

28



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

EVALUACION DEL EFECTO DE LA ADICION DE  
"AXAYACATL" (HEMIPTERA: CORIXIDAE-  
NOTONECTIDAE) A UNA DIETA DE  
INICIACION DE POLLOS DE ENGORDA

289044

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 :  
HERNANDO / CABRAL PERDOMO

DIRECTOR DE TESIS:  
*DRA. JULIETA RAMOS-ELORDUY BLASQUEZ*



2001

FACULTAD DE CIENCIAS  
SECCION ESCOLAR



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.

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE  
"AXAYÁCATL" (HEMÍPTERA: CORIXIDAE-  
NOTONECTIDAE) A UNA DIETA DE INICIACIÓN DE  
POLLOS DE ENGORDA**

**TESISTA: HERNANDO CABRAL PERDOMO  
BIOLOGO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
UNAM**

**FEBRERO DE 2001**

**DIRECTOR DE TESIS: DRA. JULIETA RAMOS-ELORDUY  
DIRECTOR ADJUNTO: M. en C. ERNESTO ÁVILA GONZALEZ**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO**  
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:  
Evaluación del efecto de la adición de Axayácatl (Hemiptera: Corixidae-  
Notonectidae) a una dieta de iniciación de pollos de engorda.

realizado por Hernando Cabral Perdomo

con número de cuenta 8652092-6 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Doctora Julieta Ramos-Elorduy Blásquez  
Propietario

Propietario Maestro en Ciencias Ernesto Avila González

Propietario Doctor José Manuel Pino Moreno

Suplente Doctor Adolfo Navarro Sigüenza

Suplente Biólogo Javier Figueroa Morales

FACULTAD DE CIENCIAS  
U.N.A.M.

Consejo Departamental de Biología

*Edna María Suárez Díaz*  
Coordinadora de Biología  
Doctora Edna María Suárez Díaz

DEPARTAMENTO  
DE BIOLOGIA

A DIOS

A SUSANA Y SANTIAGO

A MIS PADRES

*Al final sólo conservamos lo que amamos,  
pero amamos lo que conocemos  
y conocemos lo que nos han enseñado.*

**Baba Dioum**

Para la elaboración de este trabajo contribuyeron con sus conocimientos, alegría, entusiasmo, apoyo moral y esfuerzo físico muchas personas, que de una u otra manera hicieron posible la realización de esta tesis y a las cuales quiero expresar mi más profundo agradecimiento, en especial a la Dra. Julieta Ramos-Elorduy y al Dr. Ernesto Ávila por su apoyo y dedicación en la elaboración del experimento y el trabajo de gabinete. A mi muy querida y amada esposa Susana, por su enorme bondad que me fortaleció para continuar y por las largas horas de amena discusión del manuscrito. A mis padres que siempre me apoyaron moral y económicamente para la realización de este trabajo.

## INDICE

1. INTRODUCCION	5
2. ANTECEDENTES	7
3. NUTRICION AVIAR	11
3.1. Importancia económica	11
3.2. Nutrimientos	12
3.3. Digestión y metabolismo	13
3.3.1. Tracto digestivo	13
3.3.2. Absorción	13
3.3.3. Formación de compuestos	14
3.4. Proteína	15
3.4.1. Importancia	15
3.4.2. Composición de los ingredientes	15
3.4.3. Requerimientos del ave	15
3.5. Energía	16
3.5.1. Importancia	16
3.5.2. Composición de los ingredientes	16
3.5.3. Requerimientos del ave	16
3.6. Diferentes niveles de proteína y energía	17
4. LOS INSECTOS COMO FUENTE DE PROTEINA	17
4.1. Aplicaciones socioeconómicas	17
4.1.1. Nutrición humana	17
4.1.2. Nutrición pecuaria	18
5. DIAGNOSIS DEL ORDEN HEMIPTERA SEGÚN GUILLOT 1980	18
5.1. Generalidades de los Hemípteros acuáticos	18
5.2. Características generales de la familia Notonectidae	20
5.3. Características generales de la familia Corixidae	21
6. OBJETIVOS	26
7. HIPOTESIS	26
8. METODOLOGIA	26
9. RESULTADOS	29
10. DISCUSION	38
11. CONCLUSIONES	39
12. BIBLIOGRAFIA	40

## 1. INTRODUCCIÓN

La acelerada transformación de los ecosistemas naturales, la explotación excesiva de especies, la pérdida de biodiversidad y la contaminación han generado una crisis ambiental de proporciones desconocidas y sin precedentes en la historia (Ehrlich, 1988; Ehrlich y Ehrlich, 1981, 1992; WRI, IUCN y PNUMA, 1992; Miranda, 1993).

Desde hace casi cien años, diversos grupos académicos, especialmente los biólogos, se han esforzado por llamar la atención sobre éstos problemas, sin embargo, hasta hace muy poco (en un momento en que la crisis se ha vuelto alarmante), su voz se ha hecho escuchar con tal fuerza, que la sociedad en su conjunto empieza a tomar conciencia y se perfilan cambios que permitan hacer frente a esta crisis.

La deforestación, la erosión de los suelos, la extinción de especies de flora y fauna, los cambios en el régimen hídrico y climático, tanto a nivel local como global, son procesos que modifican sustancialmente la dinámica natural y la estabilidad de la vida en el planeta, incluyendo la del hombre.

El empobrecimiento y la disminución de la calidad de vida, las hambrunas y la desnutrición, son solo algunas de las consecuencias del uso inadecuado que el hombre ha hecho de los recursos naturales de los que depende su supervivencia.

Los científicos, los economistas, los políticos y la sociedad en su conjunto, deberán asumir esta responsabilidad con el fin de permitir que la vida continúe en el planeta tal y como la conocemos. Únicamente nuestra capacidad para detener y revertir los procesos de deterioro del ambiente pueden hacer frente a esta situación. Para ello debemos diseñar y adoptar nuevas pautas de comportamiento y estrategias de uso, conservación y manejo de los recursos.

En un momento crítico como el actual, se acentúa la preocupación por el efecto que en el mundo tendrán las diferentes crisis, como la de los energéticos, la de la contaminación ambiental, la de sobrepoblación, la pérdida de la biodiversidad y por ende la más dramática de todas: la de la alimentación.

La pérdida de la autosuficiencia alimentaria no puede concebirse sino como el resultado final de un prolongado proceso por el cual la manera capitalista de producir va subutilizando, desaprovechando y finalmente, destruyendo todo el potencial productivo representado por la diversidad de los ecosistemas, y al mismo tiempo y por lo mismo, va paulatinamente destruyendo la capacidad de autoabastecimiento de productores, localidades y regiones enteras (Toledo *et al.*, 1987).

El estado de nutrición de las personas es el elemento fundamental del capital humano de la comunidad. Tratar de solucionar los problemas de hambre y de la nutrición defectuosa es una tarea primordial de nuestra época, por lo tanto es urgente encontrar soluciones y abordar todos los campos de la ciencia para que cuando los recursos existentes se agoten o su producción sea inferior a la necesaria, se cuente con métodos alternativos para la rápida obtención de alimentos (Ramos-Elorduy, 1982)

En primer término, se impone la necesidad de encontrar nuevas fuentes de proteínas para complementar los recursos agropecuarios clásicos y así satisfacer las necesidades de una población mundial en constante aumento.

Los insectos constituyen una fuente ilimitada de proteína animal que está totalmente desaprovechada y que podrá asegurar un consumo alimenticio de acuerdo con los requisitos biológicos para una nutrición aceptable (Ramos-Elorduy, 1982).



En efecto, los pocos estudios realizados acerca de la cantidad de proteínas y vitaminas que contienen, demuestran que los insectos poseen una gran riqueza proteínica de alto valor nutritivo y que, aprovechado de forma sistemática, constituyen una confiable fuente de alimentación ya que cumplen con dos características cruciales: ser suficientemente numerosos y ser aceptablemente comestibles (Ramos-Elorduy, 1982).

Por las razones antes expuestas es de vital importancia, buscar fuentes alternas como un modo de producción sostenible, rentable y que cuente con los requerimientos de calidad y cantidad en cuanto a riqueza proteica, como una alternativa confiable y factible en la producción pecuaria a gran escala.

## 2. ANTECEDENTES

### Nutrición animal

Debido a su elevado valor nutritivo en proteínas, vitaminas, minerales y ácidos grasos, los insectos son una alternativa alimenticia en la nutrición animal y en el caso de las aves (pollos de engorda, pollas de postura, codornices y pavos) son muchas las investigaciones que se han realizado. En la mayor parte de ellas se han utilizado las larvas y pupas de la mosca *Musca domestica* L., aunque también se ha experimentado con grillos, chapulines, larvas y adultos de mariposa de la seda, abejas, escarabajos, entre otras.

Experimentos con larvas de mosca han demostrado que la calidad de la proteína que contiene la pupa es similar a la carne y que el tipo y cantidad de ácidos grasos es parecida a la que hay en el aceite de pescado (Calvert *et al.*, 1969).

Las pupas de las moscas se han utilizado para alimentar pollos. Se compararon dietas balanceadas con pupas de moscas y dietas control y encontraron que no había diferencias significativas entre los resultados (Teotia y Miller, 1973). En otros experimentos, también con pupas de mosca, se determinó que la composición de aminoácidos de la dieta con el insecto era comparable a una dieta de carne y hueso, o de pescado, y mucho mejor que una dieta de soya y aceite (Teotia y Miller, 1974).

Rey, *et al.* (1979) alimentaron a pollos con diferentes dietas, incluyendo una balanceada con larvas de mosca y encontraron que había diferencias significativas en el peso ganado o en la conversión alimenticia.

En otro trabajo se cultivaron larvas de mosca en estiércol de cerdo y se incorporaron las larvas en forma de harina a las dietas de pollos. Se encontró que la larva podía sustituir totalmente a la harina de soya, sin alterar la ganancia de peso y el consumo de alimento (Reyes, 1979).

Gawaad y Brune (1979) compararon una dieta de maíz, soya, pescado, semilla de algodón, trigo, hueso, grasa animal con una dieta elaborada a base de larvas de *Musca domestica* L., reemplazando toda la harina de pescado y dos quintas partes de la soya. Los pollos que se alimentaron de la dieta con larvas, presentaron mayor concentración promedio de calcio y menor concentración de lípidos totales, glucosa, colesterol y fósforo inorgánico en el suero sanguíneo. También tuvieron éstos un mayor peso corporal y a la vez un menor peso en sus plumas comparados con el testigo.

Peter *et al.* (1985) estudiaron los efectos de la gallinaza complementada con pupas de *Musca domestica* L., en la alimentación de pollos de engorda y codornices. Los pollos de engorda tuvieron mejor peso con diferentes porcentajes de la mezcla de gallinaza y pupas, a diferencia de los que se alimentaron únicamente con pupas, pero sin gallinaza.

Chrappa *et al.* (1990) utilizaron larvas y pupas de *Musca domestica* L., para alimentar pollos de engorda. Encontraron que emplear estos estados larvarios en dietas para pollos no presentan efectos negativos en el crecimiento del pollo, ni en la calidad y sabor de la carne de éstos.

Koo *et al.* (1989) alimentaron pollos con dietas balanceadas con pupas de *Musca autumnalis* (De Geer) sustituyendo de la dieta de soya-aceite durante cuatro semanas. El contenido de aminoácidos era especialmente grande en metionina. Los resultados obtenidos no produjeron efectos observables, solo un pequeño decremento en la eficiencia debido a la baja densidad calórica de la pupa, comparado con la dieta de soya-aceite.

También se han utilizado las larvas de mosca doméstica en dietas para gallinas ponedoras. Se ha encontrado que la adición de estas larvas a una dieta base para gallinas, reemplaza

adecuadamente los nutrientes proporcionados por dietas con base en pescado y con base en carne y hueso; inclusive hay un aumento en el grosor del cascarón del huevo, así como en el peso del huevo, sin que afecte otros patrones del huevo, ni de las gallinas (Parshikova *et al.*, 1981).

Trabajando con el Orthoptero Tetigónido, el grillo *Anabrus simplex* Haldeman., se ha encontrado que el valor proteínico para pollos de engorda es comparable a una dieta basada en soya. Se evaluó el sabor de la carne de pollo, y no hubo un efecto adverso en aquellos que se alimentaron con la dieta balanceada con estos insectos. (Finke, *et al.* 1985). Igualmente, se ha demostrado que los grillos domésticos *Acheta domestica* secos son una buena fuente de calidad proteínica para los pollos, pero será un ingrediente indispensable, en la manera en que se puedan producir a un menor costo. (Nagasaki, *et al.*, 1987).

Igualmente se utilizaron *A. simplex* Hald., recolectados directamente en el campo y se balancearon dietas con maíz. Encontrándose que la dieta maíz-insecto tenía una mejora significativa en el crecimiento de los pollos a diferencia de la dieta convencional soya-maíz (DeFoliart *et al.*, 1982).

Despins y Axtell (1994 y 1995) alimentaron crías de pavo y pollo de engorda con la larva de escarabajo *Alphitobius diaperinus*. Al lote de pavos se les dio únicamente larvas durante unos días. Se encontró que el resultado fue significativamente adverso al peso normal de las crías. Los mismos resultados se obtuvieron con los pollos de engorda.

También se han utilizado las pupas del gusano de la seda como fuente de proteínas. Joshi, Rao y Rao, (1979) encontraron que a mayor porcentaje de inclusión del insecto en la dieta, menor ganancia de peso y menor conversión alimenticia.

Fagonee (1983) trabajó con dietas balanceadas utilizando la pupa del gusano de la seda. Determinó que el reemplazo total de la harina de pescado por harina de insecto tenía un efecto adverso en el patrón de crecimiento, sin embargo, el reemplazo del 50% no presentó un efecto adverso, lo que parece estar relacionado con los niveles de la hormona de la pupa alpha-ecdysone, o la cual, depende de la edad de la misma.

Kumar, Hasan y Rao (1992) utilizaron la mariposa del gusano de la seda como alimento para pollos de engorda y concluyen que el uso de la mariposa puede ser exitosamente utilizado como fuente de proteína animal en la crianza de pollos de engorda.

En gallinas ponedoras se han utilizado dietas balanceadas con pupas del gusano de la seda, sustituyendo la harina de pescado. No se presentó un efecto significativo en la producción de huevo (Virk *et al.*, 1980) y el tamaño del huevo no se vió afectado. (Josi 1980).

Con la finalidad de aprovechar 1,900,000 Kg. de abejas que se destruyen anualmente después de la temporada de producción, en Canadá se ha propuesto utilizar este material proteico, secándolo y moléndolo para alimentar pavos. La harina de abeja tiene mayor cantidad de proteína cruda que la soya y es similar en la composición de aminoácidos y en energía metabolizable. Se encontró que concentraciones altas de harina de abeja tienen un efecto adverso, esto, debido al veneno contenido en éstas (Salmon y Szabo, 1981).

Como se indicó, se ha experimentado con una variedad importante de insectos en la alimentación de aves a nivel pecuario, sin embargo, no se ha encontrado ninguna investigación referente a la utilización de las chinches acuáticas conocidas como "axayácatl", aún cuando éste es muy importante en cuanto a cantidad de proteína y utilización como fuente de alimento en nuestro país.

## El Axayácatl

El insecto denominado "axayácatl" o "axaxayacat" (Remi Simeon) ha sido utilizado como alimento desde épocas muy remotas. Nuestros ancestros en el México antiguo, lo utilizaban como alimento rico en nutrientes y sabor, es más, fue tan importante que el sexto rey azteca originario de Texcoco, se llamaba así en honor a éste importante recurso lacustre (Clavijero, 1780).

El complejo de especies que forman el "axayácatl", producen durante la etapa de reproducción, un huevecillo fino y especial en su sabor, el cual ha servido de alimento en México durante siglos. El "ahuautle" o "aguaucle" (de a-huautli: atl-agua y huautli-bledo de agua, semilla de la "alegría"), nombre que se les dió a los huevos de los insectos acuáticos del complejo "axayácatl", por el parecido tan semejante a la semilla de *Amarantus panuculatus* Saft., y como extensión se utilizan ambos términos para designar a los insectos que los ponen. La primera referencia es de Thomas Gage (1625), explorador en el territorio mexicano, menciona como alimento regional "pequeñas tortas hechas con una materia espumosa, que proporcionan unos insectos que se extraen de los lagos mexicanos".

Hernández (1649) posteriormente los visualiza como "pequeñas moscas lacustres que se reproducen en las superficies de las aguas y se recolectan con redes en los lagos mexicanos, en cierta época del año, sus huevos llegan a ser tan abundantes, que triturados y formando una masa son vendidos en los mercados, después que han sido cocidos por los indígenas en agua de nitro y envueltos en hojas de maíz".

Clavijero (1780) escribió: "Debido al aislamiento en que viven algunas tribus del lago y a sus pobres recursos se ven obligados a comer no solo las plantas acuáticas, sino también batracios como los ajolotes e insectos de los pantanos como el "atetepiz" y el "atopinán", así como también los huevos del "axayácatl", ellos o alguna limosa que recogen sobre las aguas, son secados al sol y les sirven en la fabricación de un alimento, parecido por su sabor al queso, que se llama "tecuilatl".

Guérin-Meneville (1857) nos dice que: "Estos pequeños insectos proporcionan alimentos para el hombre debido a su prodigiosa cantidad de huevecillos, los cuales son colectados como si se tratara de una cosecha regular. Con los huevecillos se elabora harina que se usa para cocinar "cakes" con lo que se alimentan los nativos y que son objeto de un pequeño comercio en los mercados de México. Los "cakes" tienen un pronunciado sabor a pescado siendo ligeramente ácidos..."

Coindet (1867) dejó plasmado: "Los huevos de axayácatl cocidos se conocen con el nombre de ahuautle y son muy agradables a los mexicanos. Los insectos se venden en las calles, llamándoseles por los nativos "mosco para los pájaros".

De la Llave (1886) desde el año de 1832, describió al insecto productor del ahuautle, denominándolo *Ahuautlea mexicana* De la Llave sinónimo de *Krizousacorixa femorata* Guér. Del ahuautle, expresa "...el huevo es proporcional al tamaño del animal y echados en un plato parecen avena. Ahora el modo más común de preparar el ahuautle es moliéndolo crudo, mezclándolo y batiéndolo con huevo crudo para hacer tortillas que cortadas en pedacitos sirven para guarnecer el plato que llaman revoltillo, muy usado en Noche Buena, Semana Santa, y generalmente en días de abstinencia de carnes, el sabor de esta substancia es el de la hueva, aunque siempre inferior al de las de pescado..."

Ancona (1933) dice: "... los huevos del ahuautle (*Krizousacorixa azteca* Jacz., *K. Femorata* Guér., *Corisella texcocana* Jacz. y *C. mercenaria* Say.) también son consumidos habitualmente por la gente de nuestro pueblo; se venden por los meses de mayo, junio y julio, fritos con huevo proporcionan un sabroso alimento con gusto a camarón. Secos se conservan en las alacenas

como un magnífico condimento para la preparación del característico platillo de Nochebuena llamado revoltijo...". En las poblaciones próximas al lago de Texcoco la gente del pueblo ha encontrado uno de sus medios de vida en la recolección y exportación de los huevos e insectos del "ahuautle", que son enviados a diversos lugares de Inglaterra y Alemania para abastecer los acuarios de peces..."

Olivares (1965) menciona que en la actualidad se denomina como "mosco" al complejo de corixidos integrado por las siguientes especies: *Corisella mercenaria* Say y *Corisella edulis* Champ., ampliamente distribuidas en todos los depósitos del ex-lago de Texcoco.

*Ahuautlea mexicana* De la Llave, se presenta solo aisladamente en canales con abundante materia orgánica y en depósitos formados por agua de lluvias.

Fernández (1989) en un estudio taxonómico-comparativo del complejo "Axayácatl-ahuautle" apunta, "... el recurso es escasamente explotado, cuyas especies son: *Corisella edulis* Champ., *C. tarsalis* Fieber, *Krizousacorixa femorata* Guér. y *Notonecta* sp. principalmente. Los factores fisicoquímicos aparentemente no afectan la incidencia de los organismos en los diferentes cuerpos de agua. Los análisis bromatológicos de estos recursos comestibles los califican entre los alimentos con mayor contenido de proteínas de consumo común. El ensayo de cultivo realizado en la granja de policultivo apoya la posibilidad de cultivar estos organismos intensivamente para usarse en la alimentación humana y en la animal."

### 3. NUTRICIÓN AVIAR

#### 3.1 Importancia económica

En la producción de carne o huevo, el costo de la alimentación constituye uno de los renglones más importantes en cuanto a utilización de recursos se refiere. De ahí la preocupación de los nutriólogos y fabricantes de alimentos balanceados, para elaborar dietas que sean lo más económicas posible, pero que a la vez satisfagan las necesidades de las aves.

La avicultura es una actividad pecuaria importante en nuestro país, pues contribuye con el 25% de la proteína animal consumida en forma de huevo y carne de pollo (Avila, 1990). Al igual que otras actividades productivas ha crecido mucho en los últimos años, sin embargo para contribuir a un desarrollo mayor, se requiere seguir investigando alternativas que reduzcan los costos y que sean a la vez, dietas suficientemente completas.

La carne de pollo es un alimento de bajo costo, y existe actualmente una amplia diversidad de productos que se elaboran a partir de ella. Su producción se basa en el rendimiento tanto en cantidad como calidad de la canal, por lo que varios elementos se involucran en el mejoramiento productivo. La consecuencia de la constante selección genética en los reproductores de pollo de engorda, ha hecho que incremente su producción, y por consecuencia, los requerimientos del ave pueden haber variado en los requerimientos actuales en pollo de engorda y en específico de 0 a 2 semanas de edad por ser la etapa más crítica, que es donde se tienen los requerimientos de nutrientes más altos (Jensen, 1992; Moran *et al.*, 1992; Kerr, 1993).

En los últimos años el hombre ha intensificado las investigaciones sobre el conocimiento de la alimentación animal, como una respuesta a la creciente demanda de contar con alternativas que permitan identificar y desarrollar fuentes alternas en la nutrición animal; basadas principalmente en la utilización de subproductos agroindustriales y de origen animal, las cuales permitan disminuir la competencia de alimento entre el hombre y los animales domésticos. Tal es el caso del reciclaje de materia orgánica de desecho en la nutrición animal. Se sabe que los animales actúan como transformadores de los diferentes niveles de energía, de un nivel generalmente bajo que poseen las plantas a niveles superiores que poseen los animales, pero existen dependiendo del tipo de animal, diferentes eficiencias en esta trasducción de la energía, los integrantes de este grupo animal, los insectos son trasductores más eficientes que otro tipo de animales, ya que por tener un ciclo de vida corto, realizan una velocidad de trasducción más rápida, presentando además una buena eficiencia de conversión, gran poder de reproducción y una adaptación muy elevada, además de la gran variedad de regímenes alimenticios que tienen. Es necesario señalar que las poblaciones con mayor velocidad de crecimiento son los que dominan las fuentes de energía y los insectos sólo son superados por los microorganismos. Según estudios efectuados, la cutícula que recubre a los insectos, posee sustancias antibióticas (Goodman, 1989) y por ello no hay desarrollo de microorganismos patógenos, como lo que sucede con otros organismos como los peces, por ejemplo, la anchoveta peruana, cuyo sabor no se neutraliza, la cual es ampliamente utilizada en nutrición animal y que se exporta generalmente a Europa, desarrolla no solo hongos, sino también bacterias patógenas como las salmonelas. Esto, aunque no ha sido estudiado exhaustivamente y hasta ahora no se ha encontrado en los insectos la presencia de salmonelas, ni bacterias coliformes fecales, ni aerobias mesófilas, y además poseen menos cantidades de bacterias que la carne de pollo y de pescado, por lo tanto la calidad microbiológica de los insectos es aceptable (Valle, *et al.*, 1995), además, su preservación es simple, su manejo es barato, su procesamiento mínimo y por lo tanto no caro, y sus cualidades biológicas son muy buenas como para favorecer su implementación. El desarrollo de este tipo de recurso, nos proveería de numerosas bondades al utilizar la gran variedad de nutrientes que los insectos poseen, sobre todo de proteínas (Ramos-Elorduy, 2000).

Según Cuca *et al.* (1990), existe una dependencia de la producción de granos y por ende de las variaciones de los costos de adquisición de los mismos, que en un determinado momento

deja en entre dicho la rentabilidad por los elevados costos de producción, en comparación al precio del mercado.

"El alimento representa del 60 al 70% del total del costo de producción. Esto significa que el precio del alimento influye grandemente en el costo de producción de carne y de huevo. Consecuentemente, el hacer un uso correcto y adecuado del alimento es muy importante para el productor. En México, en 1986, la avicultura empleó aproximadamente 4.7 millones de toneladas de alimento balanceado, cantidad muy superior a la consumida por otras especies juntas" (Cuca *et al.*, 1990)

La falta de producción de insumos para ser empleados en la nutrición animal, nos obliga a la búsqueda de alternativas de sustitutos factibles, cuyo abasto este garantizado y cuyo costo sea accesible. Hasta ahora, los insectos no han sido vislumbrados como agentes recicladores, viendo solo el aspecto negativo de éstos y/o asociándolos con la basura. Sin embargo, entre estas alternativas se encuentran los insectos, tanto para ser empleados en el reciclaje de desechos orgánicos por ser una fuente de proteínas y así incluirse en las raciones de ciertos animales, y también por ser proveedores de otras sustancias como ácidos grasos, pigmentos, vitaminas,y/o minerales de origen natural. En condiciones controladas los insectos se pueden usar como biotransformadores al convertir los desechos orgánicos, en una biomasa rica en proteínas, necesaria y deseable para la alimentación animal, ya que dada su capacidad fisiológica, transforman desechos de bajo valor nutritivo en proteínas de mayor valor biológico y de una mejor calidad (Ramos-Elorduy, 2000).

El conocimiento más amplio sobre los requerimientos nutricionales de las aves y el uso de la DL-metionina y L-lisina de grado alimenticio ha permitido mejorar el valor nutritivo de los ingredientes que se emplean en forma rutinaria en la elaboración de alimentos balanceado par alas aves (Cuca *et al.*, 1990).

Con base en lo anterior, el análisis del experimento realizado con insectos del complejo "axayácatl", busca ofrecer una alternativa más, en cuanto a la adición de un componente nutricional proteico de origen animal a las dietas de pollos de engorda, tomando en cuenta que es relativamente sencillo y económico la producción de éste recurso.

### 3.2 Nutrimentos

El término "nutrimento" involucra a aquellas sustancias químicas simples o compuestas contenidas en los alimentos, que ayuden a las aves a conservar la vida y les hagan posible producir carne y huevo. Todos los alimentos balanceados de aves, deben contener cantidades óptimas de los 6 nutrientes básicos; proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas, minerales, oxígeno y nitrógeno. En ocasiones pueden contener azufre, fósforo y fierro, pero la presencia de nitrógeno es la más sobresaliente. Están constituidas esencialmente por aminoácidos unidos por enlaces peptídicos, formando cadenas largas cuyas propiedades físicas, químicas y función biológica depende de la secuencia de aminoácidos y de la manera como están conectados uno a otro. Los carbohidratos son compuestos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, tienen como unidades básicas azúcares simples o monosacáridos, siendo los más comunes la glucosa, fructuosa y galactosa. Sin embargo, en los alimentos la mayor parte de los carbohidratos se encuentran en forma de disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos, que son la unión de dos o más moléculas de azúcares simples como es el caso de la sacarosa, lactosa, almidón y celulosa. Las grasas están formadas de los mismos elementos que los carbohidratos pero en diferentes proporciones y su principal característica es que contienen menor porcentaje de oxígeno, debido a ésto y a su alto contenido de carbón e hidrógeno, son fuentes concentradas de energía. Contienen glicerol químicamente unido a tres cadenas de ácidos grasos y son sólidas, mientras que los aceites son líquidos a temperatura ambiente. Las vitaminas son compuestos orgánicos indispensables para un crecimiento normal y para la reproducción y conservación de la salud entre otros, por otro lado, los minerales son nutrimentos inorgánicos que desempeñan numerosos

funciones como la formación de huevo, tejido y cascarón. El alimento contiene agua, sin embargo, también debe ser provista en forma independiente pues interviene en funciones vitales del ave como la digestión, absorción y metabolismo de los nutrientes (Clarence y Diffinsk, 1983; Moreng y Avens, 1985; Cuca *et al.*, 1990).

### 3.3 Digestión y metabolismo

#### 3.3.1. Tracto digestivo

La digestión es el proceso de degradación de los nutrientes a partes más simples y pequeñas para su consecuente absorción al aparato circulatorio. Este proceso es llevado a lo largo de todo el tracto digestivo como se describe a continuación: el alimento es tomado por el pico e introducido a la boca, donde se remoja con la producción de las glándulas salivales que contiene la enzima amilasa (ptialina), que actúa sobre los carbohidratos. De aquí el alimento es conducido por el esófago que es relativamente largo y contiene abundantes glándulas mucosas para ayudar a lubricar el paso del alimento hasta llegar al buche, el cual es un ensanchamiento del esófago, donde se almacena por poco tiempo, el alimento es ablandado y tiene lugar una digestión parcial debido a las enzimas contenidas en él. Posteriormente, continúa por el esófago bajo y llega al estómago glandular o proventrículo donde se secretan a través de una mucosa como glándulas gástricas las primeras cantidades de jugo digestivo que contiene enzimas como la pepsina que actúa sobre las proteínas y ácido clorhídrico, que ajusta el pH y ayuda a disolver los minerales. El proventrículo es corto y pequeño, no tiene mucha capacidad de almacenamiento. El alimento con la adición de jugos digestivos pasa rápidamente al interior del estómago muscular (molleja) donde comienza la trituración física. La molleja en la mayoría de las aves está compuesta de dos pares de músculos opuestos llamados delgados y gruesos, estos músculos ejercen presión para degradar y mezclar el alimento con sus frecuentes y repetidas contracciones, quebrándolo en pequeñas partículas y preparándolo para la digestión. Una vez que se ha triturado finamente y mezclado, el alimento pasa al intestino delgado (formado por duodeno, yeyuno e ileon) que es el principal lugar de la digestión química. En el duodeno el alimento estimula la secreción de bilis por el hígado que ayuda a la emulsificación de las grasas. En la parte interna del asa duodenal se localiza el páncreas que produce jugo pancreático, compuesto de enzimas como amilasa, lipasa, tripsina, quimotripsina y carboxipeptidasa que complementan la digestión final de las proteínas y convierten los carbohidratos y lípidos en compuestos más sencillos. Se prosigue al yeyuno, sitio de mayor absorción, después pasa al ileon donde existe también poca producción de enzimas. La vía de paso se continúa con el intestino grueso, que es relativamente corta y sin ninguna producción de enzimas, su función es la absorción de agua del contenido intestinal, iniciando así la formación de excretas sólidas. Este proceso dota a las aves de un mecanismo de reciclaje y mejor utilización de nutrimentos importantes. En la unión del intestino delgado y grueso se encuentran ciegos, que histológicamente son similares al intestino delgado excepto que las vellosidades no son tan largas. Su principal función está asociada con la fermentación microbiana y alguna digestión de la fibra que pudiera incluirse en la dieta. Aunque en los pollos y pavos no se pueden utilizar grandes volúmenes de fibra. El recto es relativamente corto, similar al intestino delgado excepto que las vellosidades también son cortas. Finalmente, el tracto digestivo culmina en la cloaca, que además de llegar el intestino grueso, también es el sitio donde llegan el sistema urinario y reproductor (Moreng y Avens, 1985; Sturkie, 1986; Cuca *et al.*, 1990; North, 1993).

#### 3.3.2. Absorción

El proceso de la digestión hace que las moléculas grandes reaccionen con el agua y las enzimas específicas para romper enlaces (hidrólisis), liberando aminoácidos de la proteína, monosacáridos de los carbohidratos, glicerol y ácidos grasos de los triglicéridos. Esta hidrólisis es rápida, pero no instantánea con el rompimiento gradual de las uniones carbón-nitrógeno (C-N) de proteínas y uniones carbón-oxígeno (C-O) de carbohidratos y triglicéridos, para producir cadenas de moléculas más cortas y eventualmente muchos aminoácidos, monosacáridos, glicerol y ácidos grasos libres. Los productos de la digestión entran en contacto con las membranas de las



microvellosidades y son absorbidos a través del citoplasma de las células epiteliales por difusión a lo largo de un gradiente de concentración o por algún tipo de transporte activo. Para que los nutrientes sean absorbidos, éstos deben estar en solución, lo que sucede con cierta cantidad de agua, parte de la cual es secretada a nivel intestinal además, de los jugos digestivos, sin embargo en el intestino grueso se absorbe el agua que no fue utilizado junto con algunos electrolitos. Si una cadena de polipéptidos muy corta es transportada al citoplasma de la célula de absorción, es digerida antes de que pase a los capilares sanguíneos. La hidrólisis de la grasa no siempre se completa, pero se rompe lo suficiente para permitir su absorción a través de la célula epitelial del intestino al aparato circulatorio (Sturkie, 1986; North, 1993; Cuca *et al.*, 1990).

Muchas vitaminas se presentan en combinaciones que evitan absorción a través de la pared del intestino; deben sufrir algún tipo de digestión o por lo menos un cambio para permitirles el paso al torrente sanguíneo. La dieta no es el único origen de todas las vitaminas, por ejemplo, la vitamina D es sintetizada en la piel por medio de radiaciones de rayos ultravioletas de luz solar, pero debe incluirse en la dieta ya que las aves de granja, no tienen acceso a la luz solar (Scott *et al.*, 1982; Cuca *et al.*, 1990).

No puede decirse que los minerales sufren una digestión, pues estos son absorbidos en la misma forma como son suministrados en el alimento, pero la absorción está relacionada con su solubilidad (Avila, 1990; Scott *et al.*, 1982).

### 3.3.3. Formación de compuestos.

Los carbohidratos son desdoblados a glucosa y transportados por la corriente sanguínea a las células que requieren energía. Así el primer uso de la glucosa es la oxidación en las células, para producir calor y energía y junto con esto, se producen otros productos como bióxido de carbono y agua. Cuando hay exceso de glucosa en la sangre, ésta es convertida en glucógeno (almidón animal) por el hígado. En esta forma se almacena en el hígado y en otras partes del cuerpo como el músculo. Sin embargo, la capacidad de almacenamiento para este polisacárido (glucógeno) no es grande y cuando se satura, la glucosa adicional rápidamente se convierte en grasa para conservar el nivel adecuado de glucosa en la sangre. Esta grasa se deposita en las células grasas, que se localizan en varios sitios (Cuca *et al.*, 1990; Moreg y Avens, 1985; North, 1993).

Las grasas digeridas en forma de ácidos grasos libres y usadas para producir calor, energía, huevo o bien pueden ser almacenadas como grasa corporal para lo cual no hay límite de almacenamiento. Cuando la porción de energía en la dieta es menor a la cantidad necesaria para los procesos corporales del ave, la grasa es removida para completar la diferencia y los depósitos disminuyen. Un exceso de ácidos grasos puede ser transportado para hacerse un componente necesario de las células y tejidos del cuerpo o bien para sintetizar aceites de la piel (Strukie 1986; North, 1993).

El primer uso de los aminoácidos en la sangre es la síntesis de nuevas proteínas para la célula y estructura de tejidos (carne y huevo) y enzimas. Los aminoácidos sobrantes son transportados por la sangre al hígado, donde hay desaminación por hidrólisis enzimática de la unión carbono-nitrógeno (C-N) con producción de amoníaco. El amoníaco puede ser metabolizado en ácido úrico y pequeñas cantidades de urea para su excreción en la orina en forma de uratos, o si es necesario, puede ser usado como fuente de nitrógeno en la síntesis de aminoácidos no esenciales requeridos. La parte deaminada puede ser oxidada en una célula obteniéndose energía, bióxido de carbono y agua. Cuando el requerimiento de energía está cubierto, el grupo carbonado puede ser metabolizado a glucosa y almacenado como glucógeno corporal o convertido a grasa (Strukie, 1986; North, 1993).

Los minerales son directamente necesarios para muchas reacciones metabólicas y algunos son usados en estructura de tejido como huesos y cascarón del huevo. Las vitaminas no están provistas en la dieta para usarse como una fuente de energía, al menos algunas cantidades

pueden ser oxidadas o metabolizadas en productos de desecho para su excreción. Las vitaminas son primeramente usadas para formar las coenzimas necesarias para las reacciones metabólicas. El exceso puede ser almacenado en el huevo y en el hígado, los cuales son relativamente altos en el contenidos de éstos (Cuca *et al.*, 1990; Moreng y Avens, 1985).

Posiblemente ninguna de las partes consumidas por el ave es más importante para los procesos fisiológicos como el agua, pues ésta, es uno de los puntos finales indispensables para que se lleven a cabo las reacciones metabólicas y sirve para regular la temperatura corporal (Clarenc y Diggins, 1983; Moreng y Avens, 1985; Strukie, 1986; Cuca *et al.*, 1990).

### 3.4. Proteína

#### 3.4.1. Importancia

La importancia de las proteínas radica en las numerosas funciones que tienen en el organismo animal. Son constituyentes de todos los tejidos, como la sangre, músculos, plumas, huevo, etc., y representan aproximadamente la quinta y séptima parte del peso del ave y huevo, respectivamente. Todas las enzimas que catalizan reacciones químicas en los sistemas biológicos, al igual que los anticuerpos son proteínas altamente específicas. De aquí el hecho de no poder prescindir de ellas en la alimentación de las aves (NCR, 1984 y 1994; Avila, 1990; Cuca *et al.*, 1990).

#### 3.4.2. Composición de los ingredientes.

Las proteínas para alimentación de las aves son de dos orígenes: animal y vegetal, siendo las de origen animal de mayor valor biológico por su alto contenido de aminoácidos esenciales, sin embargo, si se suplementan adecuadamente las proteínas de origen vegetal con aminoácidos sintéticos, pueden dar buenos resultados (Avila, 1990; Cuca *et al.*, 1990)

Dentro de las proteínas de origen animal están principalmente harina de pescado, que es muy utilizada en alimentación de aves, especialmente de pollos de engorda por su alto contenido de aminoácidos esenciales como metionina y lisina, además de contener calcio, fósforo y ácidos grasos insaturados entre otros, pero tienen una gran variación en su contenido de proteína, además de que pueden haber alteraciones con urea, amonio y otros ingredientes (Avila, 1990; Cuca *et al.*, 1990; Asencio, 1994). La harina de pluma hidrolizada tiene un nivel de proteína de 75 a 80% y es relativamente barata en relación con otras fuentes de nitrógeno, solo que, su contenido de algunos aminoácidos como metionina, lisina, histidina y triptofano es bajo, lo que limita su uso. En cambio la harina de carne tiene un alto contenido de lisina y fósforo, pero su contenido de proteína fluctúa de 41 a 52 %. La harina de sangre también contiene un nivel alto de proteína (80%) y es rica en lisina, pero deficiente en isoleucina y en muchas ocasiones se tienen problemas de sanidad al contaminarse con *Salmonella* sp. (Avila, 1990; Cuca *et al.*, 1990).

Como fuentes de proteína de origen vegetal están principalmente: pasta de soya que es una de las mejores fuentes para dietas de aves. Su contenido de proteína fluctúa entre 43 y 50%. Los aminoácidos que contiene son más fácilmente aprovechables que los de la mayoría de las fuentes de proteína vegetal y animal. Tiene alto contenido de lisina, pero es deficiente en metionina. Sin embargo, cuando se usa mal procesada el peso de los pollos disminuye. La pasta de algodón (harinolina) tiene un contenido de proteína que varía de 40 a 45%, es deficiente en lisina y metionina y se recomienda en no más del 15% de la dieta cuando su contenido de gopoi es bajo (0.04 a 0.08%), además de suplementar con los aminoácidos limitantes. La pasta de ajonjolí es una fuente rica en proteínas para las aves (44%), pero deficiente en lisina y extraordinariamente rica en metionina. La pasta de girasol tiene un contenido de proteína que va de 32 a 42%, ésta pasta como muchas otras de las oleaginosas es limitante en lisina, pero rica en metionina. La pasta de cártamo posee de 18 a 22% de proteína, es deficiente en lisina y tiene un contenido muy alto de fibra (30 a 35%), mientras que el gluten de maíz se caracteriza por ser rico en proteína

(42%), pero deficiente en lisina y triptofano, aunque es excelente en su contenido de metionina (Avila, 1990; Cuca *et al.*, 1990).

#### 3.4.3. Requerimientos del ave

Las necesidades de proteína de las aves han sido determinadas a través de muchos experimentos: actualmente existe información para las diferentes edades de las aves y la finalidad de éstas como carne o huevo. Así para el pollo de engorda de 0 a 3, de 3 a 6 y de 6 a 8 semanas, los niveles recomendados por NRC (1984 y 1994), son de 23, 20 y 18% de proteína cruda respectivamente y la cantidad que se emplea en México, puede ser menor si se suplementan con los aminoácidos sintéticos más limitantes; de esta manera Cuca *et al.* (1990) recomiendan de 21 a 23% de proteína cruda para la primera fase (0 a 4 semanas).

### 3.5. Energía

#### 3.5.1. Importancia

La energía se utiliza en todos los procesos fisiológicos del ave, como son movimiento, respiración, circulación, absorción, excreción, reproducción, regulación de la temperatura y en general, para todos los procesos vitales, considerándose como un combustible del cuerpo expresado en calorías (Avila, 1990).

#### 3.5.2. Composición de los ingredientes.

La energía para la alimentación de las aves se encuentran principalmente en los granos de cereales y grasas que se mencionan a continuación:

El cereal con el valor energético más alto es el maíz (NCR, 1984) y es el patrón de comparación de los cereales, sólo que no es muy empleado en la alimentación animal en México debido a que se destina a consumo humano, de ahí que el sorgo sea la fuente principal de energía para la nutrición animal, pues aporta cerca del 75% del contenido total de energía de la dieta (Cuca *et al.*, 1990). Sin embargo, los sorgos amargos por su alto contenido de taninos poseen una menor proporción de almidón y como consecuencia un menor valor de energía metabolizable (Avila, 1990). El trigo también es una fuente alternativa de energía, sólo que, al igual que el maíz se destina a consumo humano, resultando un precio inaccesible para la producción pecuaria y su valor energético es inferior al de maíz y sorgo. La cebada y la avena aún poseen menor energía que el trigo y mayor contenido de fibra que los granos mencionados, por ello no son muy usadas en la formulación de alimentos para aves o se utilizan en pequeñas cantidades (Avila, 1990; Cuca *et al.*, 1990).

#### 3.5.3. Requerimientos del ave.

Las necesidades de energía de los animales generalmente se expresan en términos de kilocalorías de energía metabolizable por kilogramo de alimento. Para pollo de engorda el NRC (1984 y 1994) recomienda 3200 kcal de EM/kg. de alimento durante todo el ciclo de engorda, aquí en México se recomienda de 2900 a 3000 kcal de EM/kg. (Cuca *et al.*, 1990).

### 3.6. Diferentes niveles de proteína y energía

En la producción intensiva de pollo de engorda, el alimento es la parte en la que el avicultor invierte más; por ello una gran parte del costo está representada por el suministro de los ingredientes proteicos y los que aportan energía para obtener dietas adecuadas desde el punto de vista nutricional como económico. Otro factor importante es el genético ya que las aves han mejorado rápidamente su rendimiento en la producción y se hace necesario evaluar constantemente los requerimientos cuantitativos de estos nutrientes para asegurar que se está aprovechando al máximo el nuevo potencial genético (Jensen, 1992; Charraga y Hernández, 1995).

## 4. LOS INSECTOS COMO FUENTE DE PROTEÍNA

Los insectos son el grupo animal dominante sobre la tierra; ellos han colonizado todos los hábitats, su potencial reproductivo es enorme y además poseen un valor nutritivo muy elevado. En efecto, ofrecen una cantidad significativa de proteínas, de las cuales está carente el mundo actual, por lo que los insectos podrían constituir una fuente de proteína animal para la humanidad.

Son pocos los trabajos en donde se analiza el potencial proteico de los insectos, utilizándolos ya sea como alimento humano directo, o como ingredientes de las dietas para la industria pecuaria, como ya se ha descrito anteriormente.

Los insectos permanecen íntegramente desaprovechados de una manera sistemática a pesar de tener una gran riqueza proteínica y vitamínica (Ramos-Elorduy, 2000). Si tomamos en cuenta su gran capacidad de reproducción, facilidad con que se logra ésta y el alto valor nutritivo que contienen, nos encontramos con una fuente de alimento que ha sido desaprovechada y poco o nada explotada.

La calidad de la proteína depende de la composición de los aminoácidos presentes en el organismo, en el caso de los insectos es de muy alta calidad. (Ramos-Elorduy, *et al.*, 1984).

### 4.1. Aplicaciones socioeconómicas.

La importancia que tienen los insectos como una alternativa nutricional es patente debido a su alto contenido de aminoácidos esenciales y a la calidad de su proteína, por lo que la explotación industrial de este recurso proporciona una fuente alterna de proteína tanto para consumo humano, como para la industria pecuaria, la cual está cada vez más necesitada de fuentes alternas económicas, rentables y de fácil acceso para realizar las dietas de los animales a producir.

Con el cultivo masivo de insectos se tiene la ventaja de que, aparte de ser un alimento de valor nutritivo, constituye para el lugar de explotación una fuente de trabajo, pues implica la creación de una industria propia en cada área rural. De ahí que, según los economistas agrícolas, ésta será una solución a la economía regional, estatal y nacional. (Ramos-Elorduy, 1982).

Con la creación de las industrias nativas en donde se efectuarán los cultivos masivos de insectos se tendría, además de alimento, varias ventajas y beneficios, unas de carácter económico y otras más de carácter social; pero cualquiera que sea su naturaleza, tienen un peso muy digno de tenerse en cuenta en el desarrollo general del país.

#### 4.1.1. Nutrición humana

La entomofagia, o sea el consumo de insectos, selectiva y orgnolépticamente, se ha practicado desde hace miles de años, de tal forma que los insectos han formado parte del los

### 3.6. Diferentes niveles de proteína y energía

En la producción intensiva de pollo de engorda, el alimento es la parte en la que el avicultor invierte más; por ello una gran parte del costo está representada por el suministro de los ingredientes proteicos y los que aportan energía para obtener dietas adecuadas desde el punto de vista nutricional como económico. Otro factor importante es el genético ya que las aves han mejorado rápidamente su rendimiento en la producción y se hace necesario evaluar constantemente los requerimientos cuantitativos de estos nutrimentos para asegurar que se está aprovechando al máximo el nuevo potencial genético (Jensen, 1992; Charraga y Hernández, 1995).

## 4. LOS INSECTOS COMO FUENTE DE PROTEÍNA

Los insectos son el grupo animal dominante sobre la tierra; ellos han colonizado todos los hábitats, su potencial reproductivo es enorme y además poseen un valor nutritivo muy elevado. En efecto, ofrecen una cantidad significativa de proteínas, de las cuales está carente el mundo actual, por lo que los insectos podrían constituir una fuente de proteína animal para la humanidad.

Son pocos los trabajos en donde se analiza el potencial proteico de los insectos, utilizándolos ya sea como alimento humano directo, o como ingredientes de las dietas para la industria pecuaria, como ya se ha descrito anteriormente.

Los insectos permanecen íntegramente desaprovechados de una manera sistemática a pesar de tener una gran riqueza proteínica y vitamínica (Ramos-Elorduy, 2000). Si tomamos en cuenta su gran capacidad de reproducción, facilidad con que se logra ésta y el alto valor nutritivo que contienen, nos encontramos con una fuente de alimento que ha sido desaprovechada y poco o nada explotada.

La calidad de la proteína depende de la composición de los aminoácidos presentes en el organismo, en el caso de los insectos es de muy alta calidad. (Ramos-Elorduy, *et al.*, 1984).

### 4.1. Aplicaciones socioeconómicas.

La importancia que tienen los insectos como una alternativa nutricional es patente debido a su alto contenido de aminoácidos esenciales y a la calidad de su proteína, por lo que la explotación industrial de este recurso proporciona una fuente alterna de proteína tanto para consumo humano, como para la industria pecuaria, la cual está cada vez más necesitada de fuentes alternas económicas, rentables y de fácil acceso para realizar las dietas de los animales a producir.

Con el cultivo masivo de insectos se tiene la ventaja de que, aparte de ser un alimento de valor nutritivo, constituye para el lugar de explotación una fuente de trabajo, pues implica la creación de una industria propia en cada área rural. De ahí que, según los economistas agrícolas, ésta será una solución a la economía regional, estatal y nacional. (Ramos-Elorduy, 1982).

Con la creación de las industrias nativas en donde se efectuarán los cultivos masivos de insectos se tendría, además de alimento, varias ventajas y beneficios, unas de carácter económico y otras más de carácter social; pero cualquiera que sea su naturaleza, tienen un peso muy digno de tenerse en cuenta en el desarrollo general del país.

#### 4.1.1. Nutrición humana

La entomofagia, o sea el consumo de insectos, selectiva y orgnolépticamente, se ha practicado desde hace miles de años, de tal forma que los insectos han formado parte del los

hábitos tradicionales de alimentación de numerosas personas de diferentes comunidades biogeográficas (Ramos-Elorduy, 1982).

En muchas partes del mundo, sobre todo en las regiones en que las condiciones geográficas son adversas, los insectos se utilizan como fuente de proteínas para la alimentación humana. Por ejemplo, en algunas zonas del estado de Oaxaca, la única fuente de proteínas de valor significativo proviene de las hormigas y de los chapulines. Lo mismo se puede observar en las zonas áridas del país, como en el estado de Hidalgo, donde habitualmente se come una gran diversidad de insectos. (Ramos-Elorduy, *et al.*, 1979). Esto ocurre también en otros continentes, especialmente en países subdesarrollados, donde representan una importante provisión de alimento para los nativos. Incluso hay lugares en que los insectos secos se almacenan en grandes cantidades para contar con comida en los tiempos en que ésta escasea. Tal como ocurre en algunas partes de Australia, Asia, Africa y América, y especialmente en nuestro país. (Ramos-Elorduy, 1982).

#### 4.1.2. Nutrición pecuaria

Los altos costos de producción en el alimento de la industria pecuaria, han obligado a los especialistas en nutrición animal a buscar fuentes alternas para el abasto sostenido y rentable de dietas que sean capaces de producir una mejora en la calidad del producto y en el menor tiempo posible.

Normalmente se han utilizado productos de origen vegetal y aminoácidos sintéticos (Cuca, *et al.*, 1990) como base de las dietas en la industria pecuaria. Sin embargo, como ya se mencionó, éstos son por su sistema de producción, altamente costosos, por lo que una alternativa para el rendimiento a bajo costo y con un alto valor nutricional son los insectos.

### 5. DIAGNOSIS DEL ORDEN HEMIPTERA SEGÚN GUILLOT, 1980.

Nombre común: Chinchas verdaderas

Insectos pequeños a grandes, la cabeza prognata (Heteróptera), ojos compuestos bien desarrollados y raramente ausentes, dos o tres ocelos generalmente presentes, las antenas con pocos segmentos, las partes bucales succionadoras con mandíbulas y maxilas en forma de estiletes encerrados en una hoja labial; dos pares de alas generalmente presentes con las alas anteriores de una consistencia más fuerte que el par posterior; el abdomen con 9 a 11 segmentos, genitales externos variables en ambos sexos, cercos ausentes.

#### 5.1. Generalidades de los Hemípteros acuáticos.

Dieciséis familias de hemípteros viven dentro, sobre o cerca del agua. Estos incluyen los Corixidae, Notonectidae, Nepidae, Belostomatidae, Gelastocoridae, Gerridae y otras familias más. Todas coinciden en tener partes bucales succionadoras generalmente en forma de pico delgado con tres o cuatro segmentos y con antenas no más de cinco segmentos, generalmente de cuatro, pero reducidos u ocultos en los verdaderos acuáticos. Los tarsos delanteros a veces muy reducidos o ausentes. Las alas, cuando están presentes, tienen relativamente pocas venas. Las aberturas de las glándulas odoríferas se encuentran a los lados del tórax en algunas formas, incluyendo a los Corixidae. Los hemípteros acuáticos no son homogéneos. Cada familia es diferente en estructura y hábitos, y el grupo como un todo es precisamente polifilético (China, 1955).

hábitos tradicionales de alimentación de numerosas personas de diferentes comunidades biogeográficas (Ramos-Elorduy, 1982).

En muchas partes del mundo, sobre todo en las regiones en que las condiciones geográficas son adversas, los insectos se utilizan como fuente de proteínas para la alimentación humana. Por ejemplo, en algunas zonas del estado de Oaxaca, la única fuente de proteínas de valor significativo proviene de las hormigas y de los chapulines. Lo mismo se puede observar en las zonas áridas del país, como en el estado de Hidalgo, donde habitualmente se come una gran diversidad de insectos. (Ramos-Elorduy, *et al.*, 1979). Esto ocurre también en otros continentes, especialmente en países subdesarrollados, donde representan una importante provisión de alimento para los nativos. Incluso hay lugares en que los insectos secos se almacenan en grandes cantidades para contar con comida en los tiempos en que ésta escasea. Tal como ocurre en algunas partes de Australia, Asia, Africa y América, y especialmente en nuestro país. (Ramos-Elorduy, 1982).

#### 4.1.2. Nutrición pecuaria

Los altos costos de producción en el alimento de la industria pecuaria, han obligado a los especialistas en nutrición animal a buscar fuentes alternas para el abasto sostenido y rentable de dietas que sean capaces de producir una mejora en la calidad del producto y en el menor tiempo posible.

Normalmente se han utilizado productos de origen vegetal y aminoácidos sintéticos (Cuca, *et al.*, 1990) como base de las dietas en la industria pecuaria. Sin embargo, como ya se mencionó, éstos son por su sistema de producción, altamente costosos, por lo que una alternativa para el rendimiento a bajo costo y con un alto valor nutricional son los insectos.

### 5. DIAGNOSIS DEL ORDEN HEMIPTERA SEGÚN GUILLOT, 1980.

Nombre común: Chinchas verdaderas

Insectos pequeños a grandes, la cabeza prognata (Heteróptera), ojos compuestos bien desarrollados y raramente ausentes, dos o tres ocelos generalmente presentes, las antenas con pocos segmentos, las partes bucales succionadoras con mandíbulas y maxilas en forma de estiletes encerrados en una hoja labial; dos pares de alas generalmente presentes con las alas anteriores de una consistencia más fuerte que el par posterior; el abdomen con 9 a 11 segmentos, genitales externos variables en ambos sexos, cercos ausentes.

#### 5.1. Generalidades de los Hemípteros acuáticos.

Dieciséis familias de hemípteros viven dentro, sobre o cerca del agua. Estos incluyen los Corixidae, Notonectidae, Nepidae, Belostomatidae, Gelastocoridae, Gerridae y otras familias más. Todas coinciden en tener partes bucales succionadoras generalmente en forma de pico delgado con tres o cuatro segmentos y con antenas no más de cinco segmentos, generalmente de cuatro, pero reducidos u ocultos en los verdaderos acuáticos. Los tarsos delanteros a veces muy reducidos o ausentes. Las alas, cuando están presentes, tienen relativamente pocas venas. Las aberturas de las glándulas odoríferas se encuentran a los lados del tórax en algunas formas, incluyendo a los Corixidae. Los hemípteros acuáticos no son homogéneos. Cada familia es diferente en estructura y hábitos, y el grupo como un todo es precisamente polifilético (China, 1955).

### 5.1.1. Hábitats

Los hemípteros acuáticos y semiacuáticos ocupan una amplia variedad de hábitats, desde charcas de agua salada hasta lagos de las montañas y de manantiales hasta grandes ríos. En general, tienen papeles de depredadores en eslabones intermedios de la red alimentaria. Algunos, como los patinadores, parecen verdaderos expertos en su medio ambiente, mientras que otros, como los indefensos corixidos son depredados. Los corixidos son parcialmente responsables de la conversión primaria de materia vegetal a alimento animal, pero ahora parece claro que ellos no pueden sobrevivir sólo de "lodo" sino que deben alimentarse de animales, como pequeñas larvas de mosquito, como parte de su dieta, (Fernández, 1989). Aunque los hemípteros acuáticos ocupan hábitats muy diversos, Hungerford (1919) proporciona una clave de los hábitats en los cuales ellos prosperan.

### 5.1.2. Biología

En general, las chinches acuáticas pasan el invierno como adultos, ovipositan en la primavera, se desarrollan durante el verano y repiten anualmente este ciclo. Hay cinco estadios ninfales en todos, excepto en algunas especies de *Microvelia*. Los huevecillos son depositados en una gran variedad de lugares, cada una de ellas generalmente característica de cada especie. A diferencia de otros insectos acuáticos, no se conoce ninguna chinche que deposite sus huevecillos libremente en el agua. Los huevecillos son adheridos a varios objetos incluyendo el dorso de los machos (*Belostoma* sp. y *Abdeus* sp.).

### 5.1.3. Vuelo

Solamente el género marino *Halobates*, ha perdido sus alas completamente. Otros son capaces de volar en ocasiones, y no hay duda de que esta habilidad tiene un valor real de sobrevivencia en una zona donde la lluvia es escasa y estacional, además muchos estanques y charcas se secan en ciertos períodos del año.

### 5.1.4. Estridulación

Los registros de producción de sonido por las chinches acuáticas que hayan sido oídos son escasos. Hungerford (1924) oyó a *Buena* estridular "...parece cierto que las estructuras especiales vistas en ciertos corixidos son para éste propósito" (Fernández, 1989). Ramos-Elorduy (Comunicación personal.) ha escuchado claramente a los individuos de esta especie.

### 5.1.5. Respiración

En general las chinches acuáticas dependen para respirar, del aire superficial obtenido a través de túbulos (Neptidae), la punta del abdomen (Naucoridae y Notonectidae), o del pronoto (Corixidae). Los corixidos, notonéctidos, naucóridos y belostomátidos obtienen una gran parte de su oxígeno por difusión hacia adentro de la burbuja de aire o hacia la película de pelos hidrófobos en su superficie ventral. Este tipo de respiración fue descrito primero por Comstock (1887) y más tarde por Thorpe (1959).



## 5.2. Características generales de la familia Notonectidae.

Los notonéctidos son un patrón característico de la fauna de los estanques en la mayor parte del mundo. Son voraces depredadores ya que atacan prácticamente a cualquier invertebrado. Su nombre común se deriva de su hábito particular de "remar" con la parte ventral hacia arriba. En cuanto a la forma corporal son largos y espigados de cuerpo profundo y convexos dorsalmente. No presentan ocelos. Las antenas están parcialmente ocultas. El rostro es corto, puntiagudo y con 3 o 4 segmentos. Las patas delanteras medias están adaptadas para atrapar presas o para asirse de objetos en el agua. Las patas traseras son muy largas, en forma de remo y provistas de largos pelos.

### 5.2.1. Hábitats

Los notonéctidos viven en una amplia variedad de charcas de agua dulce y estancada y en las aguas quietas de ríos y lagos. Su alimento consiste en pequeños crustáceos, chironómidos, otras larvas de mosquitos, pequeños alevines, y de hecho cualquier organismo que puedan vencer.

Los adultos vuelan con presteza y se dispersan a distancias considerables. Hungerford (1933) reporta enjambres en vuelo y afirma que son atraídos por la luz.

### 5.2.2. Ciclo de vida

La mayoría de los notonéctidos pasan el invierno en el estado de adulto, ya sea activamente o en hibernación, dependiendo del clima. Hungerford (1933) reporta que *Notonecta* sp. ha sido observada nadando entre el hielo a la mitad del invierno. Los huevos son depositados en la primavera y el verano, habiendo una o más crías traslapadas en una estación.

Los huevecillos son depositados en tejido vegetal, en plantas o superficies rocosas. Los huevecillos de *Buenoa* sp. difieren de los de *Notonecta* sp. en que tienen una tapa anterodorsal distinta. La inmensa mayoría presentan 5 etapas ninfales.

### 5.2.3. Respiración

Como la mayoría de las chinches acuáticas, los notonéctidos van a la superficie en intervalos para reabastecerse de aire. La capa de la superficie es rota por la punta del abdomen estando la chinche suspendida con la cabeza dirigida hacia abajo a cierto ángulo y las patas nadadoras extendidas. El aire entra a los canales abdominales en donde se pone en contacto con los espiráculos ventrales y se difunde hacia los espiráculos torácicos y a los espacios aéreos subelitrales.

### 5.2.4. Estridulación

Claros chirridos han sido grabados de *Buenoa* sp. por Hungerford (1924). Varias estructuras han sido descritas por Bare (1928) como posibles órganos estridulatorios. El más obvio de estos es el peine estridulario en la base de la tibia del macho y la punta rostral con dientes en forma de lima que se ponen en forma opuesta cuando las patas delanteras son contraídas hacia la cabeza. También son reportadas como usadas en la producción del sonido, el fino borde esclerosado sobre la cara inferior del fémur frontal.

Los hábitos de *Buenoa* sp. y *Notonecta* sp. son completamente diferentes como lo menciona Truxal (1953) "*Buenoa* sp. nada ágilmente con la parte dorsal en casi perfecto equilibrio con el agua". Además, en cierto sentido, *Buenoa* sp. puede ser descrita como limnética.

*Notonecta* sp., por el contrario, son nadadores torpes, luchando constantemente en mantener su posición en el agua cuando no se encuentran posados en algún objeto o colgados de la superficie.

El patrón de distribución de los notonéctidos es extraño. *Notonecta* sp. se distribuye mundialmente, mientras que *Buenoa* sp. se restringe al hemisferio occidental.

#### 5.2.5. Características taxonómicas

Los principales caracteres utilizados en la clasificación incluyen los genitales masculinos, que difieren en la mayoría de las especies, por lo tanto para su identificación deben ser disectados. Las características taxonómicas de estos organismos más comunes se refieren a la synthlipsis, el vertex y el pico rostral.

### 5.3. Características generales de la familia Corixidae.

#### 5.3.1. Hábitats.

La familia Corixidae es la más numerosa de todos los hemípteros acuáticos, tanto en especies como en organismos. Algunas especies se encuentran viviendo en altitudes que oscilan desde bajo el nivel del mar (Death Valley, Cal.) hasta 5,000 msnm (Himalayas). Parecen igualmente adaptadas a las aguas tropicales. Se encuentran en estanques, charcas, jagüeyes, lagos, donde pasan generalmente la mayoría del tiempo posados en el fondo. Algunas especies se encuentran en corrientes muy lentas y muy pocas en corrientes más rápidas. Mientras que la mayoría viven en agua dulce, otras viven en aguas salinas o salobres. Algunas especies prefieren aguas con vegetación acuática y otras prefieren áreas más abiertas.

Las diversas especies de esta familia muestran marcadas preferencias por hábitats particulares y por consiguiente pueden servir como indicadores de condiciones locales, por ejemplo, *Trichocorixa reticulata* (Guér.) y *T. verticalis* (Fieber) son halobiontes ya que viven exclusivamente en aguas salobres o salinas. Estas han sido encontradas en el océano (Hutchinson, 1931), y habitan en salinas junto con *Artemia salina* y *Ephydra gracilis*.

#### 5.3.2. Ciclo de vida

Hungerford (1919) estudió el ciclo de vida de uno de los corixidos más comunes *Sigara alternata* (Say). Estos pasan el invierno en estado adulto "los adultos exhiben una actividad considerable aún en aguas que se encuentran cubiertas por una capa de hielo". Los huevecillos son puestos en primavera y son pegados a tallos u hojas de varias plantas acuáticas, ramas y aún en conchas de caracoles vivos. El tiempo de incubación dura de 1 a 2 semanas.

Las cinco etapas ninfales requerían cerca de una semana excepto en el último estadio, el cual se llevaba un poco más de tiempo. Aproximadamente la misma secuencia fue observada en *Corisella edulis* por Griffith (1945).

Se conoce muy poco de los hábitos de ovoposición de las subfamilias Diaprepocorinae, Stenocorinae y Heterocorixinae. Por lo que respecta a los Micronectinae, los huevecillos de *Micronecta meridionalis* (Kirk.) y *M. Poweri* (Geof.) fueron esquematizados por Poisson (1938). Los huevecillos de ambas especies son unidos horizontalmente a su soporte. Los huevecillos de los Cymatiinae, Corixinae son mejor conocidos. Los huevos de estos Corixidae son más o menos alargados y unidos a su soporte por un disco en forma de botón. Entre el disco y el huevo hay un tallo muy corto en la mayoría de las especies, pero en algunos géneros como *Cymatia* sp., *Agraptocorixa* sp. y *Krizousacorixa* sp., por ejemplo, el huevo está detenido en un tallo de longitud considerable. Los huevos son pegados a cualquier soporte disponible en el agua y no es raro

encontrar ramas o piedras completamente cubiertas por ellos. El género *Ramphocorixa* sp., el cual habita en estanques rústicos, tiene el curioso hábito de poner sus huevecillos sobre el caparazón de un cangrejo.

Los corixidos pasan por cinco etapas ninfales al igual que la mayoría de los hemípteros acuáticos. Los esbozos alares se observan plenamente empezando en la tercera etapa, al mismo tiempo que los espiráculos se hacen funcionales. Las glándulas odoríferas se encuentran en pares en el margen caudal del tercero, cuarto y quinto segmento dorsal abdominal. En el adulto éstas glándulas son reemplazadas por una apertura dentro de los orificios glandulares odoríferos laterales de la coxa media. Las ninfas tienen antenas con dos segmentos, tarsos traseros con un solo segmento. La pala y la tibia de la pata frontal constituyen un solo segmento. Puede haber una o dos generaciones al año dependiendo de las especies o del clima.

Poisson (1935), dice que *Micronecta* sp. pasa el invierno principalmente en la segunda etapa ninfal. La mayoría de los Corixinae pasan el invierno como adultos aunque el mismo autor descubrió que *Corixa sffinis* (Leach) puede pasar el invierno también en el estadio de huevo y Griffith (1945), reporta que algunas huevos de *Ramphocorixa acuminata* (Uhler) pasan el invierno exitosamente en la etapa ninfal. Como se comentó anteriormente, algunos corixidos de varias especies pueden ser colectados a la mitad del invierno nadando entre el hielo.

El apareo se lleva a cabo en el agua, el macho se sube en la hembra y la rodea con sus patas delanteras, su cara generalmente aplanada queda presionada contra el dorso de la hembra y su abdomen, si es dextral, se dobla hacia el lado izquierdo de la hembra, si es sinistral, hacia el lado derecho.

Parece probable que las clavijas palares y el estrigil, ayuden al macho para sostenerse de la hembra durante la copulación. El hecho de que estas estructuras no sean esenciales en todas las especies lo demuestran *Callicorixia* sp. y algunas otras que carecen de estrigil y por *Cymatia* sp. la cual carece de clavijas palares y de estrigil.

Los corixidos normalmente poseen alas bien desarrolladas ya que puede ser atrapados con trampas nocturnas y se han observado en el campo y en el laboratorio cuando emprenden el vuelo, durante el mismo, los hemiólitros y las metatorácicas están unidas mediante una estructura característica de los hemípteros, situada en el ápice de la superficie inferior del clavus del hemiólitro y consiste de dos surcos paralelos, longitudinales y cortos entre los cuales entra la posición plegada del margen costal del ala trasera. Dentro del agua, por supuesto, las alas frágiles y membranosas usadas para el vuelo se encuentran plegadas.

### 5.3.3. Hábitos Alimenticios

Los corixidos son principalmente herbívoros. Buscan el alimento en el fondo, atrapando fango orgánico mezclado con organismos animales y vegetales presentes en el mismo, aunque la mayor parte son vegetales. En el proceso de alimentación pueden ingerir, además de desmidos, euglenas, filamentos de *Oscillatoria* sp., *Zygnema* sp., *Mougeotid* sp., *Spirogyra* sp. y otras algas unicelulares, han sido observados picando las células de grandes filamentos de *Spirogyra* sp. y absorbiendo su clorofila. Entre los insectos succionadores del orden Hemiptera, la ingestión de organismos multicelulares y su posterior empaquetamiento en el estómago como madejas de algas filamentosas es un proceso metabólico único. La naturaleza y la abundancia del alimento de los corixidos es una explicación de su dominio y les da una ventaja sobre todas las demás familias de hemípteros acuáticos, los cuales son casi en su totalidad depredadores. *Cymatia americana* (Hussey) por ejemplo, ha sido reportada por Hungerford (1948) que presenta un comportamiento canibal en su etapa ninfal. Otros corixidos han sido observados alimentándose de delgadas larvas de mosquitos (culicidos y chironómidos) y se cree que el alimento de origen animal sea necesario para la hembra durante la oviposición. Sin embargo, los corixidos como grupo pueden ser considerados como miembros de una clase productora, ya que juegan un papel importante en las

comunidades acuáticas porque son convertidores primarios de materia vegetal y también representan uno de los primeros eslabones en la cadena alimenticia, al nutrirse de pequeños organismos bentónicos. Algunos análisis del contenido estomacal de peces muestran que los corixidos son uno de sus alimentos preferidos en muchas ocasiones (Forbes, 1999). Los experimentos de Popham (1941) muestran claramente que el parecido de los corixidos a los colores del fondo de su medio ambiente se debe a la depredación selectiva de los peces.

#### 5.3.4. Respiración

Los corixidos difieren de otras chinches acuáticas en la forma en que renuevan el aire en el plastron. Los notonéctidos, naucóridos y ditiscidos rompen la película superficial con el extremo posterior del cuerpo. Los corixidos rompen la superficie con la cabeza y del pronoto que es muy difícil de observar. Debido a la extensa superficie de plastron, los corixidos son capaces de permanecer bajo la superficie por largos períodos de tiempo comparativamente, usando oxígeno proveniente del agua el cual difunde dentro de la burbuja de aire.

#### 5.3.5. Estridulación

Los primeros estudios sobre la estridulación de los corixidos fueron intentos para explicar la forma de la producción de sonido, pero en todos estos casos se describió incorrectamente (Ball 1946; Carpenter, 1894; Thompson, 1894). Heinz Von Mitis (1936) fue el primero que describió correctamente la estridulación en los corixidos. En la subfamilia Micronectinae se decía que los sonidos eran producidos al frotar el estrigil contra el quinto terguito. Mientras que la mayoría de las especies de la subfamilia Corixinae también tienen estrigil, el mismo autor observó que éste no estaba asociado a la producción de sonido y Larsen (1938) explicó que era usado por el macho para sostener a la hembra durante la cópula. Se decía que los sonidos en Corixinae eran producidos al frotar las clavijas estridulatorias especializadas, localizadas sobre el interior de los fémures delanteros contra las aguadas orillas de la cabeza a la mitad de las antenas y el labium (Von Mitis, 1936). El mismo autor observó que sólo los machos de ciertas especies de Corixinae estridulaban y que solo estos machos tenían las clavijas en las fémures delanteros. Los machos de las especies no estridulantes, así como las hembras de todas las especies carecían de clavijas y sólo tenían áreas pilosas en esa zona.

Las explicaciones de Von Mitis (1936) sobre los mecanismos de producción de sonidos en Corixidae han sido generalmente aceptados en estudios posteriores (Schaaller 1951; Southwool y Leston 1959; Haskell 1957; Leston y Pringle 1963; Finke, 1968). Sin embargo, algunos de los viejos conceptos han sido traídos a la literatura reciente por ejemplo, Dumortier (1963) explica que algunas especies de *Sigara* sp. y *Corixa* sp. (Subfamilia Corixinae) estridulan al raspar las ranuras transversales del clipeo con la punta del tarso delantero (Bruyant, 1894) o con las clavijas palares (Weber, 1933).

#### 5.3.6. Características taxonómicas

La taxonomía de los corixidos se ha basado durante mucho tiempo en la quietotaxis de los tarsos delanteros (palas) de los machos. La posición y arreglo de las clavijas y en la llamada hilera de clavijas. Estas son características taxonómicas para los miembros de cada género y son generalmente distintivas para cada especie. La morfología de los genitales masculinos son también de importancia taxonómica y definitivos en la mayoría de los casos. Los segmentos abdominales son asimétricos y esta simetría puede ser diestra (los genitales dirigidos hacia la derecha) o siniestra (los genitales dirigidos hacia la izquierda).

Los resultados que a continuación se presentan fueron producidos en el Instituto de Biología de la UNAM, y se refieren al análisis químico, digestibilidad in vitro, calidad nutricional y valor energético, los cuales nos indican el alto potencial nutritivo del complejo Axayácatl.

### VALORES NUTRICIONALES DEL COMPLEJO AXAYACATL

#### Análisis químico de Axayácatl en peso seco (g/100 g de muestra)

Modificado de Ramos-Elorduy *et al.* (1997)

Nombre científico	Proteínas	Grasa	Minerales	Carbohidratos estructurales	Otros carbohidratos	Kcalorías/100 grs.
<i>Corisella</i> spp. (huevos)	62± 1.4	7±1.0	19±2.2	3±0.5	9±1.5	329
<i>Corisella merceneria</i> (adultos)	58±2.8	9±0.7	18±1.9	7±0.1	8±1.1	347

#### Digestibilidad de proteína *In Vitro* de Axayácatl. Modificado de Ramos-Elorduy *et al.* (1997)

Especies	Porcentaje de proteína total	Porcentaje de proteína digestible	Porcentaje de digestibilidad
Axayácatl*	58.0	56.9	98.0
Ahuahutle**	61.9	55.3	89.3

\* = Adultos de los géneros *Krizousacorixa*, *Corisella* y *Notonecta*.

\*\* = Huevos de los géneros *Krizousacorixa*, *Corisella* y *Notonecta*.

#### Calificación de la calidad de la proteína de Axayácatl. Ramos-Elorduy *et al.* (1997)

Especies	Porcentaje (%)	Amplios aminoácidos
Axayácatl	55	Endo y exo
Ahuahutle	16	Mixto (amplios y restringidos)

#### Valor energético de Axayácatl cal/1000 g Modificado de Ramos-Elorduy *et al.* (1970)

Especies	Estado de desarrollo comestible	Cal/1000 g.
Axayácatl	Ninfas y adultos	3467.6
Ahuahutle	Huevos	3289.9

### Contenido de algunos minerales de Axayácatl g/100g en base seca.

Modificado de Ramos-Elorduy et al. (1998)

Especies	Salas minerales	Sodio	Potasio	G/100g Calcio	Zinc	Fierro	Magnesio
Ahuahutle*	7.73	0.969	0.196	0.440	0.042	0.130	2.560
Axayácatl*	12.45	3.757	3.321	0.104	0.056	0.033	0.968

\* Se consumen en conjunto: *Krizousacortxa azteca*, *K. femorata*, *Corsella mercenaria*, *C. texcocana*, *C. edulis* y *Notonecta unifasciata*.

El presente trabajo junto con todos los realizados en este rubro, intenta ofrecer una alternativa en la viabilidad de los proyectos utilizando fuentes alternas en la base de las dietas de nutrición animal.

### Contenido de aminoácidos del Axayácatl. Ramos-Elorduy et al. (1997)

Aminoácidos	Ahuahutle	Axayácatl
<b>Aminoácidos esenciales</b>		
Isoleucina	2.9	2.9
Leucina	5.3	4.5
Lysina	3.8	2.8
Metionina	2.7	0.1
Cysteína	0.1	0.3
Total de aminoácidos	2.8	0.4
Fenilalanina	2.7	2.4
Tirosina	7.3	5.0
Total de aminoácidos	10.6	7.8
Threonina	4.0	2.6
Tryptófano	0.6	0.4
Valina	2.0	2.7
Histidina	1.9	1.5
Total de aminoácidos	36.1	25.6
<b>Aminoácidos no esenciales</b>		
Ácido aspártico	1.8	4.6
Serina	5.6	3.2
Ácido glutámico	8.8	7.1
Prolina	n.a.	n.a.
Glicina	3.8	3.7
Alanina	5	4.4
Arginina	3.9	3.4
Total de aminoácidos	28.9	46.4

## 6. OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Evaluar la inclusión del complejo de especies del insecto denominado "Axayácatl" (Hemiptera: Notonectidae; Corixidae) como ingrediente nutricional alternativo en dietas para pollos de engorda durante la fase de iniciación.

### OBJETIVO PARTICULAR

Evaluar los efectos de una dieta que contenga insectos deshidratados denominados "Axayácatl", como componente alternativo, sobre los parámetros productivos (ganancia de peso, consumo de alimento y eficiencia alimenticia) en pollos de engorda de un día de nacidos y durante la fase de iniciación (21 días). Y compararlos con aquellos observados al utilizar una dieta convencional que incorpore ingredientes de uso frecuente y/o altamente nutritivos.

## 7 HIPOTESIS

La inclusión del complejo de especies del insecto denominado "Axayácatl" en las dietas de pollos de un día de nacidos, producirá parámetros productivos similares o superiores a aquellos observados con dietas convencionales y altamente nutritivas, utilizadas durante la etapa de iniciación.

## 8 METODOLOGÍA

### Ubicación de la zona de estudio

El experimento se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola C.E.I.E.P.A. de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, el cual se encuentra ubicado en la parte sureste de la Cuenca del Valle de México, en la Calle Salvador Díaz Mirón S/N Km. 21.5 de la carretera México-Tulyehualco dentro del perímetro de Zapotitlán, Delegación Tlahuac en el Distrito Federal, abarca una superficie de 40,000 metros cuadrados. Se localiza en las coordenadas: 19° 8' de latitud norte y 99° 2' 3'' longitud oeste del Meridiano de Greenwich y una altitud de 2242 metros sobre el nivel del mar, con una presión atmosférica de 588 mm Hg. El lugar tiene una temperatura mínima de 12°C y una máxima de 20°C. La precipitación pluvial de 60 mm y 164.80 mm mínima y máxima respectivamente. Los vientos dominantes son del sureste 50%, noroeste 41% y sureste 8%.

### Instalaciones

Se agruparon a los animales en la caseta número 2 de la Granja, previo lavado, calado y desinfectado del piso y paredes. La sección de la nave está construida de paredes de concreto y piso de cemento corregido, con amplias ventanas y techo a dos aguas de asbesto. Se instaló luz infrarroja para producir calor, así como luz de día con el fin de ofrecer iluminación. También se colgaron cuatro criadoras de gas, tipo campana, así como un filtro de agua dejando desclorinar el agua en un tambo de lámina galvanizada por 24 horas. Se armaron corrales 60X 60 cm., con rejas de las mismas dimensiones, a los cuales se les colocó viruta y aserrín en el piso, así como un bebedero de plástico con tapa de rosca invertido y un comedero de lámina galvanizado horizontal. La caseta se selló con plástico negro para evitar corrientes de aire.

## Animales

Se utilizaron 72 pollos mixtos de la línea comercial Arbor Acres, de un día de edad, asignados al azar en un diseño en cuatro tratamientos. Cada grupo corresponde a una dieta diferente, una la control, y tres las experimentales. Cada dieta contó con tres repeticiones, y cada repetición con 6 pollos: 6 aves x 3 repeticiones x 4 dietas = 72 pollos.

## Alimento

Las dietas se elaboraron en la Granja Avícola Veracruz, en donde se cuenta con una planta de alimento tipo integral con molino, tolva, inyector de aceite y mezcladora.

Se utilizó proteína de origen animal proveniente de insectos secos del complejo denominado "Axayácatl", provenientes del Lago de Texcoco en el Distrito Federal.

Las dietas se conformaron utilizando el 0.0, 2.5, 5.0 y 10% de "Axayácatl" respectivamente, adicionado a los ingredientes de la dieta tradicional, a expensas de la parte de soya, para contar con reacciones isoprotéicas (22%).

TABLA DE COMPOSICIÓN DE DIETAS EMPLEADAS

INGREDIENTE	DIETA CONTROL	DIETA 2.5 %	DIETA 5%	DIETA 10%
SORGO	54.13	55.62	57.09	59.70
SOYA	37.36	33.99	30.62	23.95
"Axayácatl"	0.00	2.50	5.00	10.00
ACEITE	3.95	3.46	2.98	2.13
ORTOFOSFATO	1.99	1.94	1.88	1.76
CARBONATO DE CALCIO	1.27	1.30	1.33	14.02
SAL	0.39	0.39	0.39	0.40
DI-METIONINA	0.23	0.09	0.00	0.00
VITAMINAS *	0.25	0.25	0.25	0.25
MINERALES *	0.10	0.10	0.10	0.10
CLORURO DE COLINA 60%	0.10	0.10	0.10	0.10
NICARBAZINA	0.05	0.05	0.05	0.05
MOLD-X	0.05	0.05	0.05	0.05
BACITRACINA	0.05	0.05	0.05	0.05
ANTIOXIDANTE	0.04	0.04	0.04	0.04
	100%	100%	100%	100%

\*Premezcla CEIEPA-UNAM

## Manejo

Todos los pollos nacieron el mismo día (6 de marzo de 1997). Fueron vacunados contra Gumboro a los 7 días vía oral y contra Newcastle a los 10 días, vía ocular (1 gota en un ojo y subcutánea (5 ml. por ave).

Durante la fase de iniciación (21 días), los pollos consumieron las dietas y el agua *ad libitum*. Los parámetros productivos considerados fueron el peso corporal, el consumo de alimento y la conversión alimenticia cada semana.



Los corrales fueron atendidos diariamente, lavando los bebederos y colocando alimento previamente pesado a la primera hora del día. Cada tercer día se cambió la cama de viruta eliminando el exceso junto con ella. La cantidad de alimento consumida y el peso de los animales fueron medidos cada semana, durante las tres semanas que duró el experimento.

Los resultados se presentan en forma de cuadros y gráficas. Los resultados de las variables en estudio se analizaron mediante un análisis de varianza, conforme al diseño completamente al azar empleado, así también se aplicó una prueba de Tukey.

## 9 RESULTADOS

### PESO CORPORAL

En el Cuadro I se presentan los valores obtenidos del peso corporal de los pollitos Arbor Acres durante cada una de las 3 semanas del experimento.

En la primera semana, el peso de los pollitos alimentados con 2.5% de Axayácatl fue mayor (140.60 g), siendo menor el de los alimentados con 5% (128.6 g), el control y el 10% fueron semejantes (134.3 g).

En la segunda semana fue el testigo, el que presentó el mayor peso (291.9 g), posteriormente el 2.5% de inclusión (283.6 g), luego el 10% (274.9 g) y finalmente los de la inclusión de 5% (272.2 g).

En la tercera semana, el orden del mayor peso al menor fue, el control (585.1 g), 2.5% (578.2 g), 5% (552.6 g) y 10% (540.7 g).

En la figura 1, se muestra todo lo anteriormente expuesto, en los resultados de cada inclusión, y en la figura 2 se presenta el promedio de ganancia en peso de los diversos tratamientos al término del experimento

**CUADRO I** Peso corporal de los pollitos Arbor Acres, alimentados en su etapa de iniciación con Axayácatl en diferentes porcentajes (Gramos por semana).

#### SEMANA 1

TRATAMIENTO	R1	R2	R3	MEDIA
TESTIGO	126.6	135.2	141.1	134.3
2.50%	140.2	143.9	137.8	140.6
5.00%	122.5	126.1	137.2	128.6
10.00%	139.0	125.4	138.4	134.3

#### SEMANA 2

TRATAMIENTO	R1	R2	R3	MEDIA
TESTIGO	288.4	304.3	283.1	291.9
2.50%	282.3	287.8	280.6	283.6
5.00%	274.8	269.2	272.8	272.2
10.00%	282.9	272.1	269.7	274.9

#### SEMANA 3

TRATAMIENTO	R1	R2	R3	MEDIA
TESTIGO	572.5	604.3	578.5	585.1
2.50%	558.7	612.8	563.0	578.2
5.00%	563.0	542.3	552.6	552.6
10.00%	536.5	547.5	538.0	540.7

## GANANCIA DE PESO

En el cuadro II se presentan los resultados de 21 días en la ganancia de peso del análisis de varianza, mostrando que existen diferencias significativas entre las inclusiones y el testigo, como se puede observar, al comparar los valores de la F obtenida con la F de tablas. La prueba de Tukey indica que la adición de 2.5% Axayácatl y el control fue similar, con menores ganancias en peso al utilizar 5% y 10% (figura 2).

**CUADRO II** Ganancia de peso de los pollitos Arbor Acres alimentados con diferentes porcentajes de Axayácatl en su etapa de iniciación y análisis de varianza (Gramos de 0 a 21 días).

TRATAMIENTO	R1	R2	R3	MEDIA
TESTIGO	532.3	557.0	532.0	540.43
2.50%	511.2	566.0	515.5	530.89
5.00%	516.3	496.2	507.2	506.56
10.00%	490.3	501.2	493.8	495.10

### ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	3973.5	1324.500000	4.1824	0.047
ERROR	8	2533.5	316.687500		
TOTAL	11	6507.0			

C.V.=3.43

TRATAMIENTO	MEDIA	
TESTIGO	540.4335	A
2.5%	530.9000	A
5%	506.5667	B
10%	495.1000	B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

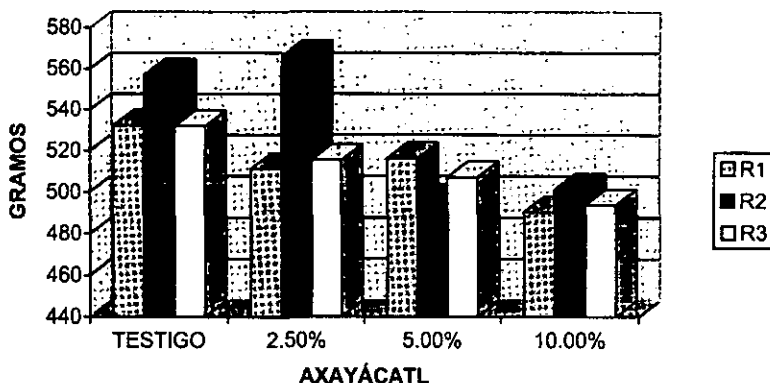
Tukey = 46.5429

VALORES DE TABLAS:

Q(0.05) = 4.53

Q(0.01) = 6.20

**FIGURA No. 1 GANANCIA EN PESO DE POLLIITOS ARBOR ACRES ALIMENTADOS CON AXAYÁCATL, EN DIFERENTES PORCENTAJES DURANTE SU ETAPA DE INICIACIÓN**



#### CONSUMO

En el cuadro III se presenta el consumo de los pollitos Arbor Acres durante cada una de las semanas del experimento.

En la primera semana, el consumo mayor correspondió al testigo (168.5 g), posteriormente el de 2.5% de inclusión (163.9 g), seguido del de 10% (161.9 g), y el del 5% (158.9 g).

En la segunda semana el mayor consumo lo tuvieron el testigo y la inclusión de 2.5% (279.69 y 271.64 g respectivamente), le siguió el 5% (274.29 g) y el 10% con (264.2 g).

En la tercera semana el mayor consumo alimenticio correspondió a la inclusión de 5% (515.4 g), posteriormente la del 2.5% (504.2 g), y la de 10% (498.3 g) y finalmente el consumo menor fue el del testigo (470.1 g). En la figura 4 se observan gráficamente estos resultados.

**CUADRO III** Consumo alimenticio de los pollitos Arbor Acres en la fase de iniciación, alimentados con Axayácatl (Gramos por semana).

#### SEMANA 1

TRATAMIENTO	R1	R2	R3	MEDIA
TESTIGO	164.5	175.7	165.4	168.5
2.50%	159.4	167.5	164.8	163.9
5.00%	158.3	154.9	163.5	158.9
10.00%	167.8	152.8	165.1	161.9

#### SEMANA 2

TRATAMIENTO	R1	R2	R3	MEDIA
TESTIGO	288.6	276.8	273.3	279.6
2.50%	283.5	282.7	271.2	279.1
5.00%	268.5	279.2	274.9	274.2
10.00%	265.6	259.3	267.7	264.2

SEMANA 3

TRATAMIENTO	R1	R2	R3	MEDIA
TESTIGO	542.3	462.5	405.4	470.1
2.50%	489.7	539.3	483.5	504.2
5.00%	479.9	538.5	527.8	515.4
10.00%	471.8	501.2	522.0	498.3

CONSUMO ACUMULADO

En el cuadro IV se muestra el consumo acumulado de los pollitos durante los 21 días del experimento, en el podemos ver que fueron las inclusiones de 5% y 10% las que mayor consumo tuvieron (947.17 y 948.5 g respectivamente), posteriormente la inclusión de 10% (924.43 g), y finalmente el de menor consumo fue el testigo (918.13 g), sin embargo, al aplicarles el análisis de varianza, las diferencias no fueron significativas.

**CUADRO IV** Consumo acumulado de pollitos Arbor Acres alimentados con Axayácatl en diferentes porcentajes y su análisis de varianza (Gramos por 21 días).

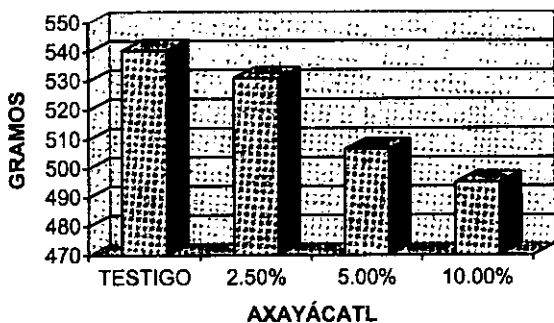
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	MEDIA
TESTIGO	995.40	914.90	844.10	918.13
2.50%	932.60	989.40	919.50	947.16
5.00%	906.70	972.60	966.20	948.50
10.00%	905.20	913.30	954.80	924.43

ANALISIS DE VARIANZA

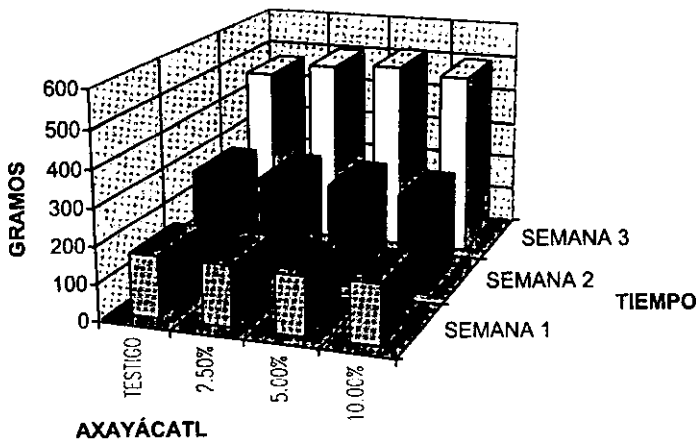
FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	2176.00	725.333313	0.3174	0.814
ERROR	8	18280.00	2285.00000		
TOTAL	11	20456.00			

C.V. = 5.11 %

**FIGURA No. 2 PROMEDIO DE LA GANANCIA DE PESO DE POLLITOS ARBOR ACRES ALIMENTADOS CON AXAYÁCATL, EN ETAPA DE INICIACIÓN AL TERMINO DEL EXPERIMENTO**



**FIGURA 3 CONSUMO SEMANAL DE AXAYÁCATL POR POLLITOS ARBOR ACRES, ALIMENTADOS CON DIFERENTES PORCENTAJES EN SU ETAPA DE INICIACIÓN.**



## CONVERSION ALIMENTICIA

En el cuadro V están los valores obtenidos de la eficiencia de conversión del experimento, en donde vemos que la mejor eficiencia correspondió al testigo (1.70), posteriormente a la inclusión de 2.5% (1.78), luego a la de 10% y 5% (1.86 y 1.87 respectivamente). Esto se ve gráficamente en la figura 4.

El análisis de varianza demostró que no hay diferencias significativas entre los diversos tratamientos.

**CUADRO V** Conversion alimenticia de los pollitos Arbor Acres, alimentados con diferentes porcentajes de Axayácatl y su análisis de varianza.

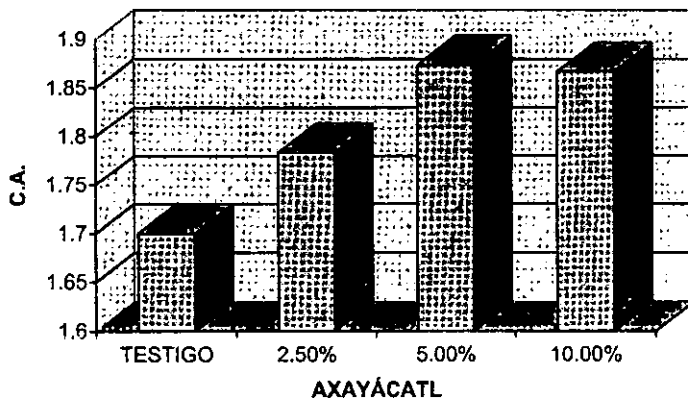
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	MEDIA
TESTIGO	1.87	1.64	1.59	1.70
2.50%	1.82	1.75	1.78	1.78
5.00%	1.76	1.96	1.90	1.87
10.00%	1.85	1.82	1.93	1.86

### ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	0.059895	0.019965	2.1411	0.173
ERROR	8	0.074596	0.009325		
TOTAL	11	0.134491			

C.V.=5.35%

**FIGURA 4** PROMEDIO DE LA CONVERSIÓN ALIMENTICA AL FINAL DEL EXPERIMENTO CON POLLITOS ARBOR ACRES EN ETAPA DE INICIACIÓN, ALIMENTADOS CON AXAYÁCATL



## CULMEN

Los tamaños del culmen oscilaron de 3.11 cm a 3.43 cm siendo el del testigo el de mayor talla y el de menor el de 5% (Cuadro VI). El análisis de varianza demostró que las diferencias eran significativas con el testigo en los demás tratamientos. En la figura 5 se puede apreciar gráficamente estos resultados.

**CUADRO VI** Talla del culmen (en centímetros) de pollitos Arbor Acres en etapa de iniciación al final del experimento (21 días) alimentados con axayácatl en diferentes porcentajes y su análisis de varianza.

TRATAMIENTO	REPETICIONES	MEDIA
TESTIGO	18	3.43
2.50%	18	3.18
5.00%	18	3.11
10.00%	18	3.21

### ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	1.038025	0.346008	4.3372	0.008
ERROR	68	5.424866	0.079777		
TOTAL	71	6.462891			

C.V.=8.73%

## ALA DERECHA

En el cuadro VII se observa que el tratamiento de 2.5% de inclusión de axayácatl fue el de mayor longitud 5.82 cm, siendo de menor tamaño el de la inclusión de 10% (5.50 cm). El control fue intermedio (5.74 cm). El análisis de varianza mostró diferencias significativas al nivel 5%. En la figura 6 se muestra gráficamente estos resultados.

**CUADRO VII** Talla del ala derecha (cm) de pollitos Arbor Acres en etapa de iniciación al final del experimento (21 días) alimentados con axayácatl en diferentes porcentajes y su análisis de varianza.

TRATAMIENTO	REPETICIONES	MEDIA
TESTIGO	18	5.74
2.50%	18	5.82
5.00%	18	5.63
10.00%	18	5.50

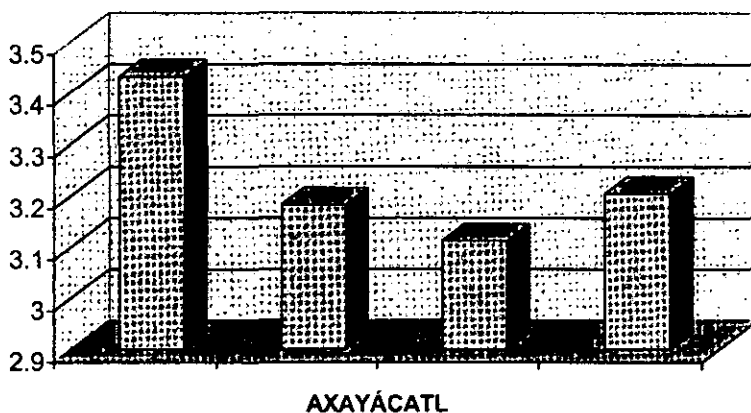
### ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	1.038574	0.346191	2.4923	0.066
ERROR	68	9.445557	0.138905		
TOTAL	71	10.484131			

C.V.=6.57%



**FIGURA 5 MEDIDAS DEL CULMEN DEL PICO AL FINAL DEL EXPERIMENTO CON POLLITOS ARBOR ACRES EN ETAPA DE INICIACIÓN, ALIMENTADOS CON AXAYÁCATL EN DIFERENTES PORCENTAJES.**



**GROSOR DEL TARSO**

**CUADRO VIII Grosor del tarso derecho (cm) de pollitos Arbor Acres en etapa de iniciación al final del experimento (21 días) alimentados con axayácatl en diferentes porcentajes y su análisis de varianza.**

TRATAMIENTO	REPETICIONES	MEDIA
TESTIGO	18	0.92
2.50%	18	0.94
5.00%	18	0.89
10.00%	18	0.88

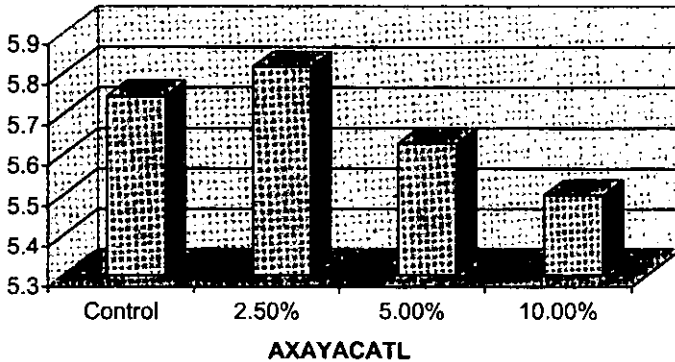
**ANALISIS DE VARIANZA**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	0.038307	0.012769	0.7137	0.550
ERROR	68	1.216686	0.017892		
TOTAL	71	1.254993			

C.V.=14.73%

En el Cuadro VIII se observa que el grosor de los tarsos de los pollitos variaron de 0.88 a 0.94 cm, correspondiendo esta última a la inclusión de 2.5% y la primera a las inclusiones de 5% y 10%. El testigo midió 0.92 cm. El análisis de varianza mostró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

**FIGURA 6 MEDIDAS DEL ALA DERECHA AL FINAL DEL EXPERIMENTO CON POLLITOS ARBOR ACRES EN ETAPA DE INICIACIÓN, ALIMENTADOS CON AXAYÁCATL EN DIFERENTES PORCENTAJES.**



## 10. DISCUSION

Los resultados obtenidos semanalmente, indican que desde el punto de vista biológico no hubo diferencia en las variables estudiadas entre la dieta testigo y la dieta balanceada con "Axayácatl" 2.5%.

Comparando todos los resultados de los diferentes parámetros, podemos ver que el grupo testigo obtuvo los mejores resultados tanto en peso corporal, ganancia de peso, conversión alimenticia, y obtuvieron los cúlmenes más grandes (figuras 1, 2, 3, 4, 5, y 6). Sin embargo, los resultados de los tratamientos experimentales aportan datos interesantes. Comparando los datos experimentales con 2.5% y 5%, de Axayácatl, el peso corporal, la ganancia de peso y la conversión alimenticia, también obtuvieron las alas más largas y los tarsos más anchos (considerando el grupo control). El tratamiento con 10%, es el que definitivamente presentó los datos más bajos. Además hay una observación interesante, el consumo de alimento es mucho mayor en los tratamientos que tenían insecto, por lo que se hizo notar un gusto muy especial por esta dieta.

Los resultados concuerdan, en general, con los obtenidos por otros autores, ya que en las dietas balanceadas con *Musca domestica* han encontrado que no hay diferencias significativas entre la conversión alimenticia y el peso ganado, en moscas (Teotia y Miller, 1973; Ocio y Vinaras, 1979). Sin embargo, en experimentos donde se utilizan las larvas de mosca y otro sustrato, los resultados han sido positivos. (Reyes, 1975; Gawaad y Brune, 1979; Peter, Chrappa, Boda, Zajonc y Vanco, 1982). Algo similar se encontró utilizando pupas de gusano de la seda, donde no se han encontrado diferencias significativas. (Virk, *et al.*, 1980; Joshi, 1980) y con los realizados por la Dra. Ramos-Elorduy y el Dr. Avila (19 -19 ) utilizando *Tenebrio molitor* L.

La dieta ideal que se maneja en la cría de pollos de engorda, está basada en sorgo y soya. Como se mencionó inicialmente, la soya es un grano rico en proteína y que también se utiliza en la nutrición humana. Los cultivos avícolas utilizan tierra que podría estar destinada a otras necesidades humanas. Independientemente de los datos obtenidos en este estudio, se debe de tomar en cuenta que todo esto finalmente es para el uso y consumo del ser humano. Por lo que es importante considerar que con la deficiencia alimentaria mundial, los recursos alimenticios deberían destinarse primeramente para el consumo humano y posteriormente, al consumo de animales.

Hay que pensar que los suelos cultivados se desgastan cada temporada de cultivo y que se erosionan con el tiempo. Un cultivo de insectos no acabaría con los suelos y utilizaría desechos orgánicos. Se han realizado diferentes tipos de cultivo de insectos con fines avícolas. En Togo, África, se ha descrito una técnica para producir termitas destinadas al consumo avícola. Los huevos y las larvas son un succulento alimento para las aves (Farina, Demey y Hardouin, 1991).

La finalidad de eficientizar y maximizar las utilidades de las granjas avícolas, es el objetivo primordial de este tipo de trabajos científicos. El cultivo de insectos en zonas rurales de nuestro país, es una alternativa para satisfacer la necesidad de obtener una mayor producción y rendimiento en el cultivo de aves de corral, toda vez que los campesinos no tienen acceso a la soya que mayormente es de importación.

## 11. CONCLUSIONES

Los resultados indican que las dietas con 2.5% de Axayácatl utilizadas en este experimento, son una alternativa viable tanto nutricionalmente, como económicamente, e indican que los insectos son una fuente alternativa de proteínas para la industria avícola. Lo importante es encontrar la fórmula balanceada e inclusive realizar mezclas de diferentes especies de insectos hasta encontrar la dieta ideal.

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

## 12. BIBLIOGRAFIA

Ancona, H.L. 1933. El ahuate de Texcoco. *An. Inst. de Biol. UNAM.* 4:51-69.

Ascencio, J.G.R. 1994. *Valor nutritivo de un sustituto de pescado I. calidad de la proteína y evaluación en dietas para pollos de engorda.* Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. México.

Avila, E. 1990. *Alimentación de las aves.* 2ª de., Trillas. México. pp. 17-55.

Ball, R. 1846. On noises produced by one of the Notonectidae. *Report Brit. Assoc. Adv. Sci.* 6:64-65.

Bare, C.O. 1928. Hemoglobin cells and other studies of the genus *Buenoa*. *Univ. Kansas Sci. Bull.* 118:265-349.

Bruyant, C. 1984. Sur un Hémiptère aquatique stridulant *Sigara minutissima* L. *C.R. Acad. Sci.* 118:299-317.

Calvert, C., R. D. Martin, N.O. Morgan. 1969. House fly pupae as food for poultry. *J. Econ. Ent.* 62:938-939.

Carpenter, G.H. 1894. The stridulation of *Corixa*, *Irish Naturalist* 3:253-255.

Charraga, A.S. y Hernández, S.L.T. 1995. *Diferentes niveles de energía y proteína en dietas para pollos de engorda en iniciación.* Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. México.

China, W. E. 1955<sup>a</sup>. The evolution of water bugs. *Amer. Nat.* 21:577-578.

Chrappa, V., Z. Strozyk, V.Peter, H. Straznicka, V. Sabo y H Abelova. 1990. Production effects of feeding housefly (*Musca domestica* L.) larvae and pupae to broiler chicks. *Scientia-Agriculturae-Bohemoslovaca.* 22:3,201-2018.

Clarence, E.B., y R.V. Diggins. 1993. *La producción avícola.* 1ª. De., Continental México. pp. 176-178.

Clavijero, S.F. 1780. "Storia Antica del Messico". T. II Bologne.

Coindet, L. 1867. "Le Mexique Considéré au point de vue Médico Chirurgical". *Natureza.* T. VII.

Comstock, J. H. 1887. Note on respiration of aquatic bugs. *Amer. Nat.* 21:577-578.

Cuca, M., E. Avila, y A. Pró. 1990. *Alimentación de las aves.* Colegio de postgraduados. Montecillos, Estado de México. pp. 6-44, 75-102.

DeFoliart, G.R., M.D. Finke, M.L. Sunde. 1982. Potential value of the mormon cricket (Orthoptera: Tettigoniidae) harvested as a high-protein feed for poultry. *Journal of economic Entomology.* 75:5,848-852.

De la Llave, P. 1885. El ahuate. *La Natureza. Soc. Mex. De Hist. Nat.* 7:74-77.

Despins, J.L., R. Axtell. 1994. Feeding Behavior and Growth of the Turkey Poult Fed Larvae of the Darkling Beetle, *Alphitobius diaperinus*. *Poultry Sci.* 73:10, 1526-1533.

———, 1995. Feeding Behavior and Growth of the Broiler Chicks Fed Larvae of the Darkling Beetle, *Alphitobius diaperinus*, *Poultry Sci*, 74:2, 331-336.

Dumortier, B. 1963. Morphology of sound emission apparatus in Arthropoda. In: Busnel, R. *Acoustic behavior of animal*: 277-345. Elsevier Co. Amsterdam.

Ehrlich, P.R., 1988, The Loss of Diversity: Causes and Consequences. pp. 21-27. In: Wilson E.O. (Edit.) *Biodiversity*. National Academy Press, Washington D.C.

Ehrlich, P.R., y A.H. Ehrlich, 1981, *Extinction*. Ballantine Books, New York.

Ehrlich, A.H. y Ehrlich, P.R. 1992, Causes and consequences of the disappearance of biodiversity, pp. 43-56, in: Sarukhán J. y R. Dirzo (Edit.) *México ante los retos de la biodiversidad*, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México.

Fagoonee, I. 1983. Inclusion of silkworm pupae in poultry rations. *Tropical Veterinary Journal*. 1:1,91-96.

Fernández, V. G., 1989. *Evaluación de un recurso comestible autóctono propio de lagos alcalinos (Hemiptera: Corixidae-Notonectidae)*. Tesis profesional. Fac. Ciencias. UNAM. 113 pp.

Finke, C. 1968. Lautäusserung und verhalten von *Sigara striata* un *Callicorixa praeusta* (Corixidae Leach., Hydrocorisae Latr.) *Zschr. Vergl. Physiol*. 58:598-422.

Finke, M.F., M.L. Sunde, J.G.R. DeFoliart. 1985. An Evaluation of the Protein Quality of Mormon Crickets (*Anabrus simplex* Haldeman) When Used as a High Protein Feedstuff for Poultry. *Poultry Sci*. 64:708-712.

Forbes, S.A. 1888. On the food relations of freshwater fishes: a summary and discussion. *Bull. Illinois Lab. Nat. Hist*. 2:475-538.

Gado, M.S., S.M. El-Aggory, A.A.A. El-Gawaad y A.K. Mahmoud. 1982. The possibility of applying insect protein in broiler rations. *Research bulletin, Ain Shams University*. No. 1769, 16 pp.

Gawaad, A., H. Brune. 1979. Insect protein as a possible source of protein to poultry.1. Introduction and statement of the problem. *Zeitschrift fur Tierphysiologie, Tierernahrung und Futtermittelkunde*. 42:4, 216-222.

Goodman, W. 1989. Chitin a magic bullet. *Food insects newsletter*. Vol II (3): 1-7.

Griffith, M.E. 1945. The environment, life story and structure of the water boatman, *Ramphocorixa acuminata* (Uhler). *Univ. Kansas Sci. Bull*. 30:241-365.

Guerin-Meneville, F.E. 1857. Mémoire sur trois espèces d'insectes hémiptères dont les oeufs servent á faire une sorte de pain nommé Huatlé au mexique. *Bull. Soc. Imp. Zool. Dacclimat* 4:578-581.

Guillot, C. 1980. Entomology. *Plenum Press*. USA. 729 pp.

Haskell, P.T. 1957. Stridulation and its analysis in certain Geocorisae (Hemiptera, Heteroptera). *Proc. Zool. Soc. Lond*. 129:351-358.

Henández, F. 1649. "Rerum Medicarum Novae Hispaniae Thesaurus seu Plantarum, Animalium, Mineralum Mexicanorum". Roma.

- Hungerford, H.B. 1919. The biology and ecology of aquatic and semiaquatic Hemiptera. *Kansas Univ. Sci. Bull.* Vol II. 341 pp.
- , 1924. Stridulation of *Buenoa limnocastoris* Hungerford and systematics notes on the *Buenoa* of the Douglas region of Michigan, with the description of a new form. *Ann. Ent. Soc. Amer.* 17:223-227.
- , 1933. The genus *Notonecta* of the world. *Univ. Kansas Sci. Bull.* 21:5-195.
- , 1948. Corixidae of the Western Hemisphere. *Univ. of Kansas Publ.* USA.
- Hutchinson, G.E. On the occurrence of *Trichocorixa* Kirkaldy in salt water and its zoo-geographical significance. *Amer. Nat.* 65:573-574.
- Jensen, L.S. 1992. *Relación entre los aminoácidos y las proteínas: problemas de campo.* Ind. Avic. México. pp. 24-34.
- Joshi, P.S., P.V. Rao y B.S. Rao. 1979. The effect of feeding deoiled silkworm pupae meal on the performance of broiler chicks. *Indian Journal of Poultry Sci.* 15:2, 119-122.
- Joshi, P.S., P.V. Rao, A. Mitra, B.S. Rao. 1980. Evaluation of deoiled silkworm pupae-meal on layer performance. *Indian Journal of Animal Science.* 50:11,979-982.
- Kerr, B.J. 1993. *Revisión crítica de la investigación sobre dietas bajas en proteínas y suplementadas con aminoácidos, para pollos de engorda.* V ciclo de conferencias sobre aminoácidos sintéticos. Fermentaciones Mexicanas. Septiembre 24, México, D:F. pp. 35-44.
- Koo, S.I., T.A. Currin, M.G. Johnson, E.W. King, D.E. Turk. 1980. The nutritional value and microbial content of dried face fly pupae (*Musca autumnalis* De Geer) when fed to chicks. 59:11,2514-2518.
- Kumar, A., S:B. Hasan, R.J. 1992. Studies on the performance of broilers fed on silkworm moth meal. *Internantional Journal of Animal Science.* 7:2,227-229.
- Larsen, O. 1938. Untersuchungen über den Geschlechts apparatder aquatilen Wanzen. *Opuscula Entomol. Suppl.* 1:479-495.
- Leston, D. & Pringle, J.W.S. 1963. Acoustical behaviour of Hemiptera. In: *Busnael, R.G. Acoustic behaviour of animals: Elsevier Co. Amsterdam.* 391-411.
- Moran, Jr. E.T., R.D. Bushong, and S.F. Bilgili. 1992. Reducing dietary crude protein for broilers while satisfying amino acid requirements by least-cost formulation: Live performance, litter composition, and yield of fast-food carcass cuts at six weeks. *Poult. Sci.* 71:1687-1694.
- Moreng, R.E. and J.S. Avens. 1985. *Poultry Science & Production.* Preston, Virginia, USA.
- Nakagaki, B.J., M.L. Sunde, G.R. De Foliart. 1987. Protein Quality of the House Cricket, *Achaeta domestica*, When Fed to Broiler Chicks. *Poultry Sci.* 66:1367-1371.
- North, M.O., y D. D. Bell. 1993. *Manual de Producción avícola.* De. El Manual Moderno, S.A. de C.V. Tercera edición. México.
- NRC. 1984. *Nutrient Requirements of Domestic Animals, Nutrient requirements of poultry.* 8<sup>th</sup> Revised Edit.. National Academy of Sciences-National Research Council. Washington, D.C. USA.

NRC. 1994. *Nutrient Requirements of Domestic Animals, Nutrient requirements of poultry*. 9<sup>th</sup> Revised Edit. National Academy of Sciences-National Research Council. Washington, D.C. USA.

Ocio, E, R. Vinaras y J.M. Rey. 1979. House fly larvae meal grown on municipal organic waste as a source of protein in poultry diets. *Animal Feed Sci. And Tech.* 4:3,227-231.

Olivares, R.B. 1965. *Observaciones faunísticas de los corixidos (Hemiptera:Corixidae) del Lago de Texcoco y algunas propiedades fisico-químicas de las aguas del mismo*. Tesis profesional. Fac. Ciencias. UNAM. 74 pp.

Parshikova, O.S., K.N. Chaplinskaya, N.V. Molchanova, V.N. Romasko. 1981. Obmen veshchestvi produktivnost'kur pri ispol'zovanii v ratsione muki iz lichinok komnatnoi mukhi. 1981. *Nauchnye Trudy Novosibirskogo Sel'skokhozyaistvennogo Instituta*. 134:68-74.

Peter, V., V. Chrappa, K. Boda, I. Zajonc y M. Vanco. 1985. Effect of poultry excreta dressed with housefly (*Musca domestica* L.) pupae in the fattening of broilers and rearing of Japanese quail. *Pol'nohospodarstvo*. 31:11,1019-1025.

Poisson, R. 1935. Les Hémiptères aquatiques (Sandaliorhyncha) de la faune française. *Arch. De Zool. Exp. Et. Gen.* 72(2):480.

———, 1938. Les micronectes de le region Malgachi (Hem.) *Rev. France Ent.* 5(5): 135-145.

Popham, E. J. 1941. The variation in the colour of certain especies of *Arctocoris*a and its significance. *Proc. Zool. Soc. Lond.* 111:135-172.

Ramos-Elorduy, J., J.M. Pino, M. 1979. Insectos Comestibles del Valle del Mezquital y su Valor Nutritivo. *An. Inst. Biol. UNAM*. 50, Ser. Zoología (1):563-574.

———, 1981. Digestibilidad *in vitro* de algunos insectos comestibles en México. *Folia Entom. Mex.* 49:141-154.

Ramos-Elorduy, J. 1982. *Los insectos como fuente de proteínas en el futuro*. Limusa. México. 144 pp.

———, et. al.1984. Protein Content of Some Edible Insects in Mexico. *J. Ethnobiol.* 4(1):61-72.

———, J. M. Pino, M. 1989. *Los insectos comestibles en el México antiguo*. ADG editor, S.A. México, 108 pp.

———, 1990. Contenido calórico de algunos insectos comestibles de México. *Rev. Soc. Quim. Méx.* 34(2):56-68.

———, 2000. *La Entomología actual en México en la alimentación humana, en la medicina tradicional y en el reciclaje y alimentación animal*. Ponencia Magistral. Memorias del XXXV Congreso Nacional de Entomología. Acapulco, Guerrero.

Simeón, R. 1988. *Diccionario de la lengua Nahuatl o Mexicana*. Colección América Nuestra. Siglo XXI Editores, México, D.F. 783 pp.

Rey, J.M., R. Vinaras y E. Ocio. 1979. La larva de mosca (*Musca domestica* L.) como biotransformador intermediario en la obtención de proteínas. *Avances en Alimentación y Mejora Animal*. 20:1,3-9.



- Reyes, M. 1979. *Estudio preliminar de la larva de mosca (Musca domestica) como fuente de proteína en dietas para pollos*. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 48 pp.
- Salmon, R.E., T.I. Szabo. 1981. Dried Bee Meal as a Feedstuff for Growin Turkeys. *Can. J. Anim. Sci.* 61:965-968.
- Schaller, F. 1951. Lauterzeugung und Hörvermögen von *Corixa (Callicorixa) striata* (L.). *Zschr. Vergl. Physiol.* 33:476-486.
- Scott, M. L., M.C. Nesheim, and R.J. Young. 1982. *Nutrition of the Chicken*. 3er. Edition M. L. Scott and Associates. Ithaca, New York. USA.
- Southwood, T.R.E. & Leston, D. 1959. *Land and water bugs of the British Isles*. F. W. And Co. London. 436 pp.
- Sturkie, P.D. 1986. *Avian Physiology*. 4ta. Edición. Springer-Verlag. Pp. 296-335.
- Teotia, J.S.; B.F. Miller. 1973. Fly pupae as a dietary ingredient for starting chicks. *Poultry Sci.* 52:5, 1830-1835.
- , 1974. Nutritive content of house fly pupae and manure residue. *British Poultry Sci.* 15:2, 177-182.
- Thomson, M. 1894. Stridulation of *Corixa*. *Irish Naturalist.* 3:114-115.
- Thrope, W.H. 1950. Plastron respiration in aquatic insects. *Biol. Reviews.* 25:344-390.
- Toledo, V.M.. 1987. *Ecología y autosuficiencia alimentaria*. Siglo XXI Editores. México. 118 pp.
- Truxal, F.S. 1953. A revision of the genus *Buenoa*. *Univ. Kansas Sci. Bull.* 35:1351-1523.
- Valle, P., Ramos-Elorduy y A. Martínez. 1985. Estudio microbiológico y conservación a diferentes humedades del chapulin *Sphenarium* sp. *Rev. Tec. Alim.*
- Virk, R.S., G.N. Lodhi, J.S. Ichhponani. 1980. Deoiled silkworm pupae meal as a substitute for fish meal in White Leghorn laying ration. *Indian Journal Poultry Science.* 15:3,149-154.
- Von Mitis, H. 1936. Zur Biologie der Corixiden. Stridulation. *Zschr. Vergl. Okol.* 30:479-495.
- Weber, H. 1933. *Lehrbuch der Entomologie*. Fisher Verlag. Jena 726 pp.