

00322
10

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO



FACULTAD DE CIENCIAS

EMPLEO DE LA CUCARACHA (*Periplaneta americana* L.) COMO SUSTITUTO DE PROTEINA EN LA ALIMENTACION DE POLLOS DE ENGORDA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A :
CARLOS ALBERTO ANGELES PEREZ

DIRECTOR DE TESIS: DRA. JULIETA RAMOS-ELORDUY BLAZQUEZ



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PAGINACIÓN DISCONTINUA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

Empleo de la cucaracha (*Periplaneta americana* L.) como sustituto de proteína en la alimentación de pollos de engorda.

realizado por Angeles Pérez Carlos Alberto

con número de cuenta 9354895-7 , quién cubrió los créditos de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

[Firma]
Dra. Julieta Ramos-Elorduy Blásquez

Propietario

[Firma]
Dr. Ernesto Ávila González

Propietario

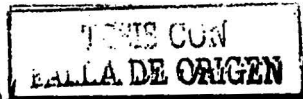
[Firma]
Dr. José Manuel Pino Moreno

Suplente

[Firma]
Biol. José Javier García Figueroa Morales

Suplente

[Firma]
Dra. Rosa Gabriela Castaño Meneses



Consejo Departamental de Biología

[Firma]
M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chavez

FACULTAD DE CIENCIAS
U. N. A. M.



DEPARTAMENTO
DE BIOLOGÍA

ST. ROACH

By: Muriel Rukeyser
The Gates, McGraw-Hill, 1976

For that I never knew you, I only learned to dread you,
for that I never touched you, they told me you are filth,
they showed me by every action to despise your kind;
for that I saw my people making war on you,
I could not tell you apart, one from another,
for that in childhood I lived in places clear of you,
for that all the people I knew met you by
crushing you, stamping you to death, they poured boiling
water on you, they flushed you down,
for that I could not tell one from another
only that you were dark, fast on your feet, and slender.

Not like me.

For that I did not know your poems
And that I do not know any of your sayings
And that I cannot speak or read your language
And that I do not sing your songs
And that I do not teach our children
to eat your food
or know your poems
or sing your songs

But that we say you are filthing our food
But that we know you not at all.

Yesterday I looked at one of you for the first time.
You were lighter than the others in color, that was
neither good nor bad.

I was really looking for the first time.
You seemed troubled and witty.

Today I touched one of you for the first time.
You were startled, you ran, you fled away
Fast as a dancer, light, strange and lovely to the touch.
I reach, I touch, I begin to know you.

Esta tesis está dedicada a toda mi familia,
especialmente

A mi Madre Marcelina Pérez Paredes

A mi Padre Eusebio Angeles Cibrián

A mi Hermana Gracia Inés Angeles Pérez

A mi Hermano Héctor Alejandro Basilio Pérez

A mi segundo Padre Estaban Basilio Gómez

A mi compañera Dalia Ivette Galicia Mendoza

A mi Primo Efrén Hernández Pérez

Por el amor y confianza que siempre me han brindado

A Tachita

4

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme formado como profesionalista y como persona.

Al Laboratorio de Entomología del Instituto de Biología por haberme dado un espacio para realizar este trabajo.

A la Doctora Julieta Ramos-Elorduy Blásquez por haber dirigido esta tesis, por las innumerables enseñanzas y por su incondicional y valioso apoyo brindado, a usted mi profundo respeto y admiración.

Al Doctor José Manuel Pino Moreno por su valiosa ayuda en la elaboración de esta tesis.
Gracias

Al Doctor Ernesto Ávila Gonzáles por su apoyo brindado en el desarrollo de este trabajo.
Gracias.

Al Biólogo Javier García Figueroa y a la Doctora Rosa Gabriela Castaño Meneses por su valiosa contribución en la corrección de este trabajo. Gracias.

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico por el apoyo económico otorgado

Al personal que labora el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal, en especial al Dr. Benjamín Fuente.

Al casibiólogo Victor Hugo Martínez por su gran ayuda. Gracias.

A la Maestra María Cristina Cruz Pérez por haber revisado y corregido este escrito.
Gracias.

A mis compañeros y amigos: JaEr!, Francisco B., Popoca, Rogelio, Andrés, Ane, Rocío, Lugui, Karla, Paty, Tamara, Fernanda, Baldo, Pique, Rafa, Armando, Pedro, George, Isaquito, Raúl, Ángel, Ramón y demás, por haber estado conmigo en las buenas y en las malas. Gracias.

A la Sra. María Luisa Mendoza, Hilda, Julián padre, Julián hijo, Lore, Jacqueline, Andrés, Jade, Leslie, Juanjo y Odette por el cariño que me han dado.

**EMPLEO DE LA CUCARACHA (*Periplaneta americana* L.) COMO
SUSTITUTO DE PROTEÍNA EN LA ALIMENTACIÓN DE
POLLOS DE ENGORDA**

Angeles Pérez Carlos Alberto
Facultad de Ciencias
Instituto de Biología, UNAM

6

CONTENIDO

Resumen	2
INTRODUCCIÓN.....	3
ANTECEDENTES.....	5
INSECTOS COMESTIBLES.....	5
LA AVICULTURA EN MÉXICO.....	6
NUTRICIÓN AVIAR.....	7
NUTRIENTES.....	7
Proteínas.....	7
Carbohidratos.....	9
Grasas.....	10
Vitaminas.....	10
Minerales.....	11
Agua.....	12
Energía.....	13
INSECTOS COMO SUSTITUTO DE PROTEÍNAS.....	13
INSECTOS EN ALIMENTACIÓN ANIMAL.....	13
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE <i>Periplaneta americana</i> L.....	14
Distribución geográfica.....	14
Hábitos.....	14
Anatomía externa.....	14
Ciclo de vida.....	15
Importancia médica y económica.....	15
CUCARACHAS EN LA TRADICIÓN POPULAR.....	15
<i>Periplaneta americana</i> L. EN LA NUTRICIÓN ANIMAL.....	16
OBJETIVOS.....	17
OBJETIVO GENERAL.....	17
OBJETIVO PARTICULAR.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
Obtención de ninfas.....	17
Elaboración de dietas.....	18
Ensayos de alimentación.....	19
RESULTADOS.....	20
Peso corporal.....	20
Ganancia de peso.....	21
Consumo de alimento.....	21
Índice de Conversión Alimenticia.....	22
ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	22
DISCUSIÓN.....	26
CONCLUSIONES.....	27
LITERATURA CITADA.....	28

Resumen

Uno de los principales problemas a los que se enfrentan los productores en la industria aviar, es el elevado costo de los insumos alimenticios empleados para tener una buena producción. Para abatir estos costos se hace necesario buscar alternativas más económicas de alimentación y, al mismo tiempo de mejor o igual calidad. En este trabajo se empleó a la cucaracha *Periplaneta americana* L., proveniente de cultivos de reciclaje de desechos orgánicos, como fuente proteínica en dietas para pollitos de engorda variedad Arbor Acres, aprovechando así el 45.58% de proteína que posee este insecto en el estadio de ninfa (5).

Los porcentajes de inclusión en la dieta fueron 5%, 10% y 15%, que se compararon con los testigos que no contenían cucaracha. Todas las dietas se balancearon en todos sus componentes, de acuerdo al NRC (1994), sustituyendo a la pasta de soya, principal aporte proteínico en una dieta convencional. El tiempo de experimentación abarcó un total de 14 días sin que se observara en las aves ninguna anomalía física o conductual durante todo el experimento.

Los resultados obtenidos sobre consumo de alimento por ave y ganancia de peso por ave, sirvieron para calcular el índice de conversión alimenticia, resultando muy similares tanto entre los lotes experimentales como con el lote testigo, sin encontrarse diferencias significativas en los análisis estadísticos. Por tal motivo se puede concluir que la cucaracha constituye una alternativa viable en la alimentación avícola.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que aquejan a los países subdesarrollados en la actualidad es la desnutrición. Dentro de toda sociedad, rica o pobre, hay niños hambrientos, quienes consecuentemente no pueden concentrarse en las tareas escolares; madres con falta de peso y que por lo tanto engendran niños enfermizos, y adultos que padecen de hambre crónica y carecen de energía para mantener a sus familias por encima del nivel de subsistencia. El hambre generalizada constituye también un obstáculo fundamental para el desarrollo, ya que impide el crecimiento económico regional y nacional, y mantiene a millones de personas en la pobreza y el subdesarrollo (FAO, 2000).

En regiones donde los alimentos son escasos las madres se encuentran desnutridas y anémicas, por lo que engendran hijos afectados "*in útero*", a esta problemática, se añade que la leche materna es el único alimento hasta los ocho meses de edad y en ocasiones hasta los catorce, y constituyendo el alimento básico hasta cerca de los cinco años (Bourges, 1982). Los investigadores señalan que para no morir, el organismo "se adapta", física y mentalmente a la miseria, a no comer, a reducir sus actividades, a crecer menos y a hacer un ajuste metabólico. La falta de apetito (anorexia) es resultado del hambre misma y propicia la astenia (debilidad que conduce a una pasividad vegetativa). El círculo vicioso se completa con enfermedades infecciosas intestinales y respiratorias, que proliferan en un medio insalubre y encuentran huéspedes propicios en los organismos desnutridos y débiles. Los niños mal alimentados pasan la tercera parte de su vida enfermos y las enfermedades les duran el doble de tiempo que a los demás (Campos, 1995).

La desnutrición causa alteraciones en la absorción, lo que provoca diarrea y las infecciones agudizan la anorexia y la astenia. La reacción a cualquier estímulo es mucho más deficiente; los niños desnutridos se desarrollan con más lentitud, aprenden a andar y a hablar más tarde y su capacidad para aprender se afecta considerablemente. Este fenómeno empieza en la infancia y persiste si continúa la desnutrición. La reducción de la actividad física e intelectual al mínimo, es un mecanismo de autodefensa del organismo, que se "adapta" a la desnutrición para evitar la muerte. La desnutrición altera la maduración orgánica y el desarrollo mental. Esta se da en una amplia gama, que va desde niveles extremos, hasta lo que los especialistas denominan "desnutrición moderada crónica", que afecta a la mayoría de la población.

No es la falta de educación la que genera pobreza, sino la pobreza, la que margina y propicia una carencia de alimentos, que condiciona a su vez la escasa reacción a cualquier estímulo incluyendo los que generan el aprendizaje y el desarrollo intelectual (Campos, 1995).

En nuestro país, como en la mayoría de los países subdesarrollados, la desnutrición es más común y más grave en el medio rural que en el medio urbano, tiene una distribución geográfica definida y afecta mayormente a los grupos más vulnerables; los niños, las embarazadas, los lactantes y los ancianos (Bourges, 1982).

Los indicadores para medir el grado de nutrición son las medidas de crecimiento y peso desde recién nacidos hasta los 5 años de edad; el total de calorías y de proteína consumidos por día y, la mortalidad de menores de un año y de menores de cinco. Tomando en cuenta esto, algunas estimaciones calculan que del 46% al 50% de la población mexicana padece de un grado de desnutrición, de manera que su alimentación puede compararse con la de los habitantes de África, que es la región más pobre del mundo. No puede hablarse de acceso a oportunidades iguales si los pobres no comen lo suficiente; la desnutrición es el desencadenante fatídico de todo el síndrome de privación. El nivel mínimo es de 2,250 calorías diarias para un adulto, según cálculos de la FAO (2000) para las condiciones climáticas de los países en vías de desarrollo como el nuestro; si no se adquieren las calorías necesarias cualquier dosis de proteína se quemará para satisfacer el requerimiento de energía (Roldán, 1992; Moreno-Terrazas, 1990; Bourges, 2000).

La nutrición es el eje del desarrollo, su efecto es desencadenante de mayor subdesarrollo individual y colectivo, un esfuerzo serio por combatir la pobreza tiene que comenzar por atacar la alimentación deficiente (Campos, 1995).

Otro de los problemas graves en nuestro país, es el manejo inapropiado de los desechos sólidos, en la actualidad en México se generan 30 millones 550 mil toneladas de basura al año, de las cuales el 52.4%, o sea, 16 millones 8 mil toneladas son desechos orgánicos, aproximadamente el 55.2% se depositan en rellenos sanitarios, el 44% de esos residuos son depositados en vertederos a cielo abierto (SEDESOL, 1999), lo que genera diversos problemas al ambiente y a las poblaciones cercanas a esos sitios. La nula planeación que por años se ha tenido con respecto al destino final de los desechos domiciliarios e industriales ha provocado que los vertederos a cielo abierto sean ubicados en sitios inadecuados para ese fin, desencadenando, entre otras cosas, la contaminación de mantos freáticos, ríos o cuencas hidrológicas, la contaminación del ambiente cuando se incinera la basura, la proliferación de fauna nociva y la consecuente propagación de enfermedades infecciosas severas, además de la mala imagen de las áreas urbanas y rurales. Un porcentaje mínimo del total de los residuos sólidos son reciclados, en comparación con países desarrollados como Alemania o Bélgica, cuyo porcentaje de residuos sólidos reciclados en estos países alcanza porcentajes hasta de 67%, comparados con el 15 o 20% de residuos reciclados en nuestro país (Castillo, 2000).

La cantidad de desechos orgánicos contenidos en los residuos domiciliarios, se calculan en 16 millones 8 mil toneladas al año, de esta cantidad sólo se reciclan aproximadamente el 15%, y el resto tienen su destino final en los vertederos de cielo abierto y rellenos sanitarios, ésto es evidencia de la necesidad de crear empresas que se dediquen al reciclaje de desechos, sin duda la intervención del gobierno es fundamental para que ésto se lleve al cabo, pero, generalmente existe una resistencia de parte de los funcionarios gubernamentales para crear estas empresas, debido a que muy seguramente no serían redituables, lo que se está pasando por alto al pensar de esta manera que el beneficio se verá a mediano y largo plazo y que la no aplicación de medidas de este tipo en el presente, con seguridad acarreará mayores gastos en un futuro, por ejemplo, el saneamiento de ríos

y lagos, la ubicación de vertederos cada vez más lejanos y la implementación de medidas emergentes cuando ya sea imposible manejar las cantidades de residuos que se generen. Además de los desechos orgánicos domiciliarios, existe también otro tipo de residuos de este tipo, éstos son los provenientes de ranchos ganaderos y granjas avícolas, que igualmente resulta problemática su eliminación, por ejemplo, el estiércol de ganado es generado en grandes cantidades y no alcanza a ser completamente utilizado como abono, y mucho permanece a ciclo abierto en los campos, lo que favorece la proliferación de plagas y la generación de problemas sanitarios diversos.

Esta investigación pretende dar opciones productivas al manejo de los desechos orgánicos, aprovechando la capacidad que tienen los insectos (en este caso la cucaracha *Periplaneta americana* L.), para transformar y reutilizarlos, de manera muy eficiente, lo que contribuiría a la solución del problema y además nos permitiría obtener proteína animal de buena calidad a bajo costo (Ramos-Elorduy, 1997a; Fajardo, 1990). Los insectos a su vez serían utilizados al incorporarlos a raciones para diversos animales de interés comercial.

ANTECEDENTES

INSECTOS COMESTIBLES

Los insectos son el grupo animal dominante sobre la tierra; han colonizado todos los hábitats, su potencial reproductivo es enorme y además poseen un valor nutritivo muy elevado (Ramos-Elorduy, 1987). Estas características han sido aprovechadas por numerosas culturas en todas las latitudes y a lo largo de la historia; así, encontramos culturas como las africanas que se alimentan de termitas, las cuales poseen hasta un 38% de proteínas y un 46% de lípidos. En Colombia, Tailandia, Sudáfrica y los aborígenes australianos se alimentan de hormigas; de abejas y avispas en China, Tailandia, Malasia, Sri Lanka y en algunas zonas de Japón; en Indonesia, Madagascar, Japón, China, Zimbabwé de mariposas y polillas y sus larvas; de cucarachas en China, Tailandia, entre aborígenes australianos y bosquimanos del Kalahari (Fischler, 1995).

En México se consumen una enorme cantidad de insectos, incluyendo todos los anteriormente citados, en reportes hechos por Ramos-Elorduy en 1997b y Ramos-Elorduy, *et al.* en 1998. calculan que existen alrededor de 504 especies rastreadas de insectos que se consumen en nuestro país, y que tan sólo en el Estado de México se han censado un total de 104 especies tanto de medios terrestres como dulceacuicolas.

En la mayoría de las regiones de nuestro país su consumo es cultural, histórica y económicamente muy importantes, tal es el caso del estado de Oaxaca, en donde la ingesta de chapulín (*Sphenarium purpurascens* L.), forma parte de la tradición culinaria de la región, además de ser el sustento económico para muchas familias mayoritariamente de zonas rurales indígenas que acuden a los mercados de la capital para vender su producto. Otras de las entidades con tradición en la ingesta de insectos son el estado de Hidalgo, Estado de México, Chiapas, Guerrero, Tlaxcala, Puebla y Veracruz, entre otros, en donde los insectos son colectados en muchas ocasiones en familia, preparados de la manera

tradicional y consumidos para complementar la alimentación básica de los habitantes de las zonas rurales, que consiste en tortilla de maíz, frijol, chile, quelite y nopal, además de la ración diaria de pulque, la cual cada vez es menor ya que se han ido sustituyendo los magueyes por cebada, empleada en la industria cervecera. Es común que las familias del medio rural se alimenten de insectos, pues además de ser encontrados en cantidades muy abundantes, en muchos casos se encuentran asociados con las plantas que se consumen, tal es el caso del mezquite, el nopal y el maguey (Ramos-Elorduy y Pino, 1979, 1990), o incluso especies que se constituyen como plagas agrícolas son controlados mediante la recolección e ingesta por parte de los propios campesinos de la región (Ramos-Elorduy y Pino, 1994).

El aprovechamiento de los insectos en México se remonta a las antiguas civilizaciones establecidas en esta región, existen evidencias del uso de insectos para tratar algunas dolencias y enfermedades, y, principalmente se describen en algunas fuentes históricas como en el Códice Florentino, en donde se representan los insectos que se consumían, y la forma en que se preparaban muchos de ellos (Ramos-Elorduy y Pino, 1979). Esta costumbre que tenían los antiguos mexicanos se ha conservado hasta nuestros días, principalmente en el medio rural, en donde su riqueza energética aunada a la cantidad y calidad de las proteínas que los insectos comestibles poseen, contribuyen parcialmente al mejoramiento de las dietas imperantes.

Muchos grupos Indígenas de variadas regiones geográficas del país mantienen la costumbre de alimentarse de insectos, entre ellos se encuentran Chontales, Lacandonés, Mazahuas, Mixtecos, Nahuas, Otomíes, Tarascos, Tlapanecas, Triquis, Tzotziles, Zapotecas, entre muchos otros grupos (Ramos-Elorduy *et al.*, 1982; Ramos-Elorduy, 1997).

LA AVICULTURA EN MÉXICO

Actualmente en México, uno de los alimentos de mayor consumo entre la población es sin duda alguna el pollo, ya que dicho alimento es una fuente de proteína relativamente barata y accesible para la mayoría de la gente. Sin embargo, la producción de este alimento a gran escala plantea serios problemas económicos para los productores, dado que para mantener una empresa lucrativa y que éstos obtengan ganancias, deben proveer a los pollitos de alimentos que contengan un adecuado balance de los ingredientes necesarios para su buen desarrollo, en particular en la etapa de iniciación en donde el requerimiento de proteínas de alta calidad es mayor para que obtengan un aceptable tamaño y por consiguiente alcancen un mayor precio en el mercado, la alimentación es el aspecto más costoso en la producción avícola, llegando a ser cerca de un 60% de los costos de producción (Pontes y Castello, 1996). Generalmente, para satisfacer las necesidades alimenticias de las aves, debe hacerse una fuerte inversión económica, esto debido a que la mayoría de los insumos utilizados en concentrados para animales explotados en condiciones de encierro (maíz, sorgo y trigo) son importados, y estos mismos insumos empleados para proveer proteína a los animales, son igualmente consumidos por el hombre, así que estamos hablando de una singular competencia por el recurso alimenticio.

Por tal motivo, surge la necesidad de encontrar nuevas fuentes alternativas de proteína para la producción de pollos de engorda.

En México, se estima que se produce un total de 1, 897, 546 toneladas al año de pollo para carne, y existe un consumo de 2, 170, 987 toneladas, cifra que incluye las importaciones de este producto. Los cálculos del consumo per cápita al año son de alrededor de 21.8 kg., habiendo una variación de acuerdo a la edad, preferencias y estrato económico de la gente (SAGARPA, 2001). Estos datos hacen evidente la importancia que representa la industria avícola en nuestro país, además de la necesidad que se tiene para buscar nuevos alimentos alternativos que nos permita abaratar los costos de producción sin sacrificar calidad en el producto. Este aspecto bien puede ser cubierto por el empleo de harinas de insectos como aporte proteínico en las raciones para pollo.

NUTRICIÓN AVIAR.

Numerosos estudios han sido orientados para encontrar alternativas alimentarias para la producción avícola, todas ellas hacen hincapié en un aspecto sumamente importante, que es abatir los altos costos de producción que esta industria eroga; dependiendo del tipo de productos que se utilizan en las raciones, los costos van desde un 50% hasta un 70%. Por lo que sin duda, éste es un aspecto que preocupa a los empresarios productores de pollos: Las raciones de aves se componen habitualmente de cereales complementados con ingredientes ricos en proteínas, premezclas vitamínicas y de minerales.

NUTRIENTES.

Las necesidades alimenticias de las aves son complejas, pues éstas necesitan recibir en su dieta más de 40 compuestos específicos o elementos químicos. Seis nutrientes son los requeridos, a) proteínas, b) carbohidratos, c) grasas, d) vitaminas, e) minerales y f) agua. Estos deben proporcionarse en cantidades adecuadas o de lo contrario se pone en peligro el crecimiento, la reproducción o la vida misma del animal (Ávila, 1990; Cuca *et al.*, 1996). A continuación se describe la importancia de cada uno de ellos.

Proteínas.

Las proteínas son compuestos orgánicos que contienen carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, además pueden contener elementos como azufre, hierro y fósforo. Las proteínas están compuestas de 22 aminoácidos, unidos por una unión peptídica, la forma en que se encuentran conectados el uno al otro determina las propiedades físicas y químicas de cada proteína y, por ende, su función biológica (Ávila, 1990). Existen aminoácidos que pueden ser producidos por el organismo (aminoácidos no esenciales o prescindibles) y otros que no sintetiza el organismo y deben ser consumidos en la dieta diaria de los pollos (aminoácidos esenciales o indispensables), dentro de este grupo se encuentran: la Arginina, Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Fenilalanina, Treonina, Triptofano, Valina y la Glicina, ésta última, pese a ser sintetizada por las aves, se encuentra en cantidades insuficientes (Pontes y Castello, 1996). Cada proteína no

contiene a los 22 aminoácidos, ni es condicionante la cantidad de cada uno de ellos en cada proteína, por lo tanto, existen muchas combinaciones de aminoácidos que componen a las proteínas. Las proteínas no sólo varían en su contenido de aminoácidos, sino también en su digestibilidad (North y Bell, 1993). En el cuadro 1 se muestran los requerimientos de proteína y aminoácidos propuestos por el NRC (1994).

Cuadro 1. Necesidades de aminoácidos para pollos de engorda en etapa de iniciación recomendados por el NRC (1994) y requerimiento de proteína como porcentaje de la ración.

Aminoácido	Pollos Iniciación 0-6 semanas
Met*+ Cis	3.74
Lisina*	5.43
Treonina*	3.48
Arginina*	6.08
Isoleucina*	3.74
Leucina*	6.95
Valina*	4.35
Histidina*	2.0
Fenil*+ Tiro	6.52
Triptofano*	1.0
Proteína * (%)	18 - 22
Energía metab. (Kcal/kg)	2 880 - 2 900

Tomado de N.R.C. (1994) y* Ávila (1990)

* Aminoácido esencial.

El proceso de digestión de las proteínas se lleva a cabo primeramente con la intervención de los jugos gástricos, que desdoblan las proteínas en peptonas, luego el jugo pancreático continúa el desdoblamiento en péptidos, finalmente los jugos intestinales convierten a los péptidos en aminoácidos. Una vez que éstos se encuentran en el torrente sanguíneo, se transfieren a los diversos tejidos del cuerpo. Aquí, las células los utilizan en formas muy variadas, como la preparación de proteínas estructurales de tejido, producción de huevo, etc., y para la reestructuración de diversas estructuras proteínicas complejas (Ávila, 1990; North y Bell, 1993; Daura, 1990; Cuca *et al.*, 1996).

Los excesos de proteína pueden usarse como energía a través de un proceso llamado desaminación, el cual separa el nitrógeno de la molécula, después el nitrógeno se utiliza en la formación de aminoácidos no esenciales o se secreta vía riñones, en forma de ácido úrico (Ávila, 1990).

Las fuentes de proteína usualmente empleadas en las raciones avícolas son de origen vegetal (pasta de soya, pasta de girasol, etc.), pero ocasionalmente se emplean harinas de origen animal. Como se ha expuesto, las aves no requieren de proteína bruta en sí misma, sino de aminoácidos con los que el propio organismo elabora las proteínas que necesita.

En este contexto la primera razón del uso de dichas harinas es su alto contenido de aminoácidos esenciales, minerales y el aporte de varias vitaminas del complejo B, como es el caso de las harinas de carne, de hueso o de pescado, entre muchas otras. Al incluirse estas fuentes de proteína a las dietas, complementan las deficiencias, tanto en cantidad como en calidad de las proteínas contenidas en los granos y subproductos para satisfacer las necesidades nutritivas de las aves (Pontes y Castello, 1996; Ávila, 1990). Las fuentes de proteína animal se utilizan en cantidades muy limitadas en las raciones, debido a su alto costo y baja disponibilidad.

Otro aspecto importante, común a todos los productos de origen animal, es la posibilidad de transmisión de microorganismos patógenos a través del alimento con la introducción de la cadena alimenticia de un factor grave de riesgo. Debe destacarse que en ocasiones los ingredientes de origen animal derivan de productos que han sido almacenados un cierto tiempo en condiciones tales, que favorecen el desarrollo bacteriano antes de su tratamiento industrial. En tales casos se origina un proceso degradativo de diversos aminoácidos (descarboxilación bacteriana) propiciando la aparición de aminas biógenas, tales como histamina, tiramina, putrescina, etc., estos componentes se asocian a síndromes digestivos y a una subsiguiente pérdida del crecimiento y eficiencia de reacción (North y Bell, 1993).

Carbohidratos

Los hidratos de carbono se constituyen químicamente a partir de hidrógeno, oxígeno y carbono, proceden en su mayor parte de almidones y azúcares. La fructosa, la galactosa y la lactosa son los más simples o monosacáridos comunes, sin embargo, los alimentos contienen en su mayoría azúcares estructuralmente más complejos, llamados disacáridos o polisacáridos, siendo los más importantes la sacarosa, (disacárido), y el almidón (polisacárido) (Ávila, 1990).

El proceso de degradación de los carbohidratos comienza en la saliva del ave, al desdoblarse los azúcares complejos en azúcares más simples. De esta forma el almidón es convertido en glucosa y maltosa, éste proceso de desdoblamiento del almidón se continúa con la intervención del jugo pancreático, por otra parte la intervención de los jugos gástricos con enzimas como la sacarasa rompen a la sacarosa en glucosa y fructosa y, la maltasa desdobla a la maltosa en glucosa. Estas formas simples son absorbidas por el intestino y se integran a la corriente sanguínea, siendo transportadas al hígado en donde se utilizan en diferentes funciones metabólicas.

Los carbohidratos cumplen la función de producir energía, durante este proceso se genera calor, importante para mantener la temperatura corporal, además, es utilizada en otras funciones esenciales del organismo, como el movimiento, la excreción, etc. (North y Bell, 1993; Ávila, 1990; Cuca *et al.*, 1996).

El exceso de glucosa puede almacenarse en forma de glucógeno principalmente en el hígado y en los músculos pero sólo en cantidades limitadas. Cuando hay una demanda de glucosa adicional, el glucógeno almacenado se convierte en glucosa, forma en la que el

azúcar se incorpora al torrente sanguíneo (North y Bell, 1993; Ávila, 1990). Cuando la capacidad de almacenamiento de los carbohidratos por el ave llega a su máximo, la cantidad adicional de glucosa en el torrente sanguíneo se convierte de forma inmediata en grasa, para así mantener la sangre en su concentración de tolerancia.

Los hidratos de carbono constituyen las tres cuartas partes de la materia seca de los granos, pajas, hierbas y otros alimentos similares; por ejemplo, el maíz, grano muy apetecido por las aves y poseedor de un elevado contenido de hidratos de carbono, sin embargo, su abuso se traduce en una disminución de la postura; el trigo, que es en comparación menos energético que el maíz, pero que contiene mayor cantidad de proteína, sin embargo, un costo elevado (Daura, 1990; Cuca *et al.*, 1996).

Grasas.

Las grasas son productos ternarios compuestos por carbono, oxígeno e hidrógeno, siendo este último elemento el que se encuentra en mayor cantidad, esta condición le confiere a los lípidos un potencial mayor de aporte de energía (Pontes y Castello, 1996).

La digestión de las grasas se lleva al cabo en el duodeno de las aves, la bilis actúa emulsificando y saponificando los lípidos, el jugo pancreático los convierte en ácidos grasos y monoglicéridos (Ávila, 1990), así, estos componentes simples son absorbidos y entran en la sangre, y de ahí por el sistema portal a el hígado.

El metabolismo de las grasas es un proceso en el que los ácidos grasos se convierten y usan para dar energía, para la producción de huevo y carne, el excedente se almacena como grasa corporal y está disponible para su uso cuando se requiere de energía, ya sea debido a un eventual déficit en la alimentación, o al aumento de actividad, este almacenamiento se efectúa en células grasas, así, si el consumo es mayor a las necesidades se constituirán depósitos lipídicos aparentemente sin límite (North y Bell, 1993). Granos como la soya son fuentes excelentes de ácidos grasos.

Vitaminas.

Las vitaminas son sustancias orgánicas requeridas en cantidades muy pequeñas en las dietas de los pollos, estas pueden ser de dos tipos, las hidrosolubles (vitaminas del complejo B como colina, ácido fólico, tiamina y riboflavina) y las liposolubles (vitaminas K, A, D y E), que ayudan al mantenimiento de la salud y al correcto funcionamiento del organismo, participando en procesos tan importantes como la digestión, absorción y excreción, en el crecimiento, reproducción y engorda. La carencia de alguna vitamina se hace evidente al presentar síntomas de deficiencia característicos. La mayor parte de las vitaminas intervienen en la catalización de reacciones químicas específicas, como parte de los sistemas enzimáticos que ahí intervienen (Ávila, 1990; Cuca *et al.*, 1996).

Todas las vitaminas deben ser incluidas en las dietas de aves, pese a que algunas están contenidas en los productos con los que se elaboran las raciones, sólo hay que cuidar el

contenido de vitamina A, riboflavina, niacina, pantotenato de calcio, vitamina B12 y colina, que casi siempre deben de adicionarse a las dietas. (Cuadro 2)

Cuando existe un excedente vitamínico, éstas se almacenan principalmente en el hígado, las vitaminas liposolubles se almacenan en menor grado que las hidrosolubles (Ávila, 1990).

Cuadro 2. Necesidades de vitaminas y ácido linoleico de los pollos en etapa de iniciación (en porcentaje o cantidad por Kg. de alimento).

Vitaminas	Pollos Iniciación (0-8 semanas)
Vitamina A (UI)	1 500
Vitamina D (UI)	200
Vitamina E (UI)	10
Vitamina K ₁ (mg)	0.5
Tiamina (mg)	1.8
Riboflavina (mg)	3.6
Ac. Pantoténico (mg)	10
Niacina (mg)	27
Piridoxina (mg)	3
Biotina (mg)	0.15
Colina (mg)	1 300
Folacina (dieta almidón) (mg)	0.55
Folacina (dieta azúcares) (mg)	1.2
Vitamina B ₁₂	0.009
Ácido linoleico (%)	1.0

Fuente: N.R.C. (1994).

Minerales.

Los minerales son necesarios para el buen desarrollo fisiológico de los individuos, algunos de ellos se requieren en mayor cantidad que otros. Los elementos que se necesitan comúnmente son conocidos como *minerales mayores*, aquí se incluyen al calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio y cloro, y los *minerales traza*, que se necesitan en menores cantidades son el cobre, el cobalto, hierro, yodo, manganeso, zinc, molibdeno y selenio. Todos estos elementos son absorbidos de forma directa sin pasar por un proceso de digestión y se incorporan como parte de ciertas moléculas de proteínas o enzimas. En algunos casos, las reacciones químicas, de las cuales se producen estas moléculas, no pueden efectuarse sin la intervención de un mineral determinado, por lo tanto, muchos minerales son parte importante del proceso metabólico, aunque algunas veces, indirectamente. En algunos casos la intervención de una pequeña cantidad de minerales traza es absolutamente esencial, pero en exceso, lleva a dificultades como es el caso del selenio (Cuca *et al.*, 1996).

La función de algunos de los minerales llamados mayores, es la constitución del cascarón del huevo (calcio), la formación de huesos, constituyente de ácidos grasos y necesario para la actividad de algunos procesos enzimáticos (fósforo), y el mantenimiento del equilibrio ácido básico en los fluidos (sodio, potasio y cloro) (North y Bell, 1993).

La deficiencia de alguno de los minerales tanto mayores como traza, puede ocasionar severos problemas al correcto funcionamiento del organismo, e incluso provocar la muerte. Los excedentes de minerales pueden ser almacenados pero la mayor parte se excretan (Ávila, 1990). En el Cuadro 3 se muestran las necesidades de minerales en las dietas de pollos de engorda en su etapa de iniciación según el NRC (1994).

Cuadro 3. Necesidades de minerales de los pollos en etapa de iniciación (en porcentaje o cantidad por Kg. de alimento).

Minerales	Pollos Iniciación (0-8 semanas)
Calcio (%)	0.9
Fósforo (%)	0.7
Sodio (%)	0.15
Potasio (%)	0.2
Manganeso (mg)	55
Yodo (mg)	0.35
Magnesio (mg)	600
Hierro (mg)	80
Cobre (mg)	4
Zinc (mg)	40
Selenio (mg)	0.1

Fuente: N.R.C. (1994).

Agua.

El agua, al igual que todos los nutrimentos antes descritos forma parte importante dentro de los procesos fisiológicos del ave, en primera instancia, su intervención en la digestión es fundamental, puesto que los nutrimentos deben adoptar una forma líquida para poder ser absorbidos por el intestino, además es importante en el control de la temperatura corporal, y para ayudar en la eliminación de los productos de desecho (Ávila, 1990; Cuca, *et al.* 1996).

El agua constituye el 50% del peso de una ave adulta, el 78% del peso de un pollito recién nacido y el 60% de un huevo. La obtención de la misma se lleva a cabo: 1) mediante consumo en estado libre, 2) la contenida en el alimento y 3) la que es producto de los procesos metabólicos en los tejidos (Ávila, 1990).

Energía.

La energía producto del desdoblamiento de los alimentos mediante la digestión, se utiliza en todos los procesos fisiológicos del ave. Se considera como el combustible del cuerpo animal expresado en unidades térmicas de caloría o kilocaloría. Según Ávila (1990), los kilojoules de energía se emplean para el mantenimiento y para la producción, la primera se considera como energía del calor de producción basal y la energía necesaria para la actividad; en la segunda se incluye la energía para el crecimiento y para la producción de huevo. Al consumir alimento el ave utiliza la energía primeramente para satisfacer las necesidades de mantenimiento, luego, para las necesidades de energía, por los que si la ración no satisface las necesidades del ave, la producción de carne y/o huevo se ven disminuidas. De ésto se deduce que el conocimiento de la cantidad de energía contenida en el alimento debe conocerse, para así hacer una formulación adecuada a los requerimientos nutricionales del ave.

INSECTOS COMO SUSTITUTO DE PROTEÍNAS.

Los insumos utilizados en la nutrición aviar, para proveerle al ave el requerimiento necesario de proteínas, bien podrían ser sustituidos por algunos insectos, por ejemplo, chapulines, grillos, cucarachas, gusano amarillo, etc., cuyo aporte proteínico va desde el 20.10% hasta el 75.95 % (Ramos-Elorduy *et al.*, 1998).

En comparación con los productos utilizados en la producción avícola, los insectos poseen un alto contenido proteínico, y bien podrían sustituir a los alimentos convencionales, si no totalmente, de forma parcial. Dentro de las fuentes de proteína mayormente utilizadas, se encuentran a la harina de soya con un aporte proteínico del 44%, la harina de pescado con 62.1% y la harina de gluten de maíz con 60% (Ávila 1990). Adicionalmente, debido a los altos niveles de aminoácidos esenciales (Ladrón de Guevara *et al.*, 1995) y el elevado contenido calórico que aportan los insectos (Ramos-Elorduy y Pino, 1990), hace pensar en los insectos como una alternativa viable para la alimentación animal e incluso humana.

INSECTOS EN ALIMENTACIÓN ANIMAL.

Experiencias en la utilización de insectos en la alimentación animal con buenos resultados, han motivado a continuar con la búsqueda de especies que puedan usarse como alternativa en la nutrición animal. por ejemplo investigaciones hechas por Zúñiga (1988) dieron buenos resultados al incorporar pupas de mosca en las raciones de trucha arco iris, a su vez Hernández (1998) adicionó harina de *Periplaneta americana* L. a la alimentación de la carpa japonesa, sustituyendo el aporte convencional de proteína por la contenida en el insecto, encontrando que no existen diferencias significativas en la adición de 30% de insecto con respecto a una ración comercial.

Cabral (2001) adicionó el insecto "axayacatl" a raciones para pollos de engorda, encontrando buenos resultados en la incorporación del 2.5% del insecto en la dieta.

CARACTERISTICAS GENERALES DE *Periplaneta americana* L.

Las cucarachas forman un grupo muy antiguo, que se remonta al Silúrico y presenta pocas modificaciones en su estructura desde el Devónico, hace alrededor de 320 millones de años. Fueron muy abundantes en los pantanos del Carbonífero, como indican los registros fósiles procedentes de ese período. Se sabe que existen alrededor de 3,500 a 4,000 especies de cucarachas (Harwood y James, 1987).

Su posición taxonómica ha sido objeto de un sinnúmero de desacuerdos, en la actualidad *Periplaneta americana* L. se clasifica de la manera siguiente:

Clase: Hexapoda

Orden: Blattaria

Familia: Blattidae

Genero y especie: *Periplaneta americana* Linnaeus

Distribución geográfica.

Periplaneta americana es originaria del Continente Africano y en la actualidad se encuentra en todas las regiones tropicales y subtropicales del planeta.

Hábitos.

Todos los estadios inmaduros pueden encontrarse en asociación con los adultos, debido a que secretan una feromona de agregación. Son de hábitos alimenticios omnívoros, ya que pueden alimentarse de gran variedad de material alimenticio, de preferencia aquellos que contengan carbohidratos. Suelen encontrarse en los sistemas de drenaje de los pueblos y ciudades, en cocinas de restaurantes y establecimientos tanto callejeros como establecidos donde se elabora comida. Son de hábitos nocturnos y por el día se refugian en lugares poco iluminados (Gordon, 1996).

Anatomía externa.

Adultos. Organismos aplanados dorsoventralmente y con un tegumento liso de color café castaño, presenta una mancha clara en los contornos del pronoto. Poseen antenas prominentes filiformes y multiarticuladas (aproximadamente 130 segmentos), presentan dos tipos de ojos; compuestos, uno a cada lado de la cabeza, cada uno con dos mil omatidias octogonales, y los simples u ocelos (tres de cada lado de la cabeza), que tienen función fotosensible; las partes bucales son del tipo mordedor-masticador (Richards y Davies, 1984).

Tres pares de patas con numerosas espinas y sedas, dos pares de alas membranosas, en los machos sobrepasan el contorno del abdomen, mientras que las hembras tienen las alas tan largas como el abdomen. Los adultos miden aproximadamente de 25 a 40 mm de longitud (Bell y Adiyodi, 1981).

Ciclo de vida.

Los huevecillos se encuentran alineados verticalmente de dos, en dos en el vestíbulo o cámara de la ooteca cubiertos por secreciones glandulares; la ooteca, que es coriácea tiene forma de frijol y se deposita a los dos días de haberse formado. El número de huevecillos oscila entre 14 y 17, la producción de ootecas perdura a lo largo de toda la vida de las hembras adultas, pudiendo depositar hasta 90. La duración del periodo de incubación varía según las condiciones físicas, pudiendo ser de 32 a 52 días (Suiter y Koehler, 1998; Elzinga, 1997)

Al eclosionar, las ninfas presentan la misma forma y estructura que los adultos, con la diferencia de que presentan sólo botones alares y los órganos reproductivos son inmaduros. El número de estadios ninfales puede variar dentro de la misma especie, debido al estrés ambiental al que pueda estar sujeto, pero en general se presentan de cuatro a cinco, llegando a la madurez sexual entre los 100 y 400 días. La mayoría de los organismos alcanzan a vivir más de 500 días (Gordon, 1996), pero se tienen registros en donde se asegura que pueden vivir hasta 913 días (Horwood y James, 1987).

Importancia médica y económica.

Las cucarachas pueden convertirse en un problema de salud pública, debido a su asociación con la basura y las enfermedades humanas de las que son vectores, además de su habilidad para desplazarse de las cloacas a los hogares y establecimientos comerciales. En los trópicos, durante el verano, la población se incrementa, a tal grado que los patios y plazas pueden ser invadidos por las cucarachas; generalmente las cucarachas se encuentran en sistemas de desagües, cavernas, letrinas, coladeras, plantas de tratamiento de aguas y basureros (Bell y Adiyodi, 1981), su presencia en estos hábitats es de importante significado epidemiológico. Al menos 22 especies de patógenos bacterianos, virales y fúngicos, además de 5 especies de helmintos, se han aislado de cucarachas recolectadas en el campo (Rust *et al.*, 1991).

Periplaneta americana es una especie llamada domiciliar, que se ha adaptado a vivir en estrecha relación a los asentamientos humanos, concentrándose en sitios donde encuentra disponibilidad de alimento y agua, esta especie, como muchas otras, se ha desarrollado de tal manera que constituyen verdaderas plagas de fácil propagación (Horwood y James, 1987).

CUCARACHAS EN LA TRADICIÓN POPULAR

Las cucarachas en una forma u otra han sido consideradas por algunas personas como un importante ingrediente para medicinas especiales, por ejemplo, algunos nativos de Jamaica toman una mezcla que contiene cenizas de cucaracha como una cura para ciertas enfermedades, suministrándoles esta mezcla a los niños, que aseguran sirve para matar gusanos intestinales. Las cucarachas en una mezcla acuosa con azúcar son aplicadas sobre úlceras para ayudar a la cicatrización. En Rusia una cucaracha común es empleada en el

tratamiento contra la hidropesía, esta medicina es conocida como "Tarakané" (Clausen, 1971).

Periplaneta americana L. EN LA NUTRICIÓN ANIMAL.

Las cucarachas, en particular *Periplaneta americana* L. posee gran cantidad de nutrimentos (Cuadro 4 y 5), los cuales pueden ser utilizados en la elaboración de raciones para animales de importancia comercial, dado que contiene cantidades altas de nutrimentos que, como en todos los casos de insectos son de extraordinaria calidad y bajo costo.

Cuadro 4. Análisis químico proximal (base seca) de *Periplaneta americana* L. (g/100g de muestra)

Proteínas	Grasas	Sales Minerales	Fibra Cruda	Extracto libre de N.	KCal / 100g
45.58%	43.85%	2.88%	7.66%	0.01%	577.01

Cuadro 5. Perfil de Aminoácidos de *Periplaneta americana* L.

Aminoácido	<i>Periplaneta americana</i> L.
Metionina*	1.13
Cistina	0.59
Lisina*	3.92
Treonina*	2.67
Arginina*	3.95
Isoleucina*	2.45
Leucina*	4.77
Valina	4.3
Histidina*	2.15
Fenilalanina*	2.59
Glicina	4.02
Serina	3.02
Prolina	3.65
Alanina	6.51
Ac. Aspártico	6.04
Ac. Glutámico	8.33
Triptofano*	0.2

* aminoácidos esenciales

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

Evaluar el efecto producido en pollos de engorda por la adición en su dieta de harina de *Periplaneta americana* L., reemplazando parcialmente a las proteínas de pasta de soya empleada tradicionalmente en su alimentación, con proteínas animales procedentes de reciclaje de desechos orgánicos.

OBJETIVO PARTICULAR.

Evaluar diferentes porcentajes de inclusión de harina de *Periplaneta americana* L. en la dieta de pollos de engorda en su etapa de iniciación.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El presente trabajo se desarrolló en el laboratorio de Entomología del Instituto de Biología de la UNAM, y en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPA) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, ubicada en Santiago Zapotitlán, Tlahuac, D.F. y comprendió las siguientes etapas:

Obtención de ninfas.

La obtención de las ninfas de *Periplaneta americana* L. empleadas en esta investigación se realizó mediante su cultivo en cámaras de ambiente controlado en el Instituto de Biología de la UNAM. Se utilizaron insectos de cultivos ya existentes, para tal efecto se colocaron adultos en recipientes de cristal de 49 cm. de largo por 25 cm. de ancho y 27 cm. de profundidad, cubiertos por una malla metálica para evitar fugas, dentro de estos recipientes de cristal se colocaron cartones de huevo vacíos para proveer a los insectos de un sustrato. La temperatura y la humedad relativa se mantenían constantes a 20°C y 80%, respectivamente.

La alimentación de los insectos era a base de desechos orgánicos deshidratados, que se molian y colocaban dentro de los recipientes en un contenedor, adicionalmente, se colocó otro contenedor con algodón empapado en agua.

La revisión de los contenedores de alimento y agua se efectuaba cada tres días, aproximadamente cada 90 días se extraían las ninfas del resto de los organismos, mediante la utilización de bióxido de carbono. Esto consistió en someter los recipientes con insectos a dicho gas durante aproximadamente 1.5 minutos lo que nos permitía 5 minutos para separar las ninfas del 5o estadio, mientras los adultos se encontraban en estado de anoxia. Las ninfas medían entre 2.5 y 3.0 cm., se colocaron en otro recipiente de cristal cubierto

con tul, y posteriormente se sacrificaron en una estufa a aproximadamente 50°C, pasados tres días se retiraban los organismos de la estufa, se pesaban y se almacenaban.

Los recipientes de cristal que contenían insectos adultos y ninfas muy pequeñas se collocaban de nueva cuenta en las cámaras de ambiente controlado con sustratos nuevos.

Elaboración de dietas.

Además de la dieta testigo que se prepara convencionalmente para la alimentación de pollos de engorda, se elaboraron tres dietas de experimentación. La primera dieta se elaboró con la inclusión de 5% de *Periplaneta americana* L., la segunda con un 10% y la tercera con un 15% de inclusión. Las dietas cumplían con los requerimientos de nutrientes esenciales de la especie a alimentar, señalados por el N.R.C. (1994).

Los instrumentos empleados para la elaboración de las dietas forman parte de los inventarios del CEIEPA - UNAM y constó de: balanza granataria, molino manual y mezcladora mecánica.

Las proporciones empleadas se calcularon usando el programa computacional NUTRION, como se muestran en la Cuadro 6.

Cuadro 6. Comparación de los ingredientes con que se elaboraron las dietas.

Ingrediente	Testigo	5%	10%	15%
Sorgo	55.19	55.89	56.57	57.07
Harina de Soya	37.22	32.13	27.04	21.99
<i>P. americana</i>	--	5.00	10.00	15.00
Aceite	3.17	2.70	2.27	1.89
Ortofosfato 1621	1.83	1.71	1.60	1.49
Calcio	1.62	1.67	1.70	1.75
Sal (NaCl)	0.40	0.40	0.40	0.40
Metionina	0.20	0.09	0.01	--
Minerales*	0.10	0.10	0.10	0.10
Vitaminas*	0.10	0.10	0.10	0.10
Colina 60%	0.10	0.10	0.10	0.10
Luctamol D	0.05	0.05	0.05	0.05
Bacitracina	0.02	0.02	0.02	0.02
Antioxidante	0.015	0.015	0.015	0.015
L-Treonina	0.001	--	--	--

* Premezcla CEIEPA UNAM

Ensayos de alimentación.

Para la evaluación del efecto de la inclusión de *Periplaneta americana* en las dietas, se utilizaron 96 pollitos para engorda de la línea Arbor Acres de una semana de edad, los cuales se repartieron al azar en cuatro lotes, al primero de ellos se le proporcionó el alimento convencional de engorda formulado y elaborado en el CEIEPA, y se utilizó como lote testigo, el segundo lote se alimentó con la dieta que contenía 5% de cucarachas, el tercer lote con 10% y el cuarto lote con la dieta de 15% de inclusión, cada uno de estos lotes tenían tres repeticiones.

Los pollitos se colocaron en una incubadora Petersime Brood-unit modelo 25D12 de Petersime incubator company. La temperatura de la incubadora se mantuvo constante a 35°C la primera semana y a 32°C la segunda. Diariamente se limpiaban las excretas de los pollitos y se les cambiaba el agua, cada tercer día se les adicionaba alimento. El ensayo de alimentación duró un periodo de dos semanas, en las que se midió el consumo de alimento y ganancia de peso, con estos datos obtenidos por semana y por pollo se calculó la eficiencia de conversión.

Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente empleando una prueba de ANDEVA y comparación de medias con Tukey, para conocer la significancia de los tratamientos, se utilizó el programa estadístico computacional STATISTICA v5 1997.

RESULTADOS.

El tiempo de experimentación abarcó 14 días, durante los cuales no se observó ninguna anomalía física o conductual en los organismos. En el Cuadro 7 se muestra el peso de los pollitos a la primera semana de edad.

Cuadro 7. Pesos iniciales promedio de los pollitos al inicio del ensayo de alimentación.

	Testigo	I	II	III
Peso inicial promedio (g).	134.4	136.4	134.1	137.9

Peso corporal

En los Cuadros 8 y 8a, se muestran los resultados de peso corporal para la primera y segunda semana de experimentación. La primera semana evidencia que los tratamientos con 5 y 10% de inclusión de *Periplaneta americana* son ligeramente superiores al testigo y al tratamiento con 15%, tendencia que se mantiene al final de la segunda semana, como se ve en la Figura 1..

Cuadro 8. Peso corporal a la primera semana del ensayo de alimentación (gramos).

Tratamiento	R1	R2	R3	Media
Testigo	367.6	358.8	363.6	363.3
5%	368.2	363.6	364.2	365.3
10%	369.0	386.3	341.0	365.5
15%	341.1	344.2	347.0	344.1

Cuadro 8a. Peso corporal a la segunda semana del ensayo de alimentación (gramos).

Tratamiento	R1	R2	R3	Media
Testigo	638.1	623.3	617.7	626.4
5%	636.5	639.6	626.8	634.3
10%	620.6	681.6	601.6	634.6
15%	571.7	594.9	593.2	586.6

Ganancia de peso

La ganancia de peso totales por tratamiento se muestran en el Cuadro 9, se observan mejores resultados en las dietas con el 10 y 5% de inclusión, les siguen el tratamiento testigo y el tratamiento con 15%, el cual presentó los valores más bajos (Figura 2).

Cuadro 9. Ganancia de peso totales de pollitos Arbor Acres alimentados con diferentes porcentajes de inclusión de *Periplaneta americana* (gramos).

Tratamiento	R1	R2	R3	Media
Testigo	497.8	486.5	482.8	489.0
5%	502.8	505.1	485.9	497.9
10%	486.5	540.9	474.1	500.5
15%	434.2	457.1	455.0	448.8

Consumo de alimento.

Los resultados de consumo de alimento totales se presentan en el Cuadro 10, se nota que el lote testigo fue el que mayor cantidad de alimento consumió a lo largo de los 14 días de experimentación, seguido por los tratamientos con 5, 15 y 10% de inclusión.

En el Cuadro 11 se pueden observar los consumos de alimento por pollito en promedio por tratamiento.

Cuadro 10. Resultados de consumo de alimento total del ensayo de alimentación (gramos).

Tratamiento	Consumo de alimento
Testigo	7849
5%	7833.2
10%	7751.2
15%	7761

Cuadro 11. Resultados de consumo de alimento por pollito (gramos).

Tratamiento	Consumo de alimento por pollo
Testigo	981.1
5%	979.1
10%	1010.9
15%	970.1

Índice de Conversión Alimenticia.

El Cuadro 12 muestra los valores de Conversión Alimenticia, donde se puede observar que el lote con 5% presentó el mejor valor de conversión con 1.97, seguido por el lote testigo con 2.00, el lote con 10% presentó un valor de conversión alimenticia muy parecido al lote testigo, y el lote con 15% resulta ser el tratamiento con el valor más elevado.

Cuadro 12. Índice de Conversión Alimenticia.

Tratamiento	Índice de Conversión Alimenticia
Testigo	2.00
5%	1.97
10%	2.02
15%	2.16

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Lo valores de ganancia de peso, consumo de alimento e índice de conversión alimenticia fueron analizados estadísticamente aplicándoseles una prueba de ANDEVA (Cuadro 13), y una prueba de Tukey para comparar medias (Cuadros 14a-14c).

Cuadro 13. ANDEVA la fuente de variación fue, entre grupos y dentro de grupos, para ganancia de peso, consumo de alimento e índice de conversión alimenticia.

	Suma de cuadrados	gl	Cuadrados Medios	F	P
GANANCIA DE PESO					
Entre grupos	5189.947	3	1729.982	4.341	0.043
Dentro de grupos	3188.280	8	398.535		
Total	8378.227	11			
CONSUMO DE ALIMENTO					
Entre grupos	2821.929	3	940.643	0.827	0.515
Dentro de grupos	9102.733	8	1137.842		
Total	11924.662	11			
CONVERSION ALIMENTICIA					
Entre grupos	6.529	3	2.176	12.210	0.002
Dentro de grupos	1.426	8	1.782		
Total	7.955	11			

Tabla 14a. Prueba de Tukey para ganancia de peso.

Dieta	N	I
15%	3	448.8 a
0%	3	489.1 a
5%	3	497.9 a
10%	3	500.5 a
Sig.		0.05

Tabla 14b. Prueba de Tukey para consumo de alimento.

Dieta	N	I
15%	3	970.1 a
5%	3	979.2 a
0%	3	981.1 a
10%	3	1010.9 a
Sig.		0.49

Tabla 14c. Prueba de Tukey para índice de conversión alimenticia.

Dieta	N	1	2
5%	3	1.967 a	
0%	3	2.006 a	
10%	3	2.020 a	
15%	3		2.162 b
Sig.		0.461	1.00

Figura 1. Muestra gráficamente los valores de peso corporal (inicio, primera semana y peso final)

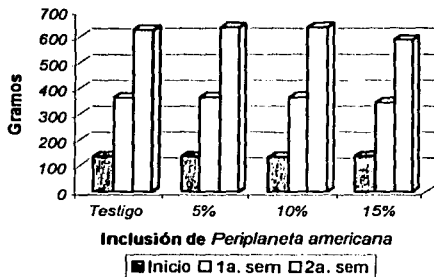


Figura 2. Muestra gráficamente los valores ganancia de peso totales.

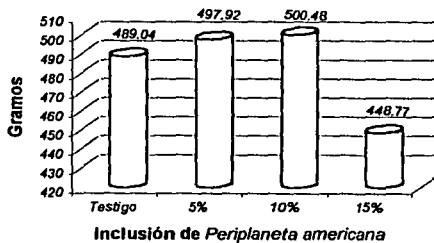


Figura 3. Muestra gráficamente los valores de consumo de alimento.

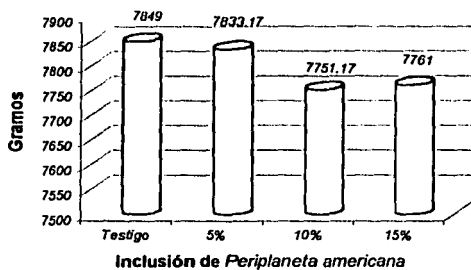
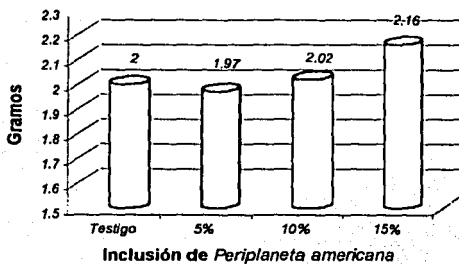


Figura 4. Índice de Conversión Alimenticia.



DISCUSIÓN.

Uno de los principales resultados obtenidos fue la nula existencia de problemas en la ingesta de alimento por parte de los pollitos, ya que todos mostraron aceptación por el mismo.

El análisis de varianza (Cuadro 13), indicó que no existen diferencias significativas entre los grupos y dentro de los grupos para ganancia de peso, se considera que $P 0,043 \approx \alpha 0.05$ y que $F_0 = 4.341$ es menor a $F_{\alpha,3,8} = F_{0.05,3,8} = 8.85$ por lo que se acepta $H_0: \mu_1 = \mu_2$. El mismo resultado muestra la prueba de Tukey (Cuadro 14a) para consumo de alimento. Por lo que se puede concluir que la ganancia de peso fue igual en los lotes experimentales y el lote testigo.

Para consumo de alimento (Cuadro 13), el análisis indicó que no existen diferencias significativas entre los grupos y dentro de los grupos, ya que $F_0 = 0.827$ es menor a $F_{\alpha,3,8} = F_{0.05,3,8} = 8.85$ se acepta $H_0: \mu_1 = \mu_2$. El mismo resultado muestra la prueba de Tukey (Tabla 14b) para consumo de alimento. Por lo que se puede concluir que el consumo de alimento es igual en los lotes experimentales y el lote testigo.

Para el análisis de varianza en Índice de Conversión (Cuadro 13), se encontró diferencia significativa ya que $P 0.002 > \alpha 0.05$ y $F_0 = 12.21 > F_{0.05,3,8} = 8.85$, por lo que se rechaza $H_0: \mu_1 = \mu_2$. Así mismo la prueba de Tukey (Tabla 14c) evidencia una diferencia entre el tratamiento con 15% y el resto de los lotes.

Basándose en los resultados, se puede concluir que el porcentaje óptimo de inclusión de cucaracha (*Periplaneta americana* L.) para la alimentación de pollos de engorda es del 5% o 10%. Sin embargo, no hay una diferencia tan marcada entre los grupos, por lo que incluso utilizando una inclusión del 15% de cucaracha, que tiene los valores menos satisfactorios, se obtendría un buen resultado en la cría de pollos de engorda, muy cercano al que se tiene abasteciéndolos con el alimento convencional, pero con la diferencia de que se tendría un ahorro en los costos de producción, ya que si bien estos insectos se cultivaron en condiciones óptimas, de igual manera pueden reproducirse de una forma más rústica, en donde el costo real serían los contenedores para su crianza y podría planearse de tal manera que, aunque el ciclo de vida pudiera alargarse, se equilibraría poniendo mayor número de estos, y alternándolos en diferentes tiempos, de manera a obtenerlos secuencialmente. Además de que se utilizarían fuentes de alimentación alternativas.

Se comprobó que la utilización de cucaracha como alimentación alternativa para pollos de engorda es factible, ya que las diferencias encontradas entre los lotes son mínimas estadísticamente.

CONCLUSIONES.

La cucaracha (*Periplaneta americana* L), bien puede ser considerada como una alternativa de alimentación para los pollos de engorda, lo realizado en este trabajo refleja lo que podría ser un cambio en la forma de ver a este insecto, pasando de ser una plaga con una connotación en general muy negativa, a una fuente de alimento para la producción animal, en este caso en particular, la producción avícola.

Este trabajo intenta contribuir a la búsqueda de alternativas nutricionales que ayuden a cubrir las necesidades nutricionales de las aves de criadero en forma directa y las necesidades alimenticias humanas de manera indirecta, para ésto no sólo es necesaria la investigación científica, también debe haber disposición por parte de los empresarios que se dedican a la industria avícola. Si la iniciativa privada no se compromete a invertir en serio en crear y desarrollar investigación y tecnologías alternativas, el futuro de sus empresas será incierto, cuando la competencia por los alimentos entre los animales de criadero y el humano sea más grave.

LITERATURA CITADA

- Ávila, G. E. 1990. Alimentación de las aves. México. Trillas 107 p.
- Bell, W. J., y K. G. Adiyodi. 1981. The American Cockroach. Chapman & Hall. London.
- Bourges, R. H. 1982. Nutrición y alimentos. Su problemática en México. Continental. México. 100 p.
- Bourges, R. H. 2000. Desnutrición en 46 por ciento de la población infantil mexicana. Gaceta UNAM, No. 3,388.
- Cabral, P H. 2001. Evaluación del efecto de la adición de "Axayacatl" (Hemiptera: Corixidae-Notonectide) a una dieta de iniciación de pollos de engorda. Tesis Profesional Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 44 p.
- Campos, J. 1995. ¿Qué estamos haciendo por los pobres? Aguilar Nuevo Siglo, México. pp. 34, 47, 66-67, 440-445.
- Castillo, B. H. 2000. En el Distrito Federal se generan a diario 11 mil toneladas de basura. Entrevista publicada en Gaceta UNAM. México. No. 3 388
- Clausen, L. W. 1971. Insects fact and folklore. McMillan Co. London. pp. 51-55.
- Cuca, M. G., E. Ávila y A. Pró. 1996. Alimentación de las aves. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Estado de México. México.
- Daura, G. A. 1990. La industria de la carne. Sintés. España. pp. 172-203.
- DeFoliart, G. 1992. Insects as Human Food. Butterworth-Heinemann Ltd. Crop Prot., 11. Oct:395-399.
- Elzinga, R. J. 1997. Fundamentals of Entomology. Prentice Hall. Upper Saddle River. New Jersey. USA. pp. 325-327, 353-357.
- Fajardo, M. J. E. 1990. Empleo de *Periplaneta americana* L. (Diptoptera: Blattidae) en el reciclaje de desechos orgánicos en condiciones de laboratorio. Determinación de su ciclo de vida. Tesis Profesional Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 97 p.
- FAO, 2000. El estado de la inseguridad alimentario en el mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 32 p.

- Fischler, C. 1995. El (h) omnívoro. Anagrama. España. pp. 28-33.
- Gordon, D. G. 1996. The Compleat Cockroach. Ten Speed Press. USA. 178 p.
- Harwood, R. F. y M. I. James. 1987. Entomología Médica y Veterinaria. UTEHA. México. pp. 121-131.
- Hernández, M. M. 1998. Efecto de la harina de *Periplaneta americana* (Insecta), en el crecimiento de *Carassius auratus* (Pisces). Tesis Profesional Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 47 p.
- Ladrón de Guevara, O., P. Padilla, L. García, J. M. Pino. y J. Ramos-Elorduy 1995. Amino acid determination in some edible Mexican insects. *Amino acids* 9:161-173.
- Moreno-Terrazas, O. "La nutrición como elemento fundamental de la salud pública" Conferencia inaugural del Taller sobre Orientación Alimentaria y Conservación de Alimentos del 17 al 20 de octubre de 1990. Cd. Victoria, Tam. DIF-Tam., UAT.
- North, M. O. y D. D. Bell. 1993. Manual de producción avícola. Manual Moderno. México. pp. 503-664.
- N.R.C. 1994. Nutrient Requirements of Poultry, National Research Council. National Academy of Sciences. Washington, D.C. USA.
- Pontes, P. M. y J. A. Castello. 1996. Alimentación de las aves. Real Escuela de Avicultura. Barcelona, España. pp. 175-191.
- Ramos-Elorduy, J. 1987. Los Insectos como Fuente de Proteínas en el Futuro. Limusa. México. 143 pp.
- Ramos-Elorduy, J. 1997a. The importance of edible insects in the nutrition and economy of people of the rural areas of Mexico. *Ecology of Food Nutrition*. 36: 347-366.
- Ramos-Elorduy, J. 1997b. Insects: A sustainable source of food? *Ecology of Food Nutrition*. (36): 247-276.
- Ramos-Elorduy, J. y J. M. Pino. 1979. Insectos comestibles del Valle del Mezquital y su valor nutritivo. *An. Inst. Biol. UNAM. Ser. Zoología*, 50: 563-574.
- Ramos-Elorduy, J. y J. M. Pino. 1990. Contenido calórico de algunos insectos comestibles de México. *Rev. Soc. Quím. Méx.* 34: 56-68.

- Ramos-Elorduy, J. y J. M. Pino. 1994. Aprovechamiento en la alimentación de los insectos plaga como un método natural de control. Resúmenes V Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas. San José, Costa Rica. 43 p.
- Ramos-Elorduy, J., H. R. Bourges, J. M. Pino. 1982. Valor nutritivo y calidad de la proteína de algunos insectos comestibles de México. *Fol. Ent. Mex.* 53: 111-118.
- Ramos-Elorduy, L., J. M. Pino y C. S. Cuevas. 1998. Insectos comestibles del Estado de México y determinación de su valor nutritivo. *An. Inst. Biol. UNAM. Ser. Zoología.* 69 (1):65-104.
- Richards, O. W. y R. G. Davies. 1984. Tratado de Entomología IMSS. Omega. España. pp. 183-243.
- Roldán, A. J. A. 1992. Nutrición, Desarrollo Social e Historia. Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán. México, 100 p.
- Rust, M. K., D. A. Reiersen y K. H. Hansgen. 1991. Control of American cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae) in sawyers. *J. Med. Entomol.* 28 (2): 210-213.
- SAGARPA. 2001. Informe preliminar 2001. Coordinación General de Ganadería. México
- SEDESOL, 1999. Informe de la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. México
- Suiter, D. R. y P. G. Koehler. 1998. The American cockroach, *Periplaneta americana*. Fact Sheet ENY-232. Series of the Entomology and Nematology Department. IFAS/University of Florida. USA.
- Zúñiga, M. A. 1988. Empleo de harina de pupa de mosca (*Cochliomyia hominivorax*), como fuente de proteína en la fase de cría de la trucha arco iris (*Salmo gairdneri*) Tesis Profesional Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. México. 112 p.