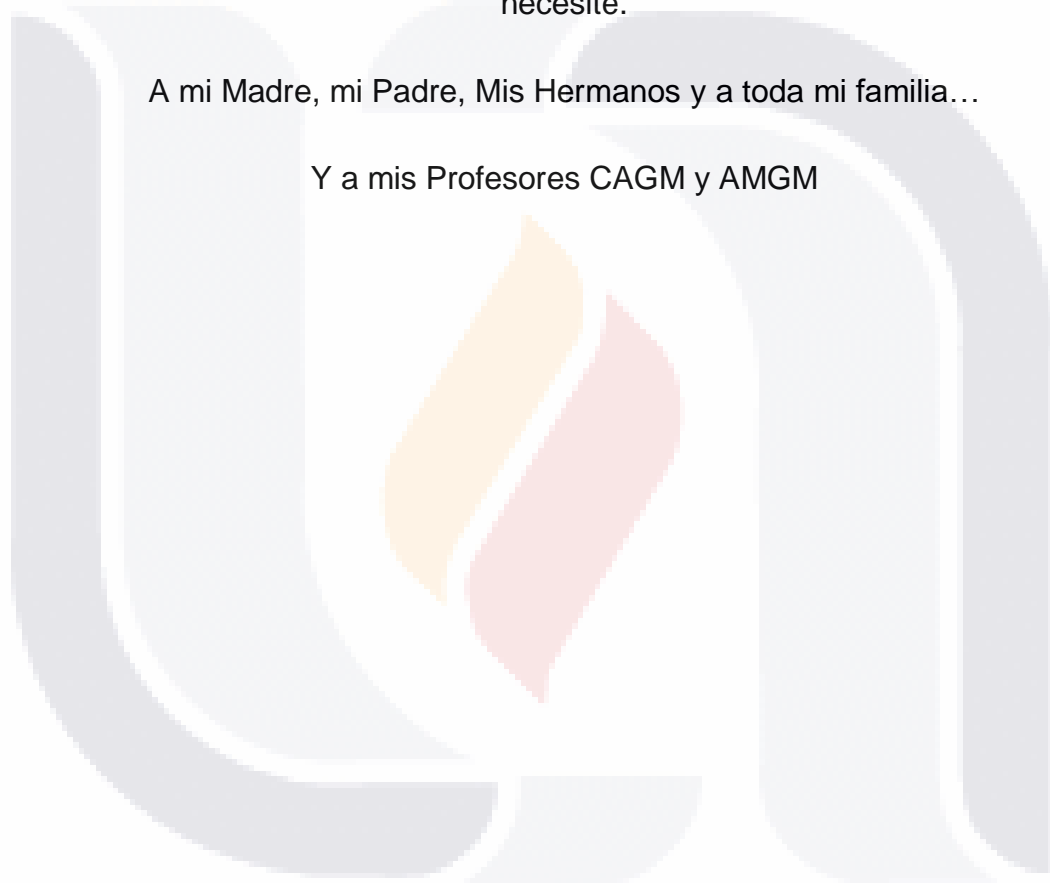
DEDICATORIA

A Dios

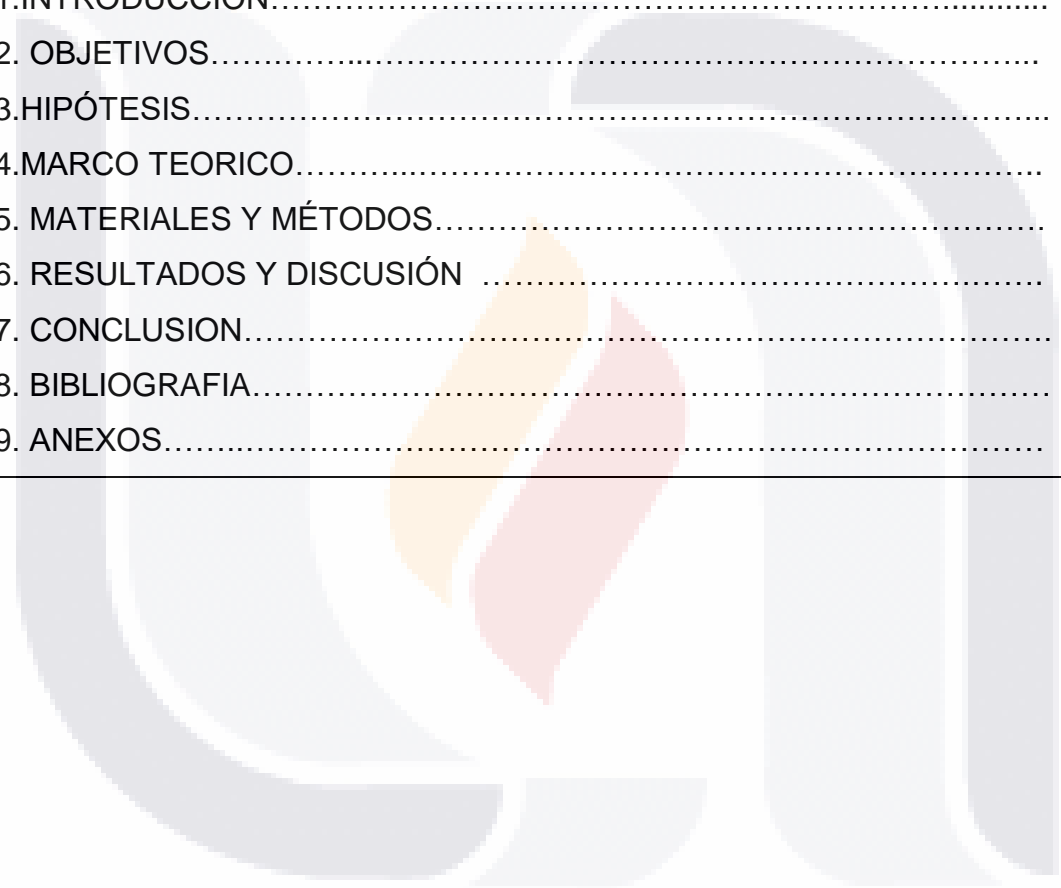
Con gratitud que supo guiar mi camino, colmar de bendiciones mi vida y mostrar su inmensa bondad, por estar siempre conmigo en los momentos que más lo necesité.

A mi Madre, mi Padre, Mis Hermanos y a toda mi familia...

Y a mis Profesores CAGM y AMGM



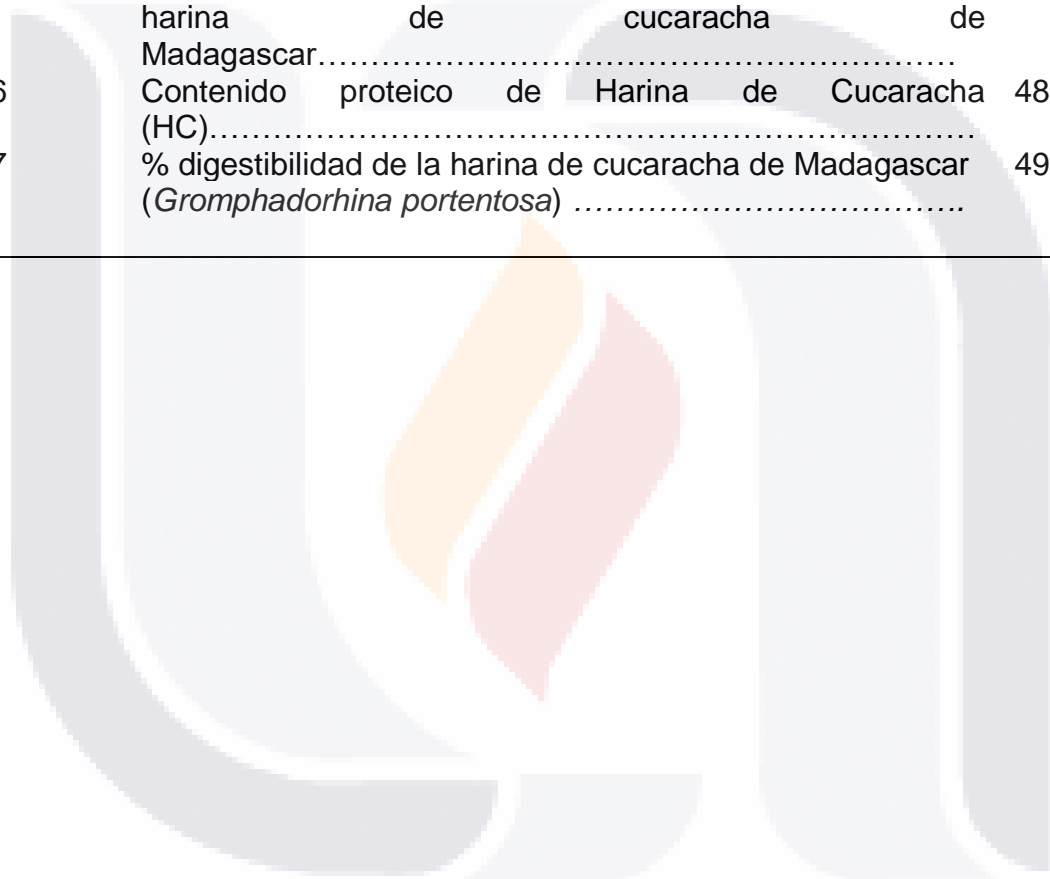
ÍNDICE GENERAL	PAG.
ÍNDICE DE TABLAS.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
1.INTRODUCCIÓN.....	8
2. OBJETIVOS.....	11
3.HIPÓTESIS.....	11
4.MARCO TEORICO.....	12
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
7. CONCLUSION.....	54
8. BIBLIOGRAFIA.....	55
9. ANEXOS.....	61



ÍNDICE DE CUADROS		PAGINA
1.	Contenido de Elementos traza de algunos insectos comestibles (% peso seco) (Xiaoming y col., 2008).....	13
2.	Contenido de Proteína y Grasa de varios organismos (Ghaly y col., 2009).....	14
3.	Necesidades nutricionales en dietas para pollos de engorda.....	27
4.	Dietas experimentales de iniciación utilizada para pollos de engorde con diferencia en niveles de harina de Cucaracha de Madagascar medidas en porcentajes.....	46
5.	Consumo de alimento (g animal ⁻¹) en pollos Ross en la etapa de iniciación alimentados con dietas adicionadas con harina de Cucaracha de Madagascar.....	51
6.	Ganancia de peso promedio (g animal ⁻¹) en pollos Ross en la etapa de iniciación alimentada con dietas adicionadas con harina de Cucaracha de Madagascar.....	52
7.	Conversión alimenticia en pollos Ross en la etapa de iniciación alimentados con dietas adicionadas con harina de Cucaracha de Madagascar.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS **PAGINA**

1	Universidad de Guanajuato y localización de Jesús María Aguascalientes.....	33
2	Establecimiento, cría y reproducción de la cucaracha de Madagascar.....	34
3	Elaboración de harina de cucaracha de Madagascar.....	35
4	Determinación y análisis de digestibilidad de la harina.....	44
5	Establecimiento del estudio de alimentación de pollos con harina de cucaracha de Madagascar.....	45
6	Contenido proteico de Harina de Cucaracha (HC).....	48
7	% digestibilidad de la harina de cucaracha de Madagascar (<i>Gromphadorhina portentosa</i>)	49



RESUMEN

Las cucarachas y en general los insectos constituyen una fuente no convencional de proteína animal que está totalmente desaprovechada y que podría asegurar un potencial alimenticio de forma indirecta. La cucaracha de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*) es una especie que no es conocida ya que se emplea solo como mascota exótica, y la calidad nutricional de la proteína de este tipo de insecto aún no se encuentra registrado, por lo que los objetivos de este estudio fueron determinar la calidad biológica de la proteína de la cucaracha y la digestibilidad de la proteína, así como el comportamiento productivo en pollos en etapa de iniciación adicionando harina de cucaracha. En este estudio se puede mencionar que La cantidad de proteína fue de 60.8 %, también se obtuvo como resultado la ausencia de microorganismos patógenos (*Salmonella* spp y *Escherichia coli*), así mismo se encontró un porcentaje alto de digestibilidad del 40 %, por lo que la harina de cucaracha se incluyó en dietas para pollos. Los tratamientos fueron: T1: dieta testigo, T2: 5 % de inclusión de harina de Cucaracha de Madagascar y T3: 10 % de inclusión de harina de Cucaracha de Madagascar, se utilizaron 99 pollos de la línea Ross, distribuidos en un diseño completamente al azar, donde cada tratamiento consistió en 3 repeticiones, las variables evaluadas fueron; ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y consumo de alimento. Los resultados indican que no se encontraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en la variable ganancia diaria de peso, sin embargo, para la variable conversión alimenticia se observó diferencia en la tercera semana, en cuanto a consumo de alimento se observan diferencias significativas cuando ($p \geq 0.05$), esto en las tres semanas, por lo que se recomienda utilizar la harina de cucaracha.

Palabras clave: Cucaracha, harina, proteína, dietas.

ABSTRACT

Cockroaches and insects in general constitute an unconventional source of animal protein that is totally wasted and could indirectly ensure an alimentary potential. The cockroach of Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*) is a species that is not known as it is used only as an exotic pet, and the nutritional quality of the protein of this type of insect is not yet registered, so the objectives of this study they were to determine the biological quality of the protein of the cockroach and the digestibility of the protein, as well as the productive behavior in chickens in the initiation stage adding cockroach meal. In this study it can be mentioned that the amount of protein was 60.8%, the absence of pathogenic microorganisms (*Salmonella* spp and *Escherichia coli*) was also obtained, as well as a high percentage of digestibility of 40%, which is why the cockroach meal was included in chicken diets. The treatments were: T1: control diet, T2: 5% inclusion of Madagascar cockroach flour and T3: 10% inclusion of Madagascar cockroach meal, 99 chickens from the Ross line were used, distributed in a completely randomly, where each treatment consisted of 3 repetitions, the variables evaluated were; Daily weight gain, feed conversion and feed intake. The results indicate that no significant differences were found ($p \geq 0.05$) in the daily weight gain variable, however, for the feed conversion variable, a difference was observed in the third week, in terms of food consumption, significant differences were observed when ($p \geq 0.05$), this in the three weeks, so it is recommended to use the cockroach meal.

Keywords: Cockroach, flour, protein, diets.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico, la urbanización y el crecimiento de la clase media han aumentado la demanda de alimentos a escala mundial, especialmente de las fuentes de proteínas de origen animal. La producción tradicional de piensos animales, como la harina de pescado, harina de soya y los cereales, deben intensificarse aún más en términos de eficiencia de recursos y ampliarse mediante el uso de fuentes alternativas. Para el año 2030 se tendrá la necesidad de alimentar a más de 9,000 millones de personas, además de los miles de millones de animales que se crían anualmente con fines alimentarios o recreativos y como mascotas.

En el año 2011, la producción mundial de alimento fue estimada en 870 millones de toneladas, con ingresos en la manufacturación de alimentos de aproximadamente 350 billones de dólares. La FAO estima que esa producción tendrá que incrementar un 70% para ser capaz de alimentar al mundo para el año 2050, con una producción esperada de carne (aves de corral, puerco y res) al doble. A pesar de eso, poco se ha dicho sobre la oportunidad que los insectos ofrecen como fuente de alimento. Actualmente, los ingredientes tanto para alimentos de animales y peces, incluyen harina de pescado, aceite de pescado, soya y muchos otros granos los cuales representan del 60 al 70% de los costos de producción.

El elevado contenido de proteína de los insectos es abundantes y variados (alrededor de 1,500 especies se han declarado comestibles) y requieren menos espacio para producirlos. Otras ventajas son la facilidad para ser capturados, no necesitan refrigeración para su conservación, se pueden mantener sólo en seco y al recolectar insectos como alimento se podría reducir la necesidad de utilizar plaguicidas químicos para el control de plagas. Los insectos podrían ser también una nueva alternativa para pequeños agricultores como fuente de trabajo.

La contribución de los insectos a la cadena alimentaria pocas veces se incluye en los programas nacionales de seguridad alimentaria de los países en los cuales la

entomofagia está difundida, pese a que el aporte de los insectos a los suplementos totales de proteína es conocido desde hace tiempo. Si la contribución de los insectos comestibles se incluyera en los programas nacionales de seguridad alimentaria se ayudaría a la satisfacción de la creciente demanda de proteínas para el hombre y el ganado, y se salvaguardaría en particular la seguridad alimentaria de las personas.

Una de las muchas vías para abordar la seguridad de alimentos es a través de la cría de insectos, ya que estos se encuentran en todas partes, se reproducen rápidamente y poseen tasas elevadas de crecimiento y conversión alimenticia, además de un reducido impacto ambiental durante su ciclo de vida. Muy pocas veces se ha concebido la idea de difundir que las cucarachas son insectos que datan del carbonífero (280 millones de años atrás) y que han logrado llegar a nuestra época gracias a su increíble poder de adaptación.

En general el ciclo de vida de los insectos es muy corto y el potencial reproductivo en algunas especies puede sobrepasar a los 47 millones de individuos al mes provenientes de una sola pareja y, además, pueden tener en condiciones controladas, un promedio de 25 generaciones al año.

En México un estudio acerca de éstos ha dado hasta la fecha un total de 111 especies comestibles directamente por el hombre, distribuidas en diferentes órdenes. Las cucarachas, de costumbres nocturnas, suelen ser vistas como una plaga doméstica, aunque en realidad parte importante de sus 3000 especies no están vinculadas en ninguna forma a los hogares.

Las cucarachas según la especie ponen una cantidad de huevos que varía de 15 a 40, dispuestos en hileras dobles simétricas. Estos insectos de hábitos casi omnívoros comen una gran variedad de sustancias animales y vegetales. Las ninfas son similares a los adultos en estructura general y usualmente se alimentan en compañía de los adultos.

Los productores buscan alimentar a sus animales, según sus necesidades y capacidad económica. Las raciones deben incluir agua, materia seca, proteína, fibra, vitaminas y minerales en cantidades suficientes y bien balanceadas.

En la actualidad se utilizan diferentes fuentes de proteína de las cuales algunas cumplen con los requerimientos nutricionales, pero elevan los costos de producción. Tal es el caso del uso de la pasta de soya ya que es tan importante en la alimentación animal que investigadores establecen que en el caso del pollo de engorda la proteína de la pasta de soya constituye el 27 % del costo de la dieta, lo que significa cerca del 19 % del costo total de la producción, por ello es uno de los ingredientes claves en la formulación y rentabilidad de las empresas. Por lo tanto, se debe buscar una alternativa que sirva como fuente de proteína que cumpla con las necesidades nutricionales de los animales y que además disminuya los costos en la elaboración de las dietas.

Se han llevado a cabo investigaciones con el fin de encontrar alternativas como fuentes de proteína, tal es el caso de la harina de lombriz la cual posee un 65 % de contenido proteico y un perfil balanceado de aminoácidos y de ácidos grasos. Ha sido usada en forma de harina en aves como suplemento en alimentos balanceados y se ha observado que acelera el crecimiento; alrededor de 35 %, en un período más corto.

Debido a lo anterior, el presente trabajo pretende establecer el contenido proteico en pollos debido a que no existen reportes en México que incluyan al grupo de las cucarachas de Madagascar para la alimentación de los mismos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar el uso de la harina de cucaracha de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*) en dietas para pollos.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar el contenido proteico de la harina de cucaracha de Madagascar.
- Realizar análisis microbiológico de la cucaracha de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*) para determinar su calidad sanitaria y definir si es apto para consumo.
- Determinar la digestibilidad *in vitro* de la proteína de harina de cucaracha de Madagascar, para después poder ser empleado como alternativa para complemento alimenticio.
- Evaluar el comportamiento productivo en pollos en etapa de iniciación, adicionando harina de cucaracha de Madagascar a diferentes niveles.

3. HIPÓTESIS

La inclusión de diferentes niveles de harina de cucaracha de Madagascar en la dieta tiene efecto en las variables productivas en pollos en etapa de iniciación.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Importancia de los insectos

Los insectos, en su conjunto, representan la mayor biomasa animal del planeta. Ellos pesan más que todos los animales juntos y en cualquier ecosistema constituyen una fuente de proteína animal. Su valor nutritivo los convierte en un alimento complejo, su masa corporal está compuesta entre el 60 y 70% por proteínas y el tipo de grasas que poseen son poliinsaturadas, algunas de fácil digestión, pudiéndose comparar con el valor nutricional del pollo, res o cerdo. Esta biomasa ha sido considerada por el fondo de las Naciones Unidas para la alimentación como una fuente nutricional de alto valor biológico (Arango, 2005).

Se puede decir que la quitina y la parte indigerible del exoesqueleto (que es el caparazón que rodea el cuerpo del insecto) forma el 4% de la humedad y el 10% del peso seco de una langosta adulta, lo que no es significativo como para disminuir el considerable valor proteínico de los insectos (Ramos, 1987).

Las proteínas son la base de la actividad de todos los organismos y constituye muchos materiales importantes tales como enzimas, hormonas y hemoglobina. La proteína es un importante componente de anticuerpos, así como refuerza las funciones de inmunidad de un organismo. Este es el único material que produce nitrógeno para mantenimiento ácido base, transformando información genética y transportando materiales importantes en un organismo. Como un elemento nutritivo que produce calor, este puede suministrar energía. Los insectos representan una fuente de proteínas, aminoácidos, grasas, carbohidratos que aún no es utilizada en todo el mundo, por lo tanto, ofrecen un recurso nutricional importante y valioso en ser desarrollado (Cuadro 1) (Xiaoming y col., 2008).

Cuadro 1. Contenido de Elementos traza de algunos insectos comestibles (% peso seco).

Especies	K	Na	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	P
<i>Gomphus cuneatus</i> Needahm	2620	590	4180	880	64.3	124.8	728.9	74.8	1470
<i>Lestes paraeomorsa</i> Selys	2930	2020	2160	970	64.8	147.7	1198	58.9	2470
<i>Crocothemis servilia</i> Drury	3330	2310	1510	950	50.6	103.8	461.6	27.2	1420
<i>Darthula hardwicki</i> (Gray)	2120	610	280	4500	56.9	544.3	100	13.6	
<i>Ericerus pela</i> Chavannes (Huevos)	6300	89.51	353.7	1200	23.6	164.2	133.1	26.74	6000
<i>Cyclopelta parva</i> Distant	4720	1680	480	1530	2.4	155.8	119.7	19.9	8200
<i>Eusthenes saevus</i> Stal	610	780	280	260	45.4	78	98.3	16.3	1520
<i>Cyrtotrachelus buqueti</i> Guérin-Méneville	2620	650	270	1050	38.4	306.1	64.7	21.0	5190
<i>C. longimanus</i> Fabricius	1740	510	390	480	22.9	127.1	66.3	25.9	2920
<i>Holotrichis oblita</i> (Falderman)			397.22	455.78	18.86	101.33	1313.7	46.50	
<i>Anomala corpulenta</i> Motschulsky			434.94	297.04	26.82	84.51	2299.5	61.61	
<i>Protaetia aerata</i> (Erichson)			187.47	303.65	35.55	97.48	338.54	20.03	
<i>Aromia bungii</i> Faldermann			131.56	220.54	23.97	98.76	102.5	15.47	
<i>Anoplophora nobilis</i> Ganglbauer			133.56	105.2	10.42	95.42	105.33	9.56	
<i>Apriona germari</i> (Hope)			150.68	254.36	25.46	102.34	96.56	20.47	
<i>Pectinophora gossypiella</i> (Saunders)			113.40	163.21	33.40	87.01	36.78	0	
<i>Corcyra cephalonica</i> Stainton			148.66	156.81	17.13	78.29	264.81	6.87	
<i>Ostrinia fumacalis</i> (Gunnée)			140.53	184.06	14.84	91.78	70.26	4.56	
<i>Papilio machaon</i> L.	1250	90.5	384	279	1.5	3.5	18.0	0.9	457
<i>Chilo fuscidentalis</i> Hampson	2620	740	880	1060	11.1	109	57.1	41.8	1690
<i>Antheraea pernyi</i> Guérin-Méneville	13900	620	790	19.01	141.8	0.01	8.73	690	
<i>Musca domestica</i> L.	15600	2700	1200	12300	59	570	520	406	17900
<i>Polyrhachis dives</i> Smith Hembra Adulta			613.34	172.36	32.66	155.42	378.36	104.35	
<i>Polyrhachis dives</i> Smith Macho Adulto			585.28	163.78	27.08	148.83	391.56	101.89	

Los insectos ofrecen muchos atributos como alta eficiencia en conversión alimenticia comparada con alimentos animales convencionales, uso de una amplia selección de sustancias orgánicas que no son usadas eficientemente en la agricultura convencional y productividad sin la necesidad de tierra cultivable, riego, fertilizantes, herbicidas, pesticidas o equipo costoso que hace que su uso sea compatible con los principios de agricultura sustentable de bajo costo (Defoliart, 1989).

Los cuerpos de insectos son ricos en proteína. En casi 100 insectos comestibles analizados, como huevo, larva, pupa o adulto, el contenido de proteína cruda es generalmente de 20 a 70%. El contenido de proteína cruda en larvas de

Ephemeroptera es de 66.26% en, en larvas de Odonata va de 40 a 65%, en larvas y huevos de Homoptera de 40 a 57% en larvas de Hemiptera de 42 a 73%, en larvas de Coleoptera de 23 a 66% y en larvas de Lepidoptera de 20 a 70%. El contenido de proteína de las familias Apidae, Vespidae y Formicidae dentro del orden Hymenoptera es también alto (38 a 76%). De acuerdo con datos analizados, el contenido de proteína de insectos es más alto que muchas plantas, el contenido de proteína de insectos de algunos insectos en más alto que la carne comercial de aves y huevos (Cuadro 2) (Defoliart, 1989).

Cuadro 2.- Contenido de Proteína y Grasa de varios organismos.

Organismo	Proteína (%)	Grasa (%)
Alimentos convencionales		
Res	18.4	20.5
Cordero	15.4	27.1
Puerco	14.6	31.4
Pollo	22.0	3.8
Pescado	18.3	10.0
Insectos		
Termitas	23.3	28.3
Orugas	38.1	13.7
Gorgojos adultos	30.3	2.3
Pupas de Mosca doméstica	63.1	15.5
Larvas escarabajo Abejón de mayo	11.1	3.1
Hormigas hembras adultas	7.4	23.8
Hormigas machos adultos	25.2	3.3
Abejas	18.1	15.5
Gusano de Seda	23.1	14.2
Saltamontes	46.1	2.4

Respecto a los insectos que se ingieren como práctica alimenticia en el mundo, tenemos los siguientes ejemplos: las abejas de Ceylán, hormigas mieleras en

Estados Unidos, grillos e insectos acuáticos en Tailandia, hormigas en Francia, larvas de mariposas en Rhodesia, termitas en África, escarabajos en Egipto, langostas en África, Asia y el mundo árabe, etc. Actualmente, está surgiendo la entomofagia o consumo de insectos en los países desarrollados como Estados Unidos, Japón y la Comunidad Europea. En estos países ha surgido la venta de insectos en tiendas y restaurantes de cocina exótica. Entre estos productos hay hormigas, orugas de mariposa y larvas de abeja cubiertas de chocolate; chapulines, gusanos de seda y de maguey, abejas, incluso alacranes en Japón, fritos o preparados en almíbar (Velázquez, 2001).

En lo que respecta a México, la antropoentomofagia se practica desde la época prehispánica, en este caso los mercados o tianguis tuvieron gran importancia cultural y económica para los nativos locales. Para los grupos humanos de aquella época, los insectos eran un recurso natural renovable que podían aprovechar, apreciándolo por lo sabroso, nutritivo, abundante y fácil de conseguir (Ramos-Elorduy y Pino, 1989). También Sahagún (1946) reportó entre otros insectos comestibles: chapulines, gusanos de maguey y hormigas. Díaz del Castillo (2005) escribió que con ellos se elaboraban variados, sabrosos y nutritivos platillos, los cuales se consideraban verdaderos banquetes.

En partes de Asia, pupas de gusano de seda (*Bombix mori* L.) están avaladas como un producto de la industria de la seda y han sido utilizadas como alimento de contenido proteico elevado tanto para humanos como para aves domésticas. En 1977. Un contenido de proteína cruda de 63% ha sido reportado para pupas de gusano de seda (74 a 76% para pupas secas) alimento para aves. (Defoliart, 1989) reportó un contenido de proteína cruda de 49 a 58% (en materia seca) para larvas de seis especies de Norteamérica representando a las familias Saturniidae, Sphingidae y Noctuidae.

En estudios de grillo mormón, análisis proximales revelaron un contenido de proteína cruda de 58% (base materia seca) y análisis de aminoácidos indicaron que

metionina, arginina y triptófano pueden ser aminoácidos limitantes. Sin embargo, en evaluaciones de alimentación, dietas basadas en maíz y grillos produjeron significativamente mejor crecimiento de pollos de engorda a 3 semanas de edad que lo que fue alcanzando con dietas basadas en maíz y soya suplementadas con metionina (Defoliart, 1989).

Taylor reporta que la proteína contenida en termitas y larvas de mosca doméstica es similar a la proteína animal en términos de aminoácidos presentes. Steinhouse expresó que llegará el día cuando los elementos nutricionales (especialmente proteína) de insectos comunes y disponibles fácilmente sean utilizados para suplementar las necesidades de alimento (Ghaly y *col.*, 2009).

Los insectos constituyen una fuente ilimitada de proteína animal que está totalmente desaprovechada, dicha fuente aseguraría un insumo alimenticio de acuerdo con los requisitos biológicos para una nutrición aceptable. Para ello sería importante implementar crías masivas o multiplicación de animales empleando los insectos como soporte nutricional (Arango, 2005).

Los insectos fueron y siguen siendo una fuente de deliciosos sabores, proteínas, vitaminas y minerales que no tienen nada que envidiar a la soya, el pescado u otras carnes. En un mundo siempre presionado por los crecientes requerimientos nutricionales de la humanidad, los insectos me parecen una sabrosa opción (Ramos, 1987). Estos han sido empleados como alimento en acuicultura y ganadería y también han sido utilizados en la industria de mascotas. Recientemente la alta demanda y consecuente alza de precios para la harina de pescado, junto con el incremento en la presión de producción en acuicultura, ha permitido investigar el desarrollo de la proteína de insectos para acuicultura y ganadería (la cual eventualmente complementará a la harina de pescado). Mientras tanto, la acuicultura está creciendo y la harina de pescado está declinando rápidamente como una fuente de alimento, debido a la disminución de pescado capturado debido a cuotas estrictas, controles adicionales sobre pesca no regulada, y un gran uso de

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

más dietas costo efectivas sustitutos de harina de pescado. La búsqueda de alternativas y proteína sostenible es un tema de mayor importancia que necesita soluciones viables a corto tiempo, haciendo que los insectos incrementen como una opción atractiva (Van Huis y col., 2013).

La crianza de insectos es usada por muchas compañías comerciales involucradas con evaluación de insecticidas, producción de productos de control alternativos para insectos (ej. feromonas, virus, plantas resistentes a hospederos que son convencionalmente criados o genéticamente modificados), y existe una industria en crecimiento en todo el mundo interesado en la producción de insectos benéficos (Carson, 2001).

Existen diferente protocolos de crianza para diferentes insectos como el reportado para *Spodoptera exigua* por Elvira y col., 2010; para *Helicoverpa armigera* por Assemi y col., 2012; para *Tenebrio mollitor* por Ravzanaadii, 2012; para *Zophoba morio* por Rahman y col., 2012; para *Acheta domesticus* por Nakagaki y col., 1987; entre otros, en donde estos son utilizados como alimento para animales así como para ser reproducidos para la evaluación de productos biológicos y sintéticos, sin embargo no existen protocolos en donde evalúen como la calidad de las dietas puede impactar la producción de proteína en un insecto en particular.

La cría de insectos es una industria que va creciendo en todo el mundo principalmente como fuente de alimento para mascotas exóticas como son peces, tortugas etc., sin embargo, no existe información referente al impacto de los espacios adecuados, así como las dietas en la cantidad y calidad de proteína producida por estos organismos (Van Huis y col., 2013).

Algunos trabajos como los publicados por Hanboonsong y col., 2013; Van Huis y col., 2013; Erens y col., 2012 y Spencer y col., 2006 en donde hablan de la importancia de la implementación de granjas de insectos, el impacto de la producción de insectos al medio ambiente, características de las instalaciones

requeridas para crianza de los insectos, así como el costo beneficio en la producción de insectos para consumo ya sea animal o humano. Estos trabajos están realizados en países europeos y asiáticos.

Sin embargo en México, no existen datos sobre el aprovechamiento de recursos como la que organismos como los insectos nos proporcionan tanto una fuente de proteína de bajo costo, reduciendo el impacto ambiental, las características necesarias para la reproducción masiva de estos así como el impacto que las dietas y el espacio puede tener en la producción de la calidad de proteína en los insectos, por lo anterior surge la necesidad de evaluar sistemas de crianza para insectos que puedan ser utilizados para la elaboración de harinas de consumo animal y como esta impacta en la ganancia de peso de diferentes especies animales.

4.2 Cucaracha de Madagascar (*Grompadhorina portentosa*).

La cucaracha devora prácticamente cualquier material, se encuentra en muchas clases de alimentos, comen parte de ellos, los decoloran y manchan con sus materiales fecales y dejan tras ellos un desagradable olor (Agrawal, 1981; Metcalf y Flint, 1982; Shapiro y *col.*, 1985).

Todos los insectos requieren proteínas completas o sus constituyentes aminoácidos, para su crecimiento y desarrollo aun cuando muchas especies adultas se alimentan solo de néctar el cual está casi enteramente libre de nitrógeno (Jaques, 1973). Pocos datos se conocen de la calidad de la proteína de este insecto. *Grompadhorina portentosa*, la cucaracha silbante Madagascar, se produce sólo en la isla de Madagascar (Guthrie y Tindall, 1968; Yoder y Grojean, 1997).

4.2.1. Hábitat

Gromphadorhina portentosa se encuentra principalmente en las selvas tropicales de tierras bajas tropicales de Madagascar. Tienden a vivir en la cama seca en el suelo del bosque (Copeland, 2003; Ryan, y col., 1993; Yoder y Grojean, 1997).

4.2.2. Descripción física

Como la mayoría de los insectos, *Gromphadorhina portentosa* tiene una cabeza, el tórax, el abdomen y 6 patas. A diferencia de muchas especies de cucarachas, que no poseen alas. Su exoesqueleto es oscuro, de marrón a negro de caoba, y muy grueso, duro, y cerosa. Tienen almohadillas y ganchos en sus patas que les permiten trepar superficies lisas. Los machos poseen un par de grandes protuberancias o tubérculos detrás de su cabeza, estas estructuras son mucho más pequeños que en las hembras. Estos cuernos son conocidos como jorobas ProNatal. *Gromphadorhina portentosa* es una de las mayores especies de las cucarachas en el mundo, los adultos son de 5.1 a 10.2 cm de largo, con los machos en crecimiento mayor que las hembras. (Clark y Moore, 1995; Copeland, 2003; Guthrie y Tindall, 1968; Milius, 2002; Miller, 1977).

4.2.3. Desarrollo

Madagascar cucarachas silbantes tienen una metamorfosis incompleta o parcial. Ellos nacen de huevos como ninfas, que son bastante similares a los adultos en la estructura general, pero carecen de los órganos reproductores. Las ninfas mudan su exoesqueleto seis veces a medida que crecen hasta la edad adulta, un proceso que suele tardar 6-7 meses (Fraser y Nelson, 1984; Guthrie y Tindall, 1968).

4.2.4. Reproducción

Las cucarachas de Madagascar machos producen sonidos acústicos o sibilantes durante las interacciones de cortejo con las hembras. Los machos se caracterizan por producir dos tipos de señales, un sonido que llama y un sonido de cortejo. El sonido que llama es una canción de larga distancia que se utiliza para atraer a las

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

hembras, mientras que el sonido de cortejo se usa más durante una interacción estrecha gama (Clark y Moore, 1994).

Los machos de cucarachas macho silbantes defienden territorios de apareamiento de otros machos, y el intento de monopolizar el apareamiento con todas las hembras en su territorio. Los machos interactúan mediante silbidos, y en episodios de empujones. El apareamiento puede ocurrir durante todo el año, pero más cuando el clima es cálido (Clark y Moore, 1994; Guthrie y Tindall, 1968; Matthews y Matthews, 1978; Sreng, 2005).

Las cucarachas de Madagascar machos son atraídos y estimulados por el olor de la hembra. Los machos se han especializado en sus antenas como órgano y sentido para esto. La cantidad de atrayente sexual secretada es mayor en hembras vírgenes, aunque la salida puede ser esporádica. Se disminuye con la edad. Cuando el macho es atraído a la hembra por este olor, empieza a silbar y tocar sus antenas. La pareja se adhiere entre sí y de vuelta posteriores a la parte trasera y permanecer en esta posición durante 30 minutos. Las hembras llevan la ooteca, un saco de huevos, largo de color amarillento, interno y que liberan las ninfas jóvenes después de que los huevos han eclosionado. Normalmente 15 - 40 ninfas de cucarachas surgirán (Clark y Moore, 1994; Guthrie y Tindall, 1968; Matthews y Matthews, 1978; Roeder, 1963; Sreng, 2005).

- Época de la reproducción: todo el año
- Huevos de corral por temporada: 15-40
- Período de gestación promedio: 2 meses
- Rango de tiempo a la independencia: 5 a 10 meses
- El promedio de edad de madurez sexual o reproductiva (hembra): 7 meses
- El promedio de edad de madurez sexual o reproductiva (macho): 7 meses (Guthrie y Tindall, 1968; Mulder, 2008).

4.2.5. Comportamiento

Los machos establecen territorios que se defienden de otros machos adultos con agresiva postura y el comportamiento se utiliza para advertir a los intrusos. El macho que es más grande y más silbidos suele ganar. Los machos utilizan sus jorobas ProNatal cuando la lucha contra otros machos para defender territorios. Los enfrentamientos entre los machos no parecen perjudicar a los machos. Las hembras y ninfas son más sociales y no luchan entre sí o con los machos. Las cucarachas son nocturnas y que evitan la luz (Fraser y Nelson, 1984; Gordon, 1996; Yoder y Grojean, 1997).

4.2.6. Comunicación y Percepción

La cucaracha de Madagascar es única en su capacidad para hacer un sonido "silbante". Estas cucarachas silban a través de los espiráculos respiratorios situados en el abdomen. Este sonido sibilante se utiliza para comunicarse con su propia especie y otros (Clark y Moore, 1995; Clopton, 1995).

4.2.7. Depredación

Las cucarachas de Madagascar probablemente tienen muchos tipos de depredadores, pero hay pocas relaciones documentados. Arácnidos, hormigas, tenreos, y algunas aves terrestres que se alimentan son posibles depredadores. Como se mencionó anteriormente, una estrategia contra el depredador es un silbido de alarma - produciendo un ruido de serpiente fuertes que puedan asustar depredadores potenciales (Clark y Moore, 1994;).

4.2.8. Estado de Conservación

Debido a que la cucaracha de Madagascar sólo se encuentra en Madagascar, se han hecho pocos esfuerzos de conservación Ya que es difícil para los biólogos investigar la zona, debido a la escasa red de caminos transitables (Bohannon, 2003; Fraser y Nelson, 1984).

4.2.9. Etología de la cucaracha de Madagascar

Este insecto no tiene el aspecto de una cucaracha normal ni emite el mismo tipo de sonido. La cucaracha gigante, es una de las muchas especies fascinantes provenientes de la isla de Madagascar. Los machos tienen unos cuernos que les confieren un aspecto sorprendente y poco común. Utilizan estos cuernos en agresivos encuentros que recuerdan a las batallas entre mamíferos con cornamenta. Los machos embisten a su enemigo con los cuernos o el abdomen y durante la lucha suelen emitir ese sorprendente silbido del que toman su nombre (National Geographic, 2018).

Este silbido forma parte del ritual de apareamiento de estas cucarachas y también se usa como un efectivo grito de alarma. La mayoría de los insectos emiten sus sonidos frotando partes de su cuerpo o a través de membranas vibrantes. Sin embargo, la cucaracha gigante de Madagascar lo hace al exhalar el aire a través de los poros respiratorios. Esta forma de emitir sonidos a través de la respiración es más común en los vertebrados (Monográfico, 2017).

Pueden mantenerse varios ejemplares juntos ya que no muestran ningún tipo de agresividad entre ellas, siempre y cuando dispongan de suficiente espacio y comida; además, en libertad, se ha observado que la cucaracha gigante de Madagascar tiende a formar sociedades muy compactas, en las que conviven adultos y larvas de diferentes edades (National Geographic, 2018).

4.2.10 Temperatura

Las temperaturas deben ser de 27-35°C durante el día y de no menos de 20°C durante la noche. Las cucarachas expuestas a temperaturas inferiores se vuelven lentas, así que, cuanto mayor sea la temperatura, más activo será el insecto. No se necesita ninguna iluminación especial (Rosales, 2017).

4.2.11 Humedad

Será provista en el ambiente por la evapotranspiración del suelo. Lo ideal es mantener el sustrato siempre húmedo, ya sea mojándolo con un rociador o simplemente volcando agua, hasta humedecerlo, sin llegar a encharcarlo. Un buen sustrato jamás debería descomponerse. Hay que controlar con mayor frecuencia la presencia de humedad en el sustrato, durante el verano, si la temperatura ambiental es superior a la recomendada ya que se evaporará más rápido (Quirantes, 2012).

4.2.12 Iluminación

Como la gran mayoría de los blátidos son nocturnos. Son muy frágiles a la luz solar directa debido a la radiación UVB. En consecuencia, pueden vivir en recipientes oscuros o tan opacos que no permitan el paso de luz solar o artificial, sin alterar de ningún modo su crecimiento y desarrollo. Siempre deben estar alejados de los lugares donde se proyecte directamente la luz solar que ingrese desde el exterior. La iluminación más simple es utilizando la luz del recinto o habitación donde tengamos a nuestra mascota. Si se desea iluminar el ambiente, por cuestiones prácticas o estéticas, se recomienda que el foco luminoso se ubique fuera del hábitat por cuestiones de seguridad, puede ser separada por una tela, malla plástica o mosquitero (metálico o plástico) o por un vidrio. Si se quiere iluminar un terrario lo ideal sería la iluminación con LED, luces dicróicas, tubos fluorescentes o lámparas de bajo consumo. Como último recurso, por ser poco o nada recomendables, se pueden usar lámparas incandescentes; considerando que éstas consumen excesiva electricidad, en caso de mal funcionamiento pueden romperse y además alcanzan altas temperaturas, pueden ser peligrosas, e incluso fatales, en el caso de ser tocadas accidentalmente por las cucarachas (Milsaponia, 2010).

4.2.13 Información nutricional

El exoesqueleto de las cucarachas y las partes de la quitina son comestibles y contienen nutrientes como el zinc y el cobre (FAO, 2014). Una hembra de cucaracha de Madagascar puede llegar a reproducir cada seis meses un kilo de materia fresca, la cual es sometida por un proceso para obtener un polvo con altos grados de proteína y otros elementos importantes como hierro y zinc (Notimex, 2016). De un kilo de estos insectos frescos, tras un proceso se reducen a 330 gramos de materia seca, de los cuales en cada 100 gramos hay 58 por ciento de proteína (Notimex, 2016).

4.2.14. Uso como suplementos en la alimentación animal

La cucaracha de Madagascar es utilizada para la colección y alimentación ya que cumple una función muy importante en la cadena alimenticia tanto de animales herbívoros como carnívoros. Se ha implementado como una fuente de proteína debido a su gran contenido que posee además de su pronta reproducción haciendo más eficiente su consumo (Domínguez, 2013).

Esta especie es recomendada para alimentar a una gran variedad de reptiles, anfibios, peces, aves, artrópodos y pequeños mamíferos. Es una de las cucarachas más grandes conocidas en el mundo, alcanzando una longitud de 6 a 8 cm en la madurez, aunque con una dieta adecuada algunos machos alcanzan hasta 10 cm sin contar las antenas (Montiel, 2013).

Son muy nutritivas y por su alto contenido de grasas puede ofrecerse para recuperar animales que han bajado de peso, a diferencia de otras especies la Cucaracha de Madagascar no desarrolla alas, lo que hace 100% comestible (sin desechos); (REIAV, 2014).

Actualmente no se conoce una investigación con la Cucaracha de Madagascar (*Grompadhorina portentosa*), pero si con la cucaracha (*Periplaneta americana*), esta fue utilizada en pollos de engorda, durante 7 semanas, donde se sustituyó la pasta de soya hasta en un 20%. Sin mostrar diferencias significativas en cuanto a ganancia de peso, conversión alimenticia y consumo de alimento, pero es importante señalar que esta cucaracha cuenta con el 30 % de energía y con 50 % de proteína (Shapiro, 1985). A partir de estos porcentajes se calculó la energía metabolizable de la harina de Cucaracha de 3,300 kcal/ kg. Este valor es muy similar de Energía metabolizable de los cereales de mayor consumo en alimentación animal, a la harina de sangre y a la harina de pluma, aunque difieren ampliamente de proteína excepto la harina de carne (Tejada, 1992).

El contenido de aminoácidos en cuanto a metionina es bajo debido a que es destruida por el procedimiento utilizado no se detecta la presencia de metionina, ni el triptófano. Así mismo el perfil de aminoácidos de la harina de cucaracha doméstica es similar o superior al perfil de aminoácido de la proteína de carne o de soya, con excepción de leucina, que se encuentra en mayores cantidades en la harina de cucaracha. Entonces como proteína de origen animal, la harina de cucaracha es comparable en contenido de proteína y contenido de aminoácidos esenciales a la harina de carne (Ballinas, y col., 2009).

4.4 Importancia de la avicultura

4.4.1 Producción a nivel internacional de pollo

A nivel mundial México es el séptimo productor de pollo después de: Estados Unidos, China, Brasil, Unión Europea, India y Rusia. En el mismo ámbito, México ocupa el sexto lugar en la producción de huevo, detrás de China, Estados Unidos, India, Japón y Rusia. Los principales productores son: Estados Unidos con, 2, 860, 000,000 al año, China 200 millones de toneladas al año, Brasil 58 millones de toneladas al año, Unión Europea 148 millones de toneladas al año, Holanda 22,

620,000 millones de toneladas al año, India, 395 millones de toneladas al año Rusia 187,000 toneladas al año (USDA, 2014).

4.4.2 Producción de pollo a nivel nacional

De acuerdo con datos del primer estimado elaborado por la Dirección de Estudios Económicos de la Unión Nacional de Avicultores, los estados productores de pollo son: Aguascalientes y Querétaro 11%, La región de la Comarca Lagunera y Veracruz 10%, Jalisco 8%, Puebla 7%, Yucatán y Chiapas 6%, le siguen Estado de México, Guanajuato con 5% cada uno, Sinaloa con 4%; Nuevo León, San Luis Potosí e Hidalgo con 3%; Morelos y Michoacán% (SIAP, 2014).

4.4.3 Situación actual de la avicultura en Aguascalientes

El valor de la producción avícola fue mayor a 15, 210,263 de pesos durante el 2016. En materia de consumos, el consumidor mantiene una alta preferencia por los productos avícolas pollo y huevo, La producción fue para Ave en pie 373,466, huevo para plato 5,915, y para carne de canal 280,100 toneladas (SAGARPA, 2016).

4.4.4 Requerimientos nutricionales del pollo de engorda

Las necesidades nutricionales (Cuadro 3) se definen como la cantidad de nutrientes que deben estar presentes en la dieta, para que las aves puedan desarrollarse y producir normalmente. Por ejemplo: en la dieta de aves de corral se deben incluir las siguientes cantidades de energía metabolizable (EM), Proteína bruta (PB), Fibra Cruda (FC), Calcio (Ca), Fosforo (P) y sodio (Na) (Castellanos, 2006).

Cuadro 3. Necesidades nutricionales en dietas para pollos de engorda.

Animales		EM ¹	PB ²	FC ³	CA ⁴	P ⁵	NA ⁶
		Kcal/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
Pollos	0 a 4 semanas	2910	200	35	14	9	3
	5 a 12 semanas	3020	200	35	14	8	3
	13 a 23 semanas	2800	180	35	14	8	3
Pollos de engorda		2940	170	30	14	8	3

1.- Energía metabolizable, 2.- Proteína Bruta, 3.- Fibra Cruda, 4.-Calcio, 5.- Fosforo, 6.- Sodio Fuente: Castellanos, 2006.

4.5 Fuentes de proteína de origen animal y vegetal para la alimentación del pollo de engorda

La proteína animal se ha considerado superior a la de origen vegetal, principalmente debido a su alto contenido de aminoácidos esenciales y a que algunas proteínas vegetales necesitan procesarse correctamente para mejorar su valor nutritivo. Sin embargo, si se adicionan adecuadamente con aminoácidos, las proteínas vegetales son similares a las proteínas de origen animal (Jones, 2003). En la actualidad las fases de alimentación han sido diseñadas con más detalle en base a las necesidades fisiológicas y se da énfasis a la importancia de la presencia de subproductos de origen animal en las etapas tempranas del ave, así como de ofrecer el alimento en forma de pellet y la formulación de aminoácidos digestibles, esto ha permitido un uso más eficiente para alimentar a las aves (Cuca y Pro, 1996).

La proteína ideal puede resultar de utilidad bajo diversos conceptos, uno de ellos es que permite la formulación de dietas con menor contenido de proteína total, para cubrir las necesidades de los aminoácidos logrando un mejor retorno económico. Además, se tiene la posibilidad de formular las dietas con base en los perfiles de digestibilidad de los ingredientes (Baker, 1997). Se ha demostrado una mejor

respuesta del ave durante las dos primeras semanas de vida cuando se incluye en la formulación una fuente de proteína de origen animal (Noy y Sklan, 2002).

4.5.1 Harina de pescado

Esto se debe a que son fuentes concentradas de aminoácidos esenciales, principalmente lisina y metionina, además aportan calcio, fósforo, ácidos grasos insaturados, colina y selenio. El empleo de las harinas de pescado facilita la formulación por ser fuentes concentradas de nutrimentos. Sin embargo, su empleo en las dietas no es indispensable para hacer un alimento bien balanceado, ya que si se lleva a cabo una adición adecuada de aminoácidos a dietas sin harinas de pescado (Beck y col., 2004).

4.5.2 Harina de pluma

La harina de pluma hidrolizada contiene un alto nivel de proteína 85 % y su precio en el mercado es bajo en relación con otras fuentes de nitrógeno (Correa, 2000). Su contenido de metionina, lisina, histidina y triptófano es reducido, factor que limita su uso en raciones para aves, las recomendaciones generales son las de utilizarla en proporción de 3 a 4 % como máximo en dietas para aves (Pérez, 2010).

4.5.3 Harina de carne

Las harinas de carne tienen una gran variación en su composición, por ejemplo, existen algunas con un contenido de proteína de 41-45 % y otras de 50-52 % y consecuentemente la cantidad de calcio y fósforo también fluctúa considerablemente (Cuca y col., 2009).

4.5.4 Lombriz roja, fuente de proteína para pollos

Una de las principales limitantes de la lombriz para incluirse en las dietas, es su bajo contenido de materia seca, ya que se necesitarían grandes volúmenes para

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

satisfacer los requerimientos o incluirla en los concentrados comerciales en forma de harina (Gonzalvo y *col.*, 2001).

4.6 Fuentes de energía en pollos de engorda

En la alimentación avícola, la energía disponible es normalmente expresada en unidades de energía metabolizable, que es la porción de energía dietética que está disponible en el ave para la producción de carne, huevos, para el mantenimiento de la temperatura del cuerpo y para otras funciones vitales (Neuman, 2001). Se recomienda usar diferentes valores de energía metabolizable (EM) para las grasas dependiendo de la edad del ave, siendo menor el valor que debe usarse al formular dietas para pollos de 1 a 3 semanas de edad. Debido a esta situación se recomienda usar niveles bajos de grasa en este tipo de alimentos, por lo que el nivel energético de estas reacciones fluctúa entre 2980 y 3000 Kcal/kg. (Noy y Sklan, 2002).

Los carbohidratos son la mayor fuente de energía para las aves, pero solo los ingredientes que contengan almidón, sacarosa o azúcares simples son proveedores eficientes de energía. Una variedad de granos como el maíz, trigo y mijo, son importantes 60 % de proteína tiene mejor precio en dietas para pollos de engorda por su contenido de xantofilas (240 mg/ Kg) que ayudan en la pigmentación del pollo de engorda (Cuca y *col.*, 2009).

4.6.1 Maíz

Su incorporación es de 50-60 % como promedio, en los alimentos balanceados para aves de engorde y un poco menos en aves de postura. No se deben rebasar estos límites porque el uso excesivo podría provocar picaje o canibalismo. El nivel de uso recomendado de este insumo es de 50-60 % en la dieta (Neuman, 2001).

4.6.2 Sorgo

El sorgo (*Sorghum bicolor*), es el principal grano empleado como alimento en África y ciertas partes de la India y China. El grano de sorgo es muy parecido al del maíz, aunque de menor tamaño, generalmente contiene más proteína y menos grasa que el maíz, careciendo de xantofilas pigmentantes. Las variedades oscuras contienen taninos que reducen la digestibilidad de la proteína. El grano de sorgo entero puede administrarse al ganado ovino, cerdos y aves, pero suele administrarse molido a los demás animales (McDonald y col., 2006).

4.6.3 Avena

La avena (*avena sativa*), ha sido siempre muy apreciada en la alimentación de los rumiantes y caballos, pero menos para cerdos y aves, debido a su alto contenido en fibra y valor energético. El valor nutritivo de la avena depende en alto grado, de la relación existente entre la cascarilla y el grano. El contenido en proteína bruta, que varía entre 70 y 150 g/ Kg MS, aumenta por la aplicación de abonos nitrogenados, la proteína de la avena es de baja calidad, siendo eficiente en los aminoácidos esenciales metionina, histidina y triptófano; las cantidades de dichos aminoácidos en la proteína de la avena suelen ser inferiores a 20 g/Kg (McDonald y col., 2006).

4.6.4 Pasta de canola

La pasta de canola se ha reducido en forma importante. La semilla de canola es pequeña y redonda, de 1- 2 mm de diámetro. Contiene aproximadamente de 42- 43 % de aceites, que se extrae para usarse como aceite vegetal comestible de primera calidad. La pasta de canola que queda después de la extracción de aceite se usa como fuente de proteína en los alimentos balanceados para animales, su concentración puede variar de acuerdo con el origen de la colza (30- 40 % proteína cruda). La canola tiene altos niveles de taninos y en algunos cultivos pueden ser de hasta 3 %. Sin embargo, las investigaciones han demostrado que los taninos de la

canola no tienen influencia en la utilización de la proteína previamente (Cuca y col., 2009).

4.6.5 Pasta de ajonjolí

El contenido de proteína de la pasta de ajonjolí de México puede variar de 40- 45 % además, tiene un elevado contenido de calcio en comparación con otros productos vegetales; sin embargo, este calcio no es aprovechado en su totalidad por las aves debido principalmente a que se encuentra unido al ácido fítico formando fitatos (Gonzalvo y col., 2001).

4.7 Importancia de los minerales y vitaminas en el pollo de engorda

El éxito de un alimento se refleja en la producción del animal, ya sea huevo o carne, de ahí la enorme importancia que tiene el saber formular un alimento con la cantidad y calidad de las necesidades que demanda el animal. Además de estos factores relacionados con las necesidades y la composición de los ingredientes (Cuca y col, 2009).

Austic (1994); menciona que, al formular las raciones para aves, las raciones deben de suministrar todos los aminoácidos esenciales en cantidades generosas y nitrógeno total suficiente para los pollos sintetizar los demás aminoácidos necesarios.

Las dietas avícolas, son mezclas de granos y cereales, pasta de oleaginosas, minerales y otros aditivos; que junto proporcionan los nutrientes para la reproducción, crecimiento y producción (NRC, 1996). Los minerales están divididos en macrominerales (aquellos que son necesarios en grandes cantidades) y los micro minerales o elementos traza. Aunque los micro minerales son requeridos solo en pequeñas cantidades, la falta o inadecuado suministro en la dieta puede ser perjudicial para los pollos como la falta de un macromineral (Arrington, 2008).

4.7.1. Fosforo

El fosforo es un mineral esencial que se requiere en las dietas de las aves para un crecimiento y desarrollo normal, el fosforo está presente en los ácidos nucleicos, ADN y ARN, es un componente esencial de muchas coenzimas metabólicas, además de que se requiere para el almacenamiento y transferencia de energía como parte de los compuestos de glucosa fosforilada y compuestos altos en energía como el ATP y el ADP (Saylor, 2001).

4.7.2. Calcio

Los minerales como el Calcio son necesarios para la formación de células de la sangre, activación de enzimas, metabolismo de energía, y la función adecuada del músculo (Sparks, 1995).

4.7.3. Magnesio

Este mineral se deposita en los huesos, en órganos y músculos, y en los líquidos corporales. Su ausencia se refleja por la aparición de calambres, debilidad muscular, convulsiones, fallas cardíacas y también la aparición de depósitos de Calcio en los tejidos blandos de las aves (Jhonson, 1998).

4.7.4. Cobre

Los mecanismos por los que el Cu estimula el crecimiento aún no son claros; las investigaciones realizadas mencionan una modificación de la población microbiana debido a la liberación de Cu en el tubo gastrointestinal, el aumento en la actividad mitogénica del suero, el incremento de la secreción de hormona de crecimiento o de la secreción de neuropéptidos (INRA, 2001).

4.7.5 Vitaminas

Las vitaminas son esenciales para la vida y deben ser suministradas en cantidades apropiadas para que los pollos puedan crecer y reproducirse. El huevo contiene normalmente suficientes vitaminas para suplir las necesidades del desarrollo del embrión. Por esta razón, los huevos son una fuente buena de vitaminas del complejo B de origen animal para la dieta de los humanos. La vitamina D₃ tiene una función importante es la formación del hueso y en el metabolismo de calcio y fósforo. Las vitaminas del Complejo B están involucradas en el metabolismo energético y en el metabolismo de muchos otros nutrientes (Arrington, 2008).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización del área de estudio

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de Parasitología del Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, ubicada en el municipio de Jesús María, Aguascalientes, así como en el laboratorio de Microbiología y en el Módulo Avícola del Área Experimental del departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Guanajuato.

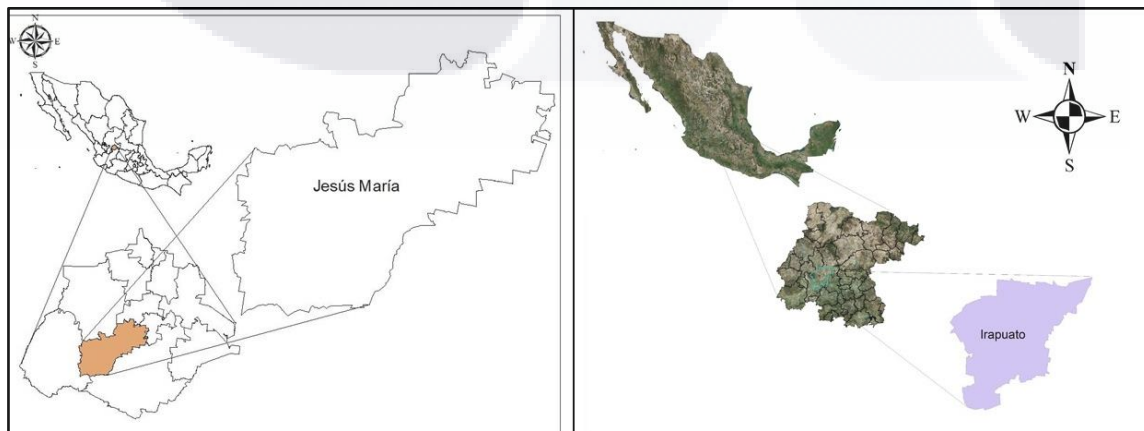


Figura 1. Localización de la Universidad Autónoma de Aguascalientes en Jesús María Aguascalientes, y Universidad de Guanajuato localizada en Irapuato Guanajuato.

5.2 Elaboración de la harina de Cucaracha

Para obtener la harina, las cucarachas se reprodujeron bajo condiciones de laboratorio, estas fueron clasificadas dependiendo su edad y tamaño. Fueron alimentadas cada tercer día con residuos de verduras, croqueta molida y agua con azúcar *ad libitum*. La temperatura fue controlada con ayuda de un calentador eléctrico a (26 ° C) la cual se mantenía constante. El sustrato que se utilizó fue fibra de coco y peat moss que fue cambiado cada 15 días.



Figura 2. Establecimiento, cría y reproducción de la cucaracha de Madagascar.

Las cucarachas fueron sacrificadas en un refrigerador a -30 ° C durante 36 horas, después fueron lavadas con agua corriente. Posteriormente se deshidrataron a 45 ° C por 96 horas, en una deshidratadora eléctrica de laboratorio Marca Cabela's, modelo 28-0501. Al final se molieron con ayuda de una licuadora, Marca International LI-12 A.

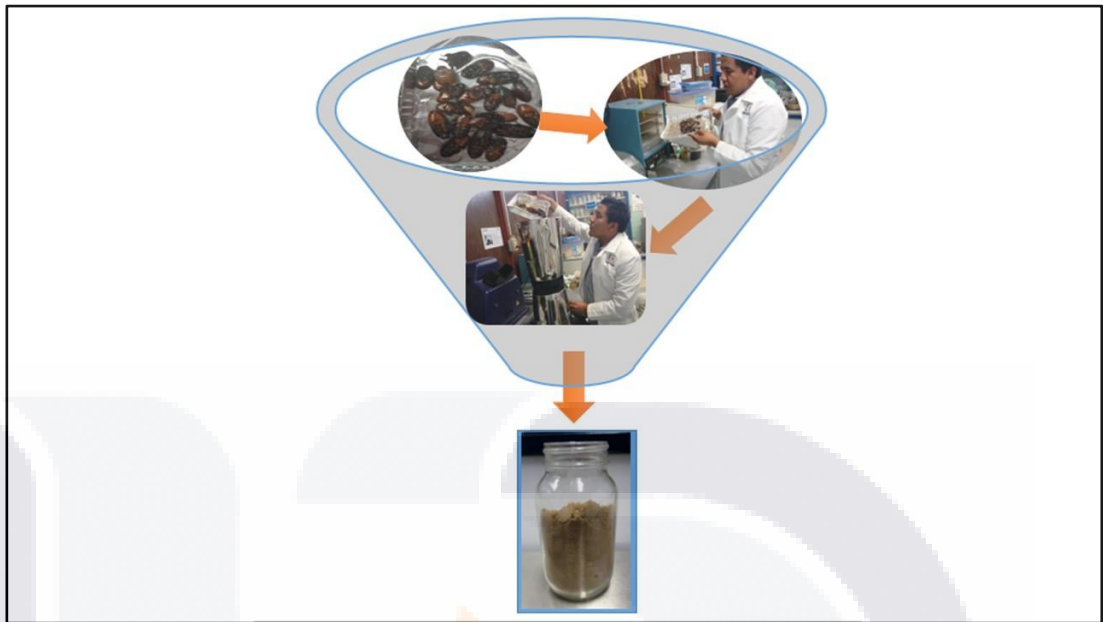


Figura 3. Elaboración de harina de cucaracha de Madagascar.

5.3 Metodologías para realizar el Análisis Químico Proximal de los ingredientes

El Análisis Químico Proximal se usa para conocer la composición cualitativa y cuantitativa; el significado higiénico y toxicológico de las alteraciones y contaminaciones, de qué manera y por qué ocurren y como evitarlas; cuál es la tecnología más apropiada para tratarlos y cómo aplicarla; cómo legislar y fiscalizar para proteger los alimentos y al consumidor; qué métodos analíticos aplicar para establecer su composición y determinar su calidad.

5.3.1 Método de análisis de Humedad

Durante el balanceo de la ración, es fundamental conocer el contenido de agua en cada uno de los elementos que la compondrán; así mismo, es necesario vigilar la humedad en el alimento preparado, ya que niveles superiores al 8% favorecen la presencia de insectos y arriba del 14%, existe el riesgo de contaminación por hongos y bacterias (Cockerell y col., 1971). El método se basa en el secado de una

muestra en un horno y su determinación por diferencia de peso entre el material seco y húmedo.

1. Pese alrededor de 5–10 g de la muestra previamente molida.
2. Coloque la muestra en un horno a 105°C por un mínimo de 12 h.
3. Deje enfriar la muestra en un desecador.
4. Pese nuevamente cuidando de que el material no este expuesto al medio ambiente.

Cálculos

Contenido de humedad (%) = $100(((B-A) - (C-A))/(B-A))$

Donde:

A=Peso de la charola seca y limpia (g)

B=Peso de la charola+muestra húmeda (g)

C= Peso de la charola+muestra seca (g)

5.3.2 Método Análisis de Cenizas (Kirk y col, 1996)

Esta determinación se basa en someter la muestra de alimento a combustión entre 500 y 600 °C La materia orgánica es oxidada, y al residuo que contiene la materia mineral se le llama cenizas.

1. En un crisol de porcelana que previamente se calcinó y se llevó a peso constante, coloque de 2.5 a 5g de muestra seca.
2. Coloque el crisol en una mufla y calcínelo a 550°C por 12 horas, deje enfriar y páselo a un desecador.
3. Cuidadosamente pese nuevamente el crisol conteniendo la ceniza

Cálculos

Contenido de ceniza (%)= $100((A - B)/C)$

Donde:

A=Peso del crisol con muestra (g)

B= Peso del crisol con ceniza (g)

C= Peso de la muestra (g)

5.3.2 Método de determinación de proteína

1. Pesar de 0.5 a 1 g de muestra, sobre un papel libre de nitrógeno de preferencia blanco, y colocarlo todo junto en el matraz Kjeldahl y en otro matraz colocar un papel sin muestra. Éste será nuestra muestra.
2. Agregar 25 mL de ácido sulfúrico concentrado.
3. Agregar el catalizador una pequeña cucharadita, junto con 5 piedras de ebullición.
4. Colocar el matraz con su contenido en la parrilla del digestor, encender el extractor y la parrilla.
5. Cuando la solución adquiera la coloración transparente, suspender el calentamiento y dejar enfriar por un período aproximado de 30 minutos. Manteniendo el extractor encendido para eliminar los gases
6. Cuando la solución adquiera la coloración transparente, suspender el calentamiento y dejar enfriar por un período aproximado de 30 minutos. Manteniendo el extractor encendido para eliminar los gases. 56
7. Adicionar lentamente y por las paredes del matraz 250 mL de agua destilada antes de que el residuo digerido se solidifique y después déjelo enfriar a una temperatura inferior a 25 °C.
8. Por otro lado, agregar 50 ml de H₂SO₄ de normalidad conocida a un matraz en el que recibiremos el destilado + 4 gotas de indicador de nitrógeno.
9. Al matrás "K" que está en condiciones del punto numero f, inclinarlo y adicionar lentamente por las paredes 100 mL de hidróxido de sodio al 45 % de tal manera que se formen 2 capas.
10. Conectar el matraz "K" al refrigerante del destilador, iniciar el calentamiento. destilar aproximadamente unas dos terceras partes del contenido del matraz kheldahl o hasta que se hayan recolectado 250 mL en el matraz Erlenmeyer
11. Retirar el matraz Erlenmeyer antes de apagar la parrilla para evitar sifoneo, enjuagar con una piseta el extremo del tubo colector recibiendo el agua de lavado en el matraz Erlenmeyer.
12. Titular el destilado con hidróxido de sodio a normalidad conocida. Se anota el volumen gastado de hidróxido de sodio normalidad conocida.

$$\%N2 = \frac{(\text{mL gastados en la titulación} - \text{mL gastados en el problema}) + * (N) * (\text{Meq. N2}) * 100}{\text{gr de muestra} =}$$

Donde:

$$\%PC = \%N2 \times 6.25$$

$$\text{Meq. N2} = 0.014007$$

6.25=Factor de nitrógeno convencional para convertir nitrógeno a proteínas de cualquier material excepto para: trigo y subproductos que su factor es 5.7. Para la leche y subproductos es 6.38.

5.3.4 Método de determinación de Lípidos (James, 1999)

En este método, las grasas de la muestra son extraídas con éter de petróleo y evaluadas como porcentaje del peso después de evaporar el solvente.

Procedimiento

1. Saque del horno los matraces de extracción sin tocarlos con los dedos, enfríelos en un desecador y péselos con aproximación de miligramos.
2. Pese en un dedal de extracción manejado con pinzas, de 3 a 5g de la muestra seca con aproximación de miligramos y colóquelo en la unidad de extracción. Conecte al extractor el matraz con éter de petróleo a 2/3 del volumen total.
4. Lleve a ebullición y ajuste el calentamiento de tal manera que se obtengan alrededor de 10 reflujos por hora. La duración de la extracción dependerá de la cantidad de lípidos en la muestra; para materiales muy grasosos será de 6 horas.
5. Al término, evapore el éter por destilación o con rotovapor. Coloque el matraz en el horno durante hora y media para eliminar el éter. Enfríe los matraces en un desecador y péselos con aproximación de miligramos. La muestra desengrasada puede usarse para la determinación de fibra cruda.

Cálculos

$$\text{Contenido de lípidos crudos (\%)} = 100((B - A)/C)$$

Donde:

A = Peso del matraz limpio y seco (g)

B = Peso del matraz con grasa (g)

C = Peso de la muestra (g)

5.3.5 Determinación del contenido de hidratos de carbono

Método del fenol-sulfúrico (Dubois y *col*, 1956)

Preparar una solución o suspensión de la muestra en agua, procurando que los carbohidratos se encuentren en el intervalo de sensibilidad del método (10-100 μ g/mL). En tubos de ensaye perfectamente etiquetados, colocar 1 mL de la solución o suspensión acuosa de la muestra. Para cada tubo adicionar 0.6 mL de una solución acuosa de fenol al 5%. Mezclando perfectamente, adicionar cuidadosamente 3.6 mL de ácido sulfúrico concentrado, homogeneizar.

NOTA. Realizar todo el procedimiento para un tubo antes de seguir con el siguiente. Dejar enfriar la mezcla a temperatura ambiente (aproximadamente 30 min.) y determinar la intensidad del color naranja obtenido en un colorímetro a 480 nm, frente a un blanco preparado de la misma manera utilizando agua.

Calcular la cantidad de carbohidratos presentes en la muestra a partir de una curva patrón preparada con el carbohidrato de interés en el intervalo del método (10-100 μ g de glucosa/mL), tratada de la misma manera que el problema.

5.3.6 Determinación de fibra

Se emplea como una medida del contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina, materiales indigeribles en los alimentos. Por éste método la fibra se separa del material soluble en ácidos y álcalis diluidos. Los minerales insolubles se cuantifican por calcinación y la diferencia indica el contenido de fibra cruda presente. El método de determinación de fibra cruda se fundamenta en solubilizar completamente el

almidón, proteína, lignina y la mayor parte de las hemicelulosas, no afectando a las celulosas (Van de Kramer y Van Ginkel, 1952, citado por Franco, 1990).

1. Homogeneizar, secar 103 ± 2 °C en estufa de aire o a 70 °C al vacío, de acuerdo a las técnicas indicadas en la referencia, considerando el tipo de muestra.
2. Moler la muestra.
3. Pasar por un tamiz de malla de 1 mm.
4. Extraer con éter de petróleo sí el contenido de grasa es superior al 1. Realizar el análisis en duplicado.
5. Pesar a 0.1 mg alrededor de 2 g de muestra preparada y transferir en al matraz del aparato de calentamiento a reflujo.
6. Agregar 1.5 a 2.0 g de fibra cerámica preparada.
7. Agregar 200 ml de H₂SO₄ 0.255 N, hirviendo, gotas de antiespumante y perlas de vidrio.
8. Conectar el aparato de calentamiento a reflujo y hervir exactamente durante 30 minutos, rotando el matraz periódicamente.
9. Desmontar el equipo y filtrar a través del embudo Büchner tipo California o sus alternativas.
10. Lavar con 50 a 75 ml de agua hirviendo, repetir el lavado con 3 porciones de 50 ml de agua o hasta que cese la reacción ácida.
11. Retornar el residuo al aparato de calentamiento a reflujo y hervir exactamente durante 30 minutos, rotando el matraz periódicamente.
12. Lavar con 25 ml de H₂SO₄ 0.255 N, hirviendo, con 3 porciones de 50 ml de agua hirviendo y con 25 ml de etanol al 95%.
13. Remover el residuo y transferir al crisol.
14. Secar en estufa a 130 ± 2 °C por 2 horas, enfriar en desecador y pesar
15. Incinerar 30 minutos a 600 ± 15 °C, enfriar en desecador y pesar
16. Determinar un blanco en las mismas condiciones que la muestra.

Expresión de resultados

% Fibra cruda en muestra molida = $C = (\text{Pérdida de peso en la incineración} - \text{pérdida de peso del balnco de fibra cerámica}) \times 100 / \text{peso de la muestra}$.

%Fibra cruda (base húmeda) = $C \times 100 - \% \text{ Humedad muestra original} / 100$

Promediar los valores obtenidos y expresar el resultado con dos decimales.

Repetibilidad: La diferencia de los resultados no deberá ser superior al 5 % del promedio.

Informar el % de fibra al 0,1 %, sobre la base de la muestra original considerando que ha sido desgrasada en el caso de contener más de 1 % de grasa.

5.4 Análisis Microbiológico

Se determinaron los recuentos de microorganismos coliformes totales (NOM-113-SSA1-1994), bacterias mesofílicas aerobias (NOM-092-SSA1-1994), después de la etapa de molienda, con base en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-110-SSA1-1994) para conocer la efectividad en el proceso en su totalidad.

5.4.1 Determinación de *E. Coli*

Basado en la Norma oficial mexicana NOM-112-SSA1-1994. Determinación de bacterias coliformes. Para la prueba presuntiva se preparó medio de cultivo Caldo Lactosado, siguiendo las instrucciones del fabricante.

1. Se distribuyeron 20 mL del medio de cultivo preparado en tubos de 20 x 200 mm y en tubos de 16 x160 mm volúmenes de 10 mL, ambos con tapones metálicos y con Campana Durham (campana de fermentación), llenadas con pipeta Pasteur. Posteriormente se esterilizaron a $121 \pm 1.0 \text{ }^\circ\text{C}$ a 15 lbs. de presión, durante 15 min, en una autoclave.
2. La prueba presuntiva se realizó utilizando tres tubos de mayor concentración, en los que se transfirieron 10 mL de la dilución primaria (10-1), utilizando una pipeta automática con una capacidad de volumen de 1-10 mL.

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
3. Se transfirió a tres tubos de concentración sencilla, 1 mL de dilución 10-1 con una pipeta automática con capacidad de volumen de 0.1-1mL.
 4. Dentro de otros tres tubos de concentración 19 sencilla se añadió 0.1 mL de la dilución 10-1, para ser depositados en una incubadora a una temperatura de 35 ± 2 °C, por un tiempo de 24 ± 2 h.
 5. Cuando no se presentó la formación de gas la incubación se prolongó a 48 ± 2 h.
 6. Una vez realizada la prueba presuntiva, si existe la formación de gas en los tubos incubados, se procedió a la segunda etapa; conocida como prueba confirmativa en donde se preparó el medio de cultivo Ec (*Escherichia coli*); con las instrucciones del fabricante.
 7. En tubos de 16 x 160 mm, con campana de fermentación (Campana Durham) y tapones metálicos se distribuyeron 10 mL de este medio de cultivo en cada tubo.
 8. En seguida los tubos se esterilizaron por medio de una autoclave durante un tiempo de 15 min a 121 ± 1.0 °C.
 9. De cada tubo que presentó formación de gas, se tomó 0.1 mL y se incubó en un nuevo tubo con 10 mL del medio de confirmación (medio de cultivo Ec).
 10. De igual 20 manera se incubaron a 35 ± 2 °C por un tiempo de 24 ± 2 h y, si en las condiciones dadas no se observaba formación de gas, la incubación se prolongaba por un periodo de 48 ± 2 h.
 11. Como prueba confirmativa de cada tubo positivo, con formación de gas, se sembró con asa bacteriológica en medio de cultivo MacConkey, se pusieron en incubación a 35°C por 24 h.
 12. Transcurrido el tiempo de incubación se revisaron las cajas petri en busca de k (colonias Rojas-Rosa, no mucoide, rodeadas por una zona de precipitado biliar). Para la identificación de *E. coli*.

5.4.2 Determinación de *Salmonella* spp.

1. Se tomaron 25 de gramos de la harina de Cucaracha y se agregaron en un frasco con 225 mililitros de caldo lactosado estéril, se mezcló por 2 minutos y luego se metió a incubar a 35 ± 2 °C de 24 h \pm 2 h.
2. Después de la incubación se mezcló y transfirieron 1.0 mL de la misma a 10 mL de caldo selenito cistina y caldo tetratonato respectivamente.
3. Después se incubó durante 24 horas +/- 2 horas a 35 ± 2 °C.
4. Pasado el tiempo de incubación se mezclaron los tubos y para después estriar (asa 3mm) en agar Verde Brillante (VB), a partir de caldo tetratonato y repetir con caldo selenito cistina.
5. Se incubó por 24 +/- 2 horas a 35°C. Después de la incubación las placas se examinaron en busca de colonias sospechosas de *Salmonella* spp.
6. La morfología colonial de la *Salmonella* spp es específica para cada agar; a continuación, se presentan estas características:

Agar VB: Las colonias típicas de *Salmonella* spp aparecen como colonias de color rosa a blanco, opacas rodeadas por el rojo brillante del medio. Los pocos microorganismos que crecen en este medio que son fermentadores de lactosa o sacarosa, son fácilmente identificables debido a la formación de colonias amarillas-verdes rodeadas de una intensa zona de color amarilla-verdosa.

5.5 Análisis de digestibilidad

- Se utilizó harina de cucaracha de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*).
- Se extrajo contenido del proventrículo de pollos (enzimas digestivas) y se conservó a baño maría a 39°C
- Para realizar la incubación; en una gradilla se colocaron 45 tubos de ensayo con 100 mg de la muestra, con 5 ml de líquido enzimático, más 5 testigos con 100 mg de la muestra y 5 ml de agua destilada

- Después las muestras fueron incubadas en baño maría a 39 °C por 6, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 horas
- Al término de las 72 horas de incubación se filtró el contenido de cada recipiente a través de papel filtro Whatman No. 4, el residuo fue secado a 100 °C y pesado (figura 7), este peso se restó del peso original del sustrato y con ello se determinó la digestibilidad *in vitro* a 72 horas de incubación (DIV₇₂).

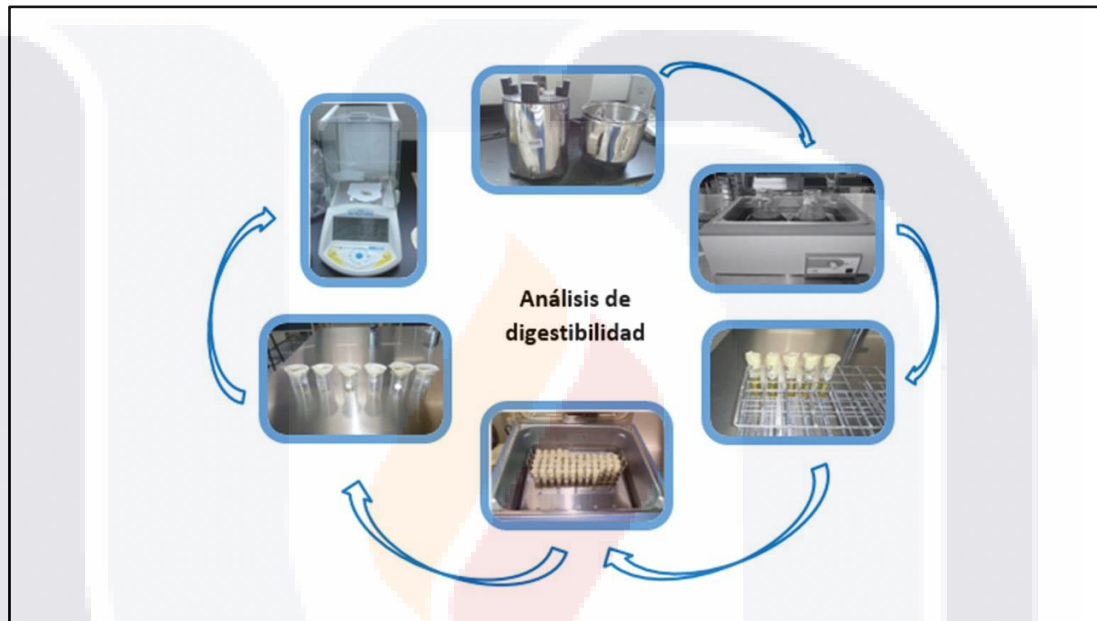


Figura 4. Determinación y análisis de digestibilidad de la harina.

5.6 Alimentación de pollos con harina de cucaracha de Madagascar.

Se utilizaron 99 pollos de la línea Ross de cinco días de nacidos, con un peso inicial promedio de 100 g, y contaban con la vacuna de Newcastle ocular y la triple aviar preventiva. Para la recepción de los pollos al módulo avícola se preparó el sistema de iluminación el cual fue continuo, se utilizaron 2 focos de 100 watts por cada repetición a una altura de 60 cm subiéndolos 5 cm por semana durante todo el experimento.

Cada repetición consistió de 11 pollos en un espacio de 1.0 m², la cama de paja con 5 cm de espesor, un comedero de tolva y un bebedero de 4 litros. Al inicio del experimento se les suministró Spectrum (Antibiótico para prevenir el resfriado) a la llegada. Posteriormente a los diez días se suministró antibiótico Daimetroprim en el agua y Vitafort-A. A los 20 días se aplicó Avefenicol en el agua. 7 días después se vacunó contra Newcastle vía ocular.

La distribución fue completamente al azar en tres tratamientos, con 3 repeticiones cada uno. Los tratamientos fueron: T1= Dieta Control, T2= Dieta control + 5% de harina de Cucaracha de Madagascar, T3= Dieta control + 10% de harina de Cucaracha de Madagascar. La duración del experimento fue de 28 días, donde la primera semana fue de adaptación.

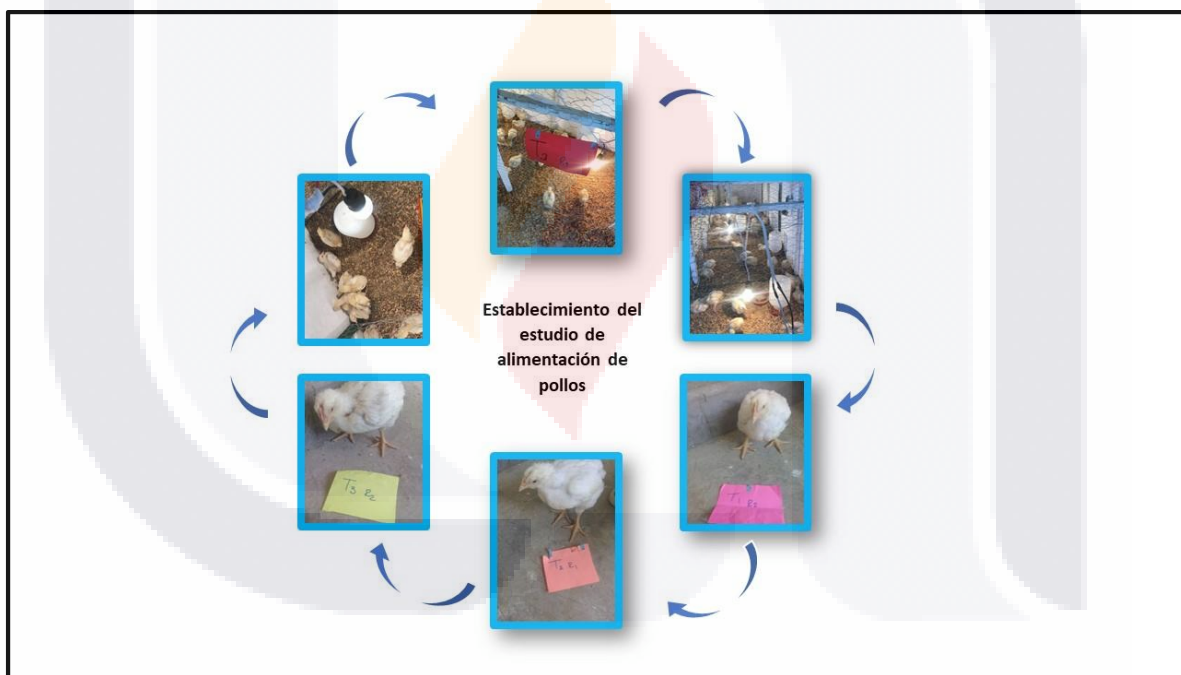


Figura 5. Establecimiento del estudio de alimentación de pollos con harina de cucaracha de Madagascar.

5.6.1. Análisis de las dietas experimentales

El sorgo, la pasta de soya y la harina de cucaracha usados en todas las dietas experimentales fueron primero analizados mediante un análisis químico proximal para conocer su contenido nutricional. Estos análisis se realizaron; en el laboratorio

del departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Guanajuato. Una vez realizado el análisis de estos alimentos, se elaboraron dietas para la etapa de iniciación adicionadas con harina de Cucaracha de Madagascar (*Grompadhorina portentosa*).

Las dietas fueron isoproteicas e isoenergéticas, se formularon en base a sorgo y pasta de soya con la finalidad de cubrir los requerimientos de aminoácidos, energía, vitaminas y minerales para los pollos de engorde de acuerdo con los requerimientos en las tablas del National Research Council (NRC, 1996).

Cuadro 4. Dietas experimentales de iniciación utilizada para pollos de engorde con diferencia en niveles de harina de Cucaracha de Madagascar medidas en porcentajes.

Dieta de iniciación 1-28 días			
	T1	T2	T3
Sorgo	61.34	62.22	62.33
P. Soya	31.65	30.50	27.33
A. Crudo	3.0	3.04	3.05
Harina de Cucaracha de Madagascar	0	1.60	3.21
Lisina	0.265	0.26	0.26
Treonina	0.088	0.089	0.089
CaCO3	1.58	1.60	1.60
Fosfato	1.46	1.48	1.48
Prem. Vitan	0.30	0.30	0.30
Sal	0.35	0.35	0.35

T1= 0% de Harina de Cucaracha de Madagascar (Testigo), T2 = 5 % de Harina de Cucaracha de Madagascar, T3 = 10% de Harina de Cucaracha de Madagascar.

5.7 Variables evaluadas

5.7.1. Consumo de alimento

Se midió de forma semanal y se obtuvo por diferencia entre el alimento ofrecido y el alimento rechazado dividido entre el número de aves por día, se reporta en (g/animal⁻¹).

5.7.2 Ganancia diaria de peso

Se pesó cada uno de los pollos con una báscula de reloj comercial capacidad de 10 kg, el pesado se llevó a cabo cada siete días durante tres semanas.

5.7.3 Conversión alimenticia

Se obtuvo semanalmente dividiendo el alimento consumido (kg) entre el peso vivo obtenido (kg)

5.8 Análisis estadístico

Las variables de respuesta se analizaron con un diseño completamente al azar bajo el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : Variable de respuesta en el i ésimo tratamiento de la j ésima repetición.

μ : Media general

T_i : Efecto del i -ésimo tratamiento (niveles de harina de cucaracha de Madagascar)

E_{ij} : Error aleatorio

Los datos se analizaron mediante PROC GML, (SAS, 1998) y para la comparación de medias entre tratamientos se realizó con el procedimiento de Tukey (Steel y Torrie, 1988).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Análisis químico Proximal de la Harina de Cucaracha de Madagascar

Ramos Elorduy en sus análisis para otros grupos de insectos como lo son chapulines y hormigas. Ramos Elorduy menciona que 100 gramos de chapulines

contienen de 62 a 75% de proteínas. Mitsuhashi (2004), menciona que, por ejemplo, 100 gramos de orugas secas contienen 53% de proteína, pero dice que la composición química de los insectos varía dependiendo el estado de desarrollo y el sexo, aunque sean de la misma especie, pero deben estar situadas entre el 30 y 75% de contenido de proteína. La composición proximal de las cucarachas ha sido estudiada por Sharipo (1985) registrando valores de proteína del 50%, aunque no se justifica como fue obtenida la muestra y que especie fue la utilizada. Ballinas en el 2009 reporta que encontró 57.89 de porcentaje de proteína en cucaracha (*Periplaneta americana*). En cambio, los datos obtenidos que se registran en esta investigación se refiere a una harina integral de cucaracha de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*) dicho insecto fue lavado, deshidratado y molido. Por lo cual se aprecia que los valores de proteína, cenizas. Hasta el momento se ha realizado la determinación de proteína y cenizas de la HC (Fig. 6).

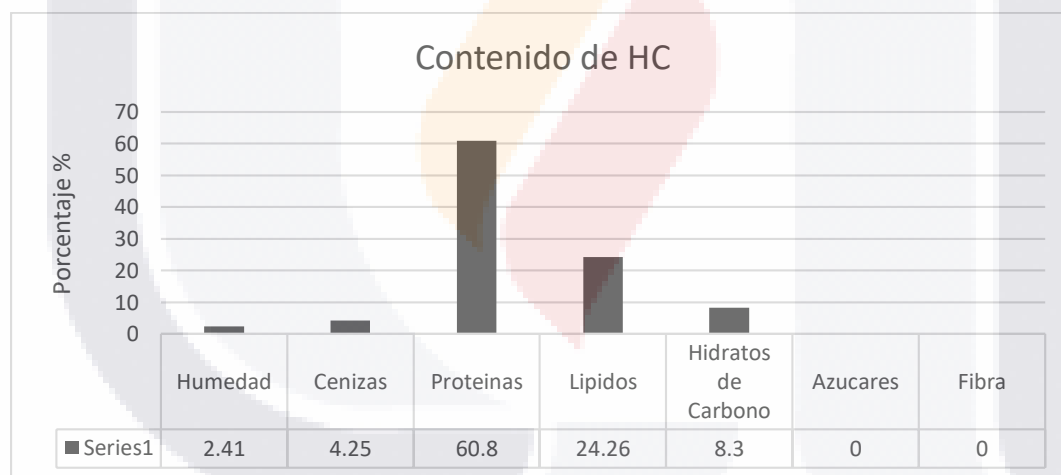


Figura 6. Contenido proteico de Harina de Cucaracha (HC).

6.2 Análisis microbiológico de harina de cucaracha de Madagascar

Según Ramos (2003), en estudios efectuados con insectos la cutícula que recubre su cuerpo posee sustancias antibacteriales y por ello las posibilidades de microorganismos patógenos son limitadas. Esto aún no se ha establecido con detalle, pero hasta ahora no se ha reportado la presencia de *Salmonella* spp., coliformes fecales y mesófilos aerobios, así mismo Arango (2004) en un estudio con

larvas de moscas no encontró presencia de estas bacterias. En la harina de cucaracha considerada en este trabajo y referente al análisis microbiológico (*Salmonella* spp y *Escherichia coli*) realizado a la harina de cucaracha de Madagascar; se obtuvo como resultado la Ausencia de ambos microorganismos patógenos. El resultado para los análisis microbiológicos (*Salmonella* spp y *Escherichia coli*) realizado fue “No Detectable” en ambos microorganismos patógenos, según Ramos, (2003), los insectos presentan una calidad microbiológica aceptable, lo cual le proporciona un valor agregado a la harina obtenida de cucaracha de Madagascar.

6.3 Digestibilidad de harina de Cucaracha de Madagascar

La digestibilidad promedio a las 6 horas fue de 14.4 %, mientras que la más alta se reportó a las 72 horas con una digestibilidad de 33.9%, como se muestra en la figura 7.

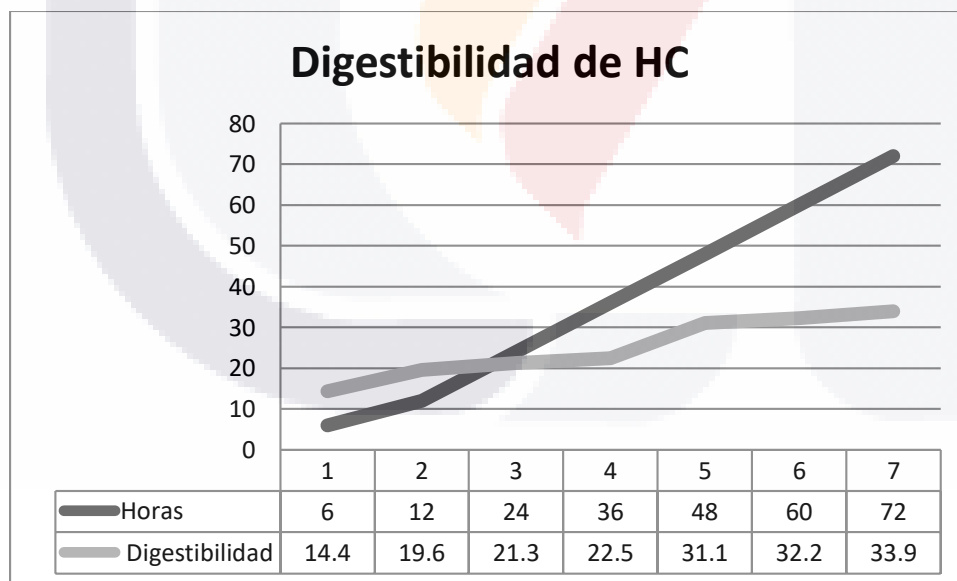


Figura 7. Digestibilidad de Harina de Cucaracha de Madagascar

Comparando los resultados obtenidos en este experimento, se puede mencionar que son aceptables, se obtuvo un valor positivo estadísticamente de ($P < 0.0001$).

En este estudio se encontró una alta digestibilidad de la de la harina de cucaracha de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*, cerca del 40 %, con un valor positivo estadísticamente de $P < 0.0001$). Ramos (1987) menciona que la digestibilidad aproximada de la materia seca que se encuentra en las especies insectiles se expresa en gramos, en el cual encontró un rango de digestibilidad en diferentes insectos que va de 33% a 95.21% de la cual es aceptable para la inclusión de estas harinas en dietas alimenticias, sin embargo Ballinas y col (2009) menciona que se debe tener en cuenta que en el proceso de digestión animal intervienen otras proteasas además de la pepsina, lo cual podría incrementar la digestibilidad. Por lo que se puede decir que tiene un gran potencial como harina para alimentación de pollo, además de tener un alto nivel de proteínas, según lo mostrado en el estudio anterior.

6.4 Evaluación de parámetros productivos en pollos suplementados con harina de cucaracha de Madagascar

6.4.1 Consumo de alimento

El consumo de alimento (Cuadro 5) mostró diferencias ($p \geq 0.05$), por efecto de los diferentes tratamientos adicionados con 0, 5, 10 % de harina de Cucaracha de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*) en dieta para pollos de engorda en la etapa de iniciación. Sin embargo, en el T3 (10 %) se presentó mayor consumo en esta etapa, en comparación con los tratamientos 1 y 2. Ballinas, y col., (2009) en un estudio analizaron los efectos de harina de Cucaracha Americana (*Periplaneta americana*) en el cual indican que el uso de esta cucaracha para pollos de engorda en etapas de iniciación con, 0, 10, 20, 30% no encontraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en esta variable; A pesar que los niveles de inclusión de la harina sobrepasan los de la presente investigación, así mismo se puede observar que el tratamiento 3 con un nivel de inclusión de harina de Cucaracha del 10% sobre la dieta, fue más consumido por los pollos, esto a la aceptable palatabilidad del

alimento, así mismo se puede apreciar que el promedio de consumo de alimento fue aumentado conforme iban creciendo los pollos, a mayor edad mayor demanda de consumo.

Cuadro 5. Consumo de alimento (g animal⁻¹) en pollos Ross en la etapa de iniciación alimentados con dietas adicionadas con harina de Cucaracha de Madagascar.

CONSUMO DE ALIMENTO

Etapa	Tratamiento	Semana		
		1	2	3
Iniciación	T1 (0%)	40.0 ^a	45.0 ^a	60.9 ^a
	T2 (5%)	41.3 ^b	48.0 ^b	62.0 ^b
	T3 (10%)	42.4 ^c	49.2 ^c	63.0 ^c
Promedio		41.1	47.4	62.1
CV		0.42	0.42	0.19

^{a b c} hubo diferencias significativas entre tratamientos (p ≥0.05)

C.V. = Coeficiente de variación

6.4.2 Ganancia de peso

En el cuadro 6 se muestra la ganancia de peso en la etapa de iniciación en donde, se observó que no hubo diferencias (p≥0.05) entre tratamientos adicionados con Harina de Cucaracha de Madagascar durante la primera semana. La diferencia que se observa, se debe probablemente al cambio de la dieta. Comparando la presente investigación con la de Ballinas y *col.*, (2009) con la variable ganancia de peso podemos identificar que en el trabajo que ellos realizaron los animales tuvieron una mejor ganancia de peso, en cuanto al promedio consumido por semana se puede observar que la mayor ganancia de peso se obtiene durante la primer semana, Santiago (2011) en un trabajo en dietas con harina de sorgo-soya menciona que no hay diferencias en cuanto a los niveles de proteínas ya sean altos o bajos los niveles de las mismas.

Cuadro 6. Ganancia de peso promedio (g animal⁻¹) en pollos Ross en la etapa de iniciación alimentada con dietas adicionadas con harina de Cucaracha de Madagascar.

Etapa	Tratamiento	Semana		
		1	2	3
Iniciación	T1 (0%)	23.9 ^a	17.1 ^a	7.4 ^a
	T2 (5%)	25.6 ^a	17.7 ^a	7.2 ^a
	T3 (10%)	28.9 ^a	21.6 ^a	6.6 ^a
Promedio		26.1	18.8	7.1
CV		19.8	45.0	99.5

^{a b c} Representan diferencias significativas entre tratamientos ($p \geq 0.05$)

C.V. = Coeficiente de variación

6.4.3 Conversión alimenticia

En cuanto a la conversión alimenticia (Cuadro 7) se observó que existen diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre tratamientos por efecto de la adición de diferentes niveles de harina de Cucaracha de Madagascar (0, 5, 10 %); sin embargo, los valores de conversiones se ven aumentadas conforme avanzaban las semanas durante toda la fase experimental, en la semana 1 y 2 no existen diferencias entre los tratamientos en cuanto a la conversión alimenticias, sin embargo en la semana 3, mostrando un mejor resultados los tratamientos 2 y 3 con respecto al tratamiento testigo, los resultados son similares a lo reportado por Cuca (2009), si se comparan los resultados con la investigación de Ballinas y col., (2009), indican que los valores en cuanto a conversión alimenticia fueron menores (2.15, 1.76 y 1.84) con respecto a los reportados en esta investigación.

Cuadro 7. Conversión alimenticia en pollos Ross en la etapa de iniciación alimentados con dietas adicionadas con harina de Cucaracha de Madagascar.

Etapa	Tratamiento	Semana		
		1	2	3
Iniciación	T1 (0%)	8.7 ^a	10.7 ^a	8.3 ^a
	T2 (5%)	9.2 ^a	10.8 ^a	9.5 ^{ab}
	T3 (10%)	10.0 ^a	12.1 ^a	10.6 ^b
Promedio		9.3	11.2	9.5
CV		8.7	7.7	8.2

^{a,b} hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p \geq 0.05$) C.V. = Coeficiente de variación.



7. CONCLUSIÓN

La Harina de Cucaracha (*Gromphadorhina portentosa*), puede considerarse una alternativa, como fuente de proteína, para la alimentación de pollos de engorda, por sus altos niveles de proteína, ya que los niveles aptos de los insectos va de 55.6 al 95 % y estos pueden incorporarse a la dieta para estos animales.

En cuanto a la información nutrimental se considera buena, ya que se encuentra dentro de los parámetros de niveles más altos de proteína, con el fin de sustituir a algunas harinas comerciales ya que cumple con los requerimientos nutricionales para que pueda ser empleada en dietas para pollos.

Con respecto a la sanidad de la harina se puede recomendar, ya que esta se encuentra dentro de los niveles permitidos por las normas mexicanas de sanidad e inocuidad en cuanto refiere a alimentos para que estos puedan ser consumido tanto como para animales y como para personas.

Así mismo se puede mencionar que es una harina de buena digestibilidad, eso queriéndonos decir que es buena en cuanto el animal aproveche al máximo las propiedades nutricionales de la harina.

En cuanto a los parámetros productivos evaluados, aunque no haya existido diferencia significativa en ganancia diaria de peso, la ganancia de peso se encuentra dentro de los rangos establecidos en literatura como aceptables.

Por lo antes mencionado se desea seguir con las metodologías de esta investigación, ya que se intenta contribuir a la búsqueda de alternativas nutricionales que ayuden a cubrir las necesidades de pollos de forma directa y las necesidades alimenticias humanas de forma indirecta.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Agrawal, O.P. 1981. Study on the parameters of digestion in *Periplaneta americana* L. *Experientia*. 37 (8): 840-42.
- Arango Gutiérrez G. 2004. Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de *Hermelia illuscens* L (díptera:Stratiomyidae) en Angelópolis-Antioquia, Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
- Arango Gutiérrez G. 2005. Los Insectos: Una materia prima alimenticia promisorio contra la hambruna. *Revista Lasallista de Investigación*. Antioquia, Colombia. 2(001): 33-37.
- Arrington, L. 2008. Nutrición de pequeñas parvadas de pollos. Universidad de Florida, aspectos del valor nutritivo de alimentos venezolanos destinados a animales monogástricos. *Livestock Research for Rural Development*. Vol. 13
- Assemi, H., Rezapanah, M, Vafaei-Shoushtari, R. and Mehrvar, A. 2012. Modified Artificial Diet for Rearing of Tobacco Budworm, *Helicoverpa armiger*, using the Taguchi Method and Derringer's Desirability Function. *J Insect Sci*. 12: 100.
- Austic, E. R y Nesheim M.C, 1994. Producción avícola. Ed. Manual Moderno. Pag 16, 207.
- Ballinas y col., 2009. Evaluación nutricional de la proteína de cucaracha (*Periplaneta americana*) en pollos de engorda. 63-64pp.
- Bohannon, J. 2003. Madagascar Takes the Bohemian of Biology. *Science*, 301/5641: 1835-1837.
- Carson, C. A. 2001. Formalizing Insect Rearing and Artificial Diet Technology. *American Entomologist*. 47(4): 198-206.
- Castellanos E. 2006. Área: producción animal. (Manual para educación agropecuaria). Ed. Trillas. 2da edición. Impreso en México. Pag. 64,65
- Clark, D., A. Moore. 1994. Social Interactions and Aggression Among Male Madagascar Hissing Cockroaches (*Gromphadorhina portentosa*) in Groups (Dictyoptera: Blaberidae). *Journal of Insect Behavior*, 7/2: 199-215.
- Clark, D., A. Moore. 1995. Genetic Aspects of Communication During Male Competition in the Madagascar Hissing Cockroach: Honest Signaling of Size. *Heredity*, 75: 198-205.

- Clark, D., A. Moore. 1995. Social Communication in the Madagascar Hissing Cockroach: Features of Male Courtship Hisses and a Comparison of Courtship and Agonistic Hisses. *Behavior*, 132: 5-6.
- Clopton, R. 1995. Hissing Cockroach, *Gromphadorhina portentosa*. *Invertebrate Biology*, 114/4: 271-278.
- Copeland, M. 2003. *Cockroach*. London: Reaktion Books.
- Cuca. E., Ávila G. y A. Pro M, 1996. Alimentación de las aves. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. Edo de México, pp. 54,56, 99,154
- Cuca, McAuliffe, T. J. González y Devilat. 2009. Dietas con harina de pescado para pollos. Resúmenes IV Reunión A.L.P.A. Guadalajara, Jal. México. 12 pp.
- Defoliart Gene R. 1989. The human use of insects as food and as animal feed. *Bulletin of the Entomology Society of America*.
- Diaz del Castillo, B. 2005. *Historia Verdadera de la Conquista de la Nueva España*. El Colegio de México, México.
- Domínguez, F. U. 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. Roma, FAO 167-173 pp.
- DUBOIS, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A y Smith, F. (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances, *Analytical Chemistry*, 28:3:350-356
- Elvira, S., Gorria, N., Muñoz, D., Williams, T. and Caballero P. 2010. A Simplified Low-Cost Diet for Rearing *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) and Its Effect on *S. exigua* Nucleopolyhedrovirus Production. *J. Econ. Entomol.* 103(1): 17-24.
- Erens, J., Es van, S., Haverkort, F., Kapsomenou, E. and Luijben, A. 2012. A Bug's Life Large-scale insect rearing in relation to animal welfare. Wageningen University
- FAO. 2014. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 57(3): DOI:10.1002/mnfr.201200735
- Folch, J., Lees, M., Sloane - Stanley, G. H. (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. C hem.*, 193: 265 – 275
- FRANCO, W.J. 1990. Métodos de análisis utilizados para la evaluación de proteína. CINVESTAVIPN. México, D.F.
- Fraser, J., M. Nelson. 1984. Communication in the Courtship of the Madagascar Hissing Cockroach: Normal Courtship. *Animal Behavior*, 32: 194-203.

- Ghaly A.E. and F.N. Alokoaik. 2009. The yellow mealworm as a novel source of protein. American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 4 (4): 319-331.
- Gonzalvo, Bustillo, Fernandez. 2001. Determinación de la calidad proteica de la lombriz roja, con pollos Ross. Chapingo, Edo de México: Colegio de Postgraduados.
- Gordon, D. 1996. The Complete Cockroach. Berkeley, California, USA: Ten Speed Press.
- Guthrie, D., A. Tindall. 1968. The Biology of the Cockroach. London: Edward Arnold Publishers Ltd.
- Hanboonsong Yupa, Tasanaee Jamjanya and Patrick B. Durs. 2013. Six legged livestock: edible insect farming, collection and marketing in Thailand. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok.
- INRA (Institute National de la Recherche Agronomique).2001. Oligoéléments croissance et santé du poulet de chair. INRA Prod. Anim.14: 171-180.
- JAMES C.S., Analytical Chemistry of Foods. Second Edition, ASPEN Publishers. New York 1999.
- Jacque's, H.E. 1973.The insects. 2nd.Ed. Pictured key nature series, Dubuque, Iowa, USA. 75.
- Jhonson S. 1998. The use of magnesium in the nutrition of chickens of gets fat to roast.
Journal Animal Science
- KIRK R.S., Sawyer, R y Egan H. "Composición y Análisis de Alimentos de Pearson". Segunda edición. Editorial CECSA. México 1996.
- Matthews, R., J. Matthews. 1978. Insect Behavior. New York: John Wiley & Sons.
- McDonald. P., Edwards R.A., Greenhalgh J.F.D., Motgan C.A. 2006. Nutrición Animal. 6ta Edición. Ed. Acribia, S.A. Impreso en España. P.486,490
- Metcalf, F.C.L. & W.P. Flint. 1982. Insectos destructivos e insectos útiles, sus costumbres y su control. 4ª. Ed. CECSA, México, DF, 1208.
- Milius, S. 2002. Meeting Danielle the Tarantula. Science News, 161/6: 90-92.
- Miller, J. 1977. Society for the Science and the Public. Science News, 112/21: 344.
- Milsaponia, 2010. Criadero de alimento vivo y de mascotas exóticas. <http://mascotasexoticasmilsaponia.blogspot.mx/2010/07/nombre-cientifico-gromphadorhina.html>, publicado el 10 de Julio de 2010.
- Montiel V. C. 2013. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets: a feasibility study. Wageningen UR Livestock Research, 14:19-25pp.

- Mulder, P. 2008. "L-278: Madagascar Hissing Cockroaches: Information and Care" (On-line). OSU Ag in the Classroom. Accessed December 17, 2008 at <http://agweb.okstate.edu/fourh/aitc/lessons/extras/cockroach.pdf>.
- National Geographip. 2018. Cucaracha gigante de Madagascar, <https://www.nationalgeographic.es/animales/cucaracha-gigante-de-madagascar>. El día 20 de mayo de 2018.
- Nakagaki, B.J., Sunde, M.L. and Defoliart, G.R. 1987. Protein Quality of the House Cricket, *Acheta domesticus*, When Fed to Broiler Chicks. *Poultry Science* 66:1367-1371.
- Neuman C. I. 2001. Alimentación de los Animales Monogastricos. España: Ediciones Mundi-Prensa. 283 pp.
- Notimex, 2016. Científicos determinan contenido de proteína de la cucaracha de Madagascar Consultado en <http://www.cronica.com.mx/notas/2016/957656.html> el día 30 de mayo de 2016.
- Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.
- Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.
- NRC. National Research Council. The Nutrient Requirements of Poultry. 9th ed. Washington DC, USA: National Academy Press, 1996.
- Pérez, Y. 2010. Aporte de aminoácidos evaluados en harina de pluma. México, D.F. 17:19- 25pp.
- Quirantes A.E. 2012. Cucaracha de Madagascar. Animales de compañía extraños. <http://animalesdecomex.blogspot.com/> publicado el 20 de noviembre de 2012.
- Rahman Jabir M.D., Razak S.A and Vikineswary S. 2012. Nutritive potential and utilization of super worm (*Zophoba morio*) meal in the diet of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile. *African Journal of Biotechnology*. 11(24):6592-6598.
- Ramos, 1987. Digestibilidad *in vitro* de algunos insectos comestibles en Mexico,6-7pp.
- Ramos Elorduy J. (1987). Los insectos como fuente de proteínas en el futuro. 2da. Edición, Noriega Limusa, México, D.F., pp. 19, 79, 106, 112, 113.
- Ramos- Elorduy, J. y J.M. Pino M. 1989. Los Insectos Comestibles en el México Antiguo. Editorial AGT, México.
- Ramos, Elorduy Julieta. Insectos como fuente de proteína y sus aplicaciones. En: CONGRESO DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA (30:

- 2003: Cali). Memorias del XXX Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Cali: SOCOLEN, 2003. p. 38
- Ramos-Elourdy y S. Cuevas. 2000. Análisis preliminar de la fauna empleada tradicionalmente, expuesta en el mercado de Sonora, en el Distrito Federal, México. *Revista de Ciencias Veterinarias* 16(5-6):25-28.
- Ravzanaadii, (2012). Nutritional Value of Mealworm, Tenebrio molitor as Food Source. Nergui, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Republic of Korea*
- REIAV. 2014. Nutritional Ecology. The United States of America: Cornell University Press. 43-36 pp.
- Rosales Martinez M.T. 2017. Propuesta manual y traslado de reptiles caso UADYET EXOTICS, Instituto Politecnico Nacional. P. 29.
- Ryan, J., G. Creighton, L. Emmons. 1993. Activity Patterns of Two Species Nesomys in a Madagascar Rain Forest. *Journal of Tropical Ecology*, 9: 101-107.
- Sahagún, F.B. de. 1946. Historia General de las Cosas de la Nueva España. Editorial Nueva España, México.
- Shapiro, JP., JH. Law & MA. Wells. 1985. "Lipid transports in insects", in *Ann. Rev. Entomol.* 33:297- 318.
- SAGARPA.2016. Programa Sanitario 2016-2018/Aguascalientes, pp. 65.
- Santiago, G., R. 2011. Evaluacion de tres programas de aliemntacion para pollos de engorda con base en dietas sorgo-soya con distintos porcentajes de proteínas pp.6.
- Saylor, W.W.2001.Tecnicas de reducción de fosforo: manejo nutricional en pollo de engorda. *Industria avícola*. No. 5:24-31
- SIAP. 2014. Producción de pollo de engorde a nivel nacional.
- Sparks.1995. Effect of the calcium in the nutrition in broilers. *Journal animal Science*.
- Spencer, W. and Spencer, J. 2006. Management Guideline Manual for Invertebrate Live Food Species. European Association of Zoos and Aquaria.
- Sreng, L. 2005. Cockroach Mating Behaviors, Sex Pheromones, and Abdominal Glands (Dictyoptera: Blaberidae). *Journal of Insect Behavior*, 6/6: 715-735.
- Tejada, 1992. Evaluación nutricia de la proteína de cucaracha (Periplaneta americana) en pollos de engorda. 61-62pp.
- USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). 2014. Producción de pollo de engorde a nivel internacional.

- Van Huis Arnold, Joost Van Itterbeeck, Klunder Harmke, Esther Mertens, Afton Halloran, Giulia Muir and Paul Vantomme. 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Van Soest, P.J. Robertson, J.B. y Lewis, B.A. 1991. Methods of dietary fibers, and nonstarch polysaccharides in relations to animal nutrition. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 74:3583-3597.
- Velázquez I. (2001). Flores e insectos en la dieta prehispánica y actual de México. Facultad de Administración de la BUAP. Puebla.
- Xiaoming Chen, Feng Ying, Zhang Hong and Chen Zhiyong. 2008. Review of the nutritive value of edible insects. Proceeding of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development. 19-21 February.
- Yoder, J., and N. Grojean. 1997. Group Influence on Water Conservation in the Giant Madagascar Hissing-Cockroach, *Gromphdorhina portentosa* (Dictyoptera: Blaberidae). *Blackwell Science*, 22: 79-82.



9. ANEXOS

Salidas de análisis de varianza de ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y consumo de alimento.

Apéndice 1. Análisis de varianza de la variable ganancia diría de peso, para la evaluación 1 a la primera semana.

Fuente de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prob F	
Tratamiento		3	38.8906566	9.7226642	<.0005
Error		4	107.1423921	26.7855980	
Total		8	146.0330488		
C.V.	19.81294				

Apéndice 2. Análisis de varianza de la variable ganancia diría de peso, para la evaluación 2 a la segunda semana.

Fuente de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prob F	
Tratamiento		3	49.8514110	12.4628528	<.0005
Error		4	289.4990514	72.3747629	
Total		8	339.3504625		
C.V.	45.09008				

Apéndice 3. Análisis de varianza de la variable ganancia diría de peso, para la evaluación 3 a la tercera semana.

Fuente de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prob F	
Tratamiento		3	83.2155774	20.8038943	<.0005
Error		4	201.2197027	50.3049257	
Total		8	284.4352801		
C.V.	99.56286				

Apéndice 4. Análisis de varianza de la variable conversión alimenticia, para la evaluación 1 a la primera semana.

Fuente de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prob F	
Tratamiento		3	2.91451326	0.72862831	<.0005
Error		4	2.65265478	0.66316369	
Total		8	5.56716803		
C.V.	8.739383				

Apéndice 5. Análisis de varianza de la variable conversión alimenticia, para la evaluación 2 a la segunda semana.

Fuente de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prob F	
Tratamiento		3	4.57814093	1.14453523	<.0005
Error		4	3.15289792	0.78822448	
Total		8	7.73103886		
C.V.			7.887043		

Apéndice 6. Análisis de varianza de la variable conversión alimenticia, para la evaluación 3 a la tercera semana.

Fuente de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prob F	
Tratamiento		3	8.08704041	2.02176010	<.0005
Error		4	2.43170279	0.60792570	
Total		8	10.51874320		
C.V.			8.200356		

Apéndice 7. Análisis de varianza de la variable consumo de alimento, para la evaluación 1 a la primera semana.

Fuente de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prob F	
Tratamiento		3	8.89777778	2.22444444	<.0005
Error		4	0.12444444	0.03111111	
Total		8	9.02222222		
C.V.			0.428693		

Apéndice 8. Análisis de varianza de la variable consumo de alimento, para la evaluación 2 a la segunda semana.

Fuente de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prob F	
Tratamiento		3	29.21777778	7.30444444	<.0005
Error		4	0.16444444	0.04111111	
Total		8	29.38222222		
C.V.			0.427360		

Apéndice 9. Análisis de varianza de la variable consumo de alimento, para la evaluación 3 a la tercera semana.

Fuente de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prob F
Tratamiento	3	10.40444444	2.601111111	<.0005
Error	4	0.05777778	0.014444444	
Total	8	10.46222222		
C.V.		0.193396		

