

77  
2E3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**PRODUCTIVIDAD DE *Tenebrio molitor* L.  
UTILIZANDO DESECHOS VEGETALES  
COMO BASE DE SU DIETA**

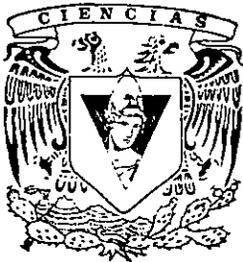
**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**B I O L O G O**

**P R E S E N T A :**

**MIGUEL ANGEL MENDOZA DE LA CRUZ**



DIRECTOR: JOSE MANUEL PINO MORENO

MAGISTERIO DE CIENCIAS  
SEPTIEMBRE 1969

27/11/69

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.



LIBERTAD NACIONAL  
AVANZA DE  
MEXICO

**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:

"PRODUCTIVIDAD DE Tenebrio molitor L. UTILIZANDO DESECHOS VEGETALES  
 COMO BASE DE SU DIETA"

realizado por

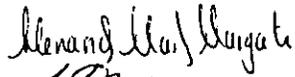
con número de cuenta 9251697-5 , pasante de la carrera de BIÓLOGO

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario Dr. JOSE MANUEL PINO MORENO 

Propietario M. en C. MARGARITA HERNANDEZ MARTINEZ 

Propietario M. en C. ROSA GABRIELA CASTAÑO MENESES 

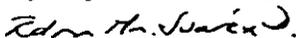
Suplente Biol. JAVIER GARCIA-FIGUEROA MORALES

Suplente Biol. EVELINE YARCE SALAZAR 

FACULTAD DE CIENCIAS

U. N. M.

Consejo Departamental de BIOLOGIA



DRA. EDNA MARIA SUAREZ DIAZ



DEPARTAMENTO

*A mi mamá.*

*Por su constante apoyo y  
confianza, pero sobre todo por  
que ha sido un ejemplo de  
dedicación y esfuerzo.*

## AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Julieta Ramos-Elorduy Blasquez por la excelente dirección de la tesis y revisión de ésta.

Al Dr. José Manuel Pino, por la codirección y el apoyo técnico en la realización de los análisis químicos y sobre todo por la confianza y amistad que me ha brindado.

A mis padres por apoyarme en todo momento y permitirme ser quien soy.

A los miembros del sínodo la M. en C. Margarita Hernández, la M. en C. Rosa Gabriela Castaño, la Biol. Eveline Yarce y al Biol. Javier Garcia-Figueroa, por la revisión y sugerencias realizadas al presente trabajo.

A mis hermanos José Luis, Víctor y Roberto que me han sido también mis cuates y me han estimulado para ser una mejor persona, a Héctor por ser el mejor ejemplo que un hermano puede brindar.

Al Laboratorio de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. y al Instituto de Biología de la UNAM. por permitirme hacer uso de sus instalaciones para la elaboración de este trabajo

A Maricarmen y Carlitos por provocar ese cambio radical en la familia.

A Mary por que has dado un nuevo incentivo a mi vida.

A todos aquellos que me han brindado su sincera amistad, en especial a Carmen, Sony, Cecy, Jesús, Oscar, Lucy, Agustín y Jorge.

A Victor Hugo por el apoyo brindado durante la elaboración de esta tesis.

## INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Introducción	1
Antecedentes	3
Sobrepoblación como un problema en el abasto de alimento	3
La producción de basura como consecuencia de la sobrepoblación	6
La entomofagia como una práctica cotidiana	8
Los insectos como una alternativa para la alimentación	10
Los insectos como un ejemplo de aprovechamiento integral	11
Aspectos generales de <i>Tenebrio molitor</i> L.	14
Características morfológicas de <i>T. molitor</i> L.	14
Ciclo de vida	15
Importancia económica	17
Valor nutricional	17
Objetivos	18
Material y Método	19
Obtención de poblaciones iniciales	19
Obtención y tratamiento de los desechos destinados a la alimentación de los insectos	21
Experimentos de reciclaje	22
Registro de datos	22
Análisis Químico Proximal	23
Humedad	23
Proteína cruda	24
Grasa Cruda	24
Cenizas o Sales Minerales	25
Fibra cruda	26
Extracto Libre de Nitrógeno	27
Análisis Estadístico	27
Resultados	28
Productividad en los diferentes tratamientos	28
Análisis Químico Proximal de larvas y dietas	35
Discusión	42
Conclusión	48
Literatura citada	49

## INDICE DE TABLAS

	Pag
<b>Tabla 1</b> Composición de la basura generada en la ciudad de México	8
<b>Tabla 2</b> Valor nutricional de <i>T. molitor</i> L. en comparación con algunos alimentos convencionales (g/100 g base seca)	17
<b>Tabla 3</b> Composición total de los desechos vegetales utilizados en las dietas para reciclaje	20
<b>Tabla 4</b> Composición de las dietas elaboradas para cada tratamiento	21
<b>Tabla 5</b> Valores promedio de productividad obtenidos en los diferentes tratamientos	29
<b>Tabla 6</b> Valores de F para el Análisis de Varianza del número promedio de larvas producidas a partir de las diferentes dietas empleadas	31
<b>Tabla 7</b> Valores de F para el Análisis de Varianza del peso promedio por larva obtenidos a partir de las diferentes dietas empleadas	31
<b>Tabla 8</b> Valores de F para el Análisis de Varianza de la biomasa producida a partir de las diferentes dietas empleadas	33
<b>Tabla 9</b> Valores de F para el Análisis de Varianza la cantidad de excretas producidas a partir de las diferentes dietas empleadas	33
<b>Tabla 10</b> Resultados del Análisis Químico Proximal de larvas de <i>T. molitor</i> L. cultivado en medios diferentes (g/100 g de muestra base seca)	35
<b>Tabla 11</b> Resultados del Análisis Químico Proximal de las diferentes dietas empleadas (g/100 g de muestra base seca)	36
<b>Tabla 12</b> Análisis Químico Proximal de los diferentes componentes de las dietas utilizadas (g/100 g de muestra base seca)	41

## INDICE DE FIGURAS

	Pag
<b>Fig. 1.</b> Ciclo de vida de <i>T. molitor</i> L.	16
<b>Fig. 2.</b> Número promedio de larvas en los diferentes tratamientos en relación al peso promedio de las mismas	30
<b>Fig. 3.</b> Relación entre la biomasa y las excretas producidas en los diferentes tratamientos	32
<b>Fig. 4.</b> Relación entre la biomasa (g) y el peso promedio por larva obtenidos a partir de los diferentes tratamientos	34
<b>Fig. 5.</b> Cantidad de Proteína encontrada en larvas de <i>T. molitor</i> L. y en sus respectivas dietas (g/100 g de muestra base seca)	37
<b>Fig. 6.</b> Cantidad de Grasa encontrada en larvas de <i>T. molitor</i> L. y en sus respectivas dietas (g/100 g de muestra base seca)	38
<b>Fig 7.</b> Cantidad de Sales Minerales (S.M.) encontradas en larvas de <i>T. molitor</i> L. y en sus respectivas dietas (g/100 g de muestra base seca)	38
<b>Fig. 8.</b> Cantidad de Fibra Cruda (F.C.) encontrada en larvas de <i>T. molitor</i> L. y en sus respectivas dietas (g/100 g de muestra base seca)	39
<b>Fig. 9.</b> Extracto Libre de Nitrógeno (E.L.N.) encontrado en larvas de <i>T. molitor</i> L. y en sus respectivas dietas (g/100 g de muestra base seca)	40
<b>Fig. 10.</b> Análisis Químico Proximal de las diferentes dietas empleadas (g/100 g de muestra base seca)	40
<b>Fig. 11.</b> Análisis Químico Proximal de los diferentes componentes de las dietas empleadas (g/100 g de muestra base seca)	41

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, diferentes aspectos relativos al ambiente han pasado a formar parte indispensable de los programas políticos generados por la exigencia ciudadana, y de los programas de desarrollo económico; por ejemplo, el asunto del desarrollo sustentable no es más que la consideración y manejo adecuado del ambiente tratando de garantizar la permanencia de los recursos naturales para futuras generaciones.

De hecho, en muchos países se están creando diversas técnicas de reciclaje de desechos cuyo desarrollo está enfocado tanto para materiales inorgánicos, como para orgánicos; en el primer caso, el objetivo ha sido principalmente reutilizarlos abatiendo costos de producción, utilizando desechos de muy difícil degradación por procesos naturales (Turk *et al.*, 1981); mientras que en la materia orgánica, su reciclaje se ha enfocado a la elaboración de compostas, bioconversión y biodegradación mediante el uso de digestores (Bryant, 1977; Leal *et al.*, 1996), o en algunos casos para la alimentación de especies animales de traspatio (técnica tradicional mexicana), es decir, en este caso se pretende crear una alternativa en la producción de alimento (lo que permite participar en la solución del problema de desnutrición existente en México y en otros países subdesarrollados), de ahí la importancia de proponer opciones para el manejo de los desechos orgánicos que tengan como finalidad la elaboración de alimento, contribuyan al control de la proliferación de fauna nociva y disminuya la contaminación de los mantos freáticos, entre otros problemas causados por la descomposición de los desechos orgánicos.

Por lo anterior, es importante considerar la capacidad de los insectos para alimentarse de productos que son catalogados como desechos e incorporarlos a su masa corporal, considerando también su alta eficiencia de conversión alimenticia, y sobre todo, que la biomasa obtenida de muchas especies puede ser utilizada como complemento de dietas destinadas tanto a consumo humano, como para la nutrición animal.

En particular, el escarabajo harinero o también conocido como el gusano amarillo de las harinas, *Tenebrio molitor* L., posee gran importancia económica, ya que es considerado como una plaga, pero además se está utilizando en la alimentación de animales de ornato y de zoológicos, tales como peces, anfibios, reptiles, aves, pequeños mamíferos, e incluso para consumo humano (Day, 1996). Por otro lado, es una especie que puede ser manejada y aprovechada debido a su rápida adaptación a condiciones de cautiverio y aceptación de diversos alimentos tales como desechos orgánicos vegetales (Lagunes & García, 1994).

## ANTECEDENTES

### **Sobrepoblación como un problema en el abasto de alimento.**

El crecimiento poblacional que existe actualmente es alarmante, no sólo por la proporción en que se está dando, sino porque la producción de alimento para sostener esta población se genera más lentamente, es por ello que dicho crecimiento, está considerado como uno de los mayores problemas de las sociedades actuales.

Al analizar la curva de crecimiento poblacional del mundo desde hace aproximadamente unos 100 000 años (tiempo en el que se estima apareció el hombre moderno), a la fecha, nos damos cuenta de que si la población sigue creciendo cada vez más rápidamente, o si continúa creciendo a su velocidad actual, no transcurrirá mucho tiempo antes de que haya más gente de la que la tierra pueda soportar (Turk *et al.*, 1981).

El mayor incremento en el crecimiento poblacional, ha ocurrido de los últimos 300 a 400 años a la fecha, lo que coincide con el descubrimiento y uso de la energía fósil, recursos como el carbón, gasolina y aceite. Desde entonces el rápido crecimiento poblacional ha sido paralelo con el incremento del uso de la gasolina para la producción agrícola (Pimentel & Hall, 1989).

La revolución industrial provocó una primera revolución urbana, entre 1800 y 1950, la población de las ciudades de más de 100 000 habitantes aumentó casi ocho veces más rápido (Bonnetous, 1984).

En nuestros días, la urbanización pasa por un incremento substancial, ya que el crecimiento de las ciudades se aceleró bruscamente desde el final de la Segunda Guerra Mundial. En el transcurso de diez años, entre 1950 y 1960, la población urbana mundial se incrementó en un 35% (*op cit*).

Cabe esperar que la destrucción de la tierra, el agotamiento de los recursos naturales, la producción de desechos y la contaminación aumentará con el crecimiento poblacional (Turk *et al.*, 1981). Cada día deben alimentarse más personas, asimismo, es necesario producir mayor cantidad de alimentos, por ello, se han creado estrategias para proveer a la población con cantidades adecuadas de alimento, agua, combustible y otros productos esenciales para la vida (Grant, 1982; Speth *et al.*, 1985, citado por Pimentel, 1989), así, con el desarrollo y uso de nuevas tecnologías, se espera una mayor eficiencia en el uso de los recursos naturales no renovables, y así garantizar alimento y otras necesidades al hombre, ya que algunas mejoras tecnológicas han satisfecho adecuadamente las necesidades económicas de la población mundial en varios aspectos (Simon, 1981; Eattenberg, & Einsmeister, 1984, citado por Pimentel, 1989). Sin embargo, para muchos grupos poblacionales, existen factores que influyen en la selección de sus alimentos, tales como las preferencias, el prestigio, la conveniencia, costumbres, religión y prácticas sociales que juegan un rol muy importante dentro de cada grupo cultural, comunidad o familia. También existen semejanzas o discrepancias que muchas veces determinan que es lo que se come. Aspectos como la palatabilidad, olor, sabor, color, textura y la sensación que dan en la boca también tienen gran influencia. En algunas ocasiones hay asociaciones individuales de un alimento con celebraciones sociales y sentimientos emocionales (Hertzler *et al.*, 1982).

En la actualidad es inminente el agotamiento de algunos recursos naturales como el agua, el petróleo, algunos metales básicos y tierras de labranza, así como la contaminación de nuestro medio, lo cual ocasiona consecuencias importantes para la planeación del desarrollo tanto en los países desarrollados, los cuales deben enfocarlo con el propósito de conservar el medio, como en los países subdesarrollados, los que deben afrontar el crecimiento demográfico como parte integral de su avance socioeconómico (Strong & Ward, 1975), ya que es una cuestión muy discutida es que, en un futuro cercano a la humanidad le espera una grave penuria de materias primas

---

minerales y energéticas, puesto que independientemente de su diversidad y volúmen, su condición principal es que son recursos naturales no renovables y están sujetos al agotamiento (Deffis-Caso, 1991), aunque hemos de admitir que hasta donde se ha registrado en la historia, el hombre ha alterado la tierra de todas las formas concebibles, y que no es fácil encontrar una relación directa entre el aumento numérico de la población y el ritmo con el que se ha efectuado la destrucción y el agotamiento de los ecosistemas.

La tala masiva de árboles con fines comerciales, ha destruido ya, innumerables porciones del territorio de las zonas menos desarrolladas. Esta explotación empezó mucho antes que la llamada explosión demográfica, y amenaza con continuar a menos que se apliquen enérgicas medidas coercitivas (Strong & Ward, 1975).

Como una consecuencia del crecimiento poblacional, la falta de alimentos se manifiesta como un problema muy serio a lo largo del mundo, se ha considerado que el número de personas con hambre se ha incrementado en la década de 1970 a 1980, de 15 millones a 475 millones (Lewis, 1987), aunque no sólo es debido al crecimiento poblacional, si no también a la carencia de recursos y a los factores socioculturales. Por lo cual, el considerar estos aspectos de la alimentación podrían aportar un entendimiento de las acciones que permitan asegurar una adecuada alimentación para generaciones futuras (Pimentel & Hall, 1989).

Cabe también mencionar que cada individuo tiene una necesidad fisiológica diferente para cada nutrimento, por ejemplo es necesario conocer la cantidad mínima de cada uno de ellos para mantener la salud de los adultos y permitir el crecimiento normal en los niños. Estos requerimientos varían naturalmente según la edad, el sexo y el peso, además de las actividades que se desarrollen.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Food and Agriculture Organization (FAO) de las Naciones Unidas y muchos países del mundo han publicado tablas presentando las raciones diarias recomendadas (RDR), que se usan generalmente para planificar, por ejemplo, dietas y compras de alimento, además para

---

comprobar si es adecuada la nutrición de las poblaciones cuyo consumo de alimentos ha sido encuestado, facilitando así la identificación de grupos con una dieta deficiente (Taylor, 1983).

La FAO/OMS (1973) publicó un informe sobre las necesidades energéticas y proteínicas, en donde se señala que el promedio de la tasa de nitrógeno necesaria para mantener el equilibrio en sujetos de ambos sexos, son 77 mg N por kg de peso corporal al día, cuando la proteína se obtenía de dietas de leche, huevos, caseína o una mezcla de proteínas incluyendo algunas de origen animal. El valor correspondiente cuando se consumía una mezcla de proteínas vegetales era de 93 mg N. Pero cuando el consumo era de proteínas vegetales de calidad pobre, y de un solo tipo, situación que sólo es posible a corto plazo, las necesidades son un 25% por encima de este valor (Taylor, 1983).

Es por ello que se necesitaría conocer para planear la alimentación de la población a corto, mediano y largo plazo, ¿cuanto y que tipo de alimento producir?.

### **La producción de basura como consecuencia de la sobrepoblación**

Paralelamente a la sobrepoblación se da la alta producción de basura, ya que la generación de desechos es una actividad propia del hombre. De hecho, el transformar la naturaleza (modificar consciente o inconscientemente el ambiente), es lo que constituye el avance de la civilización.

En el mundo se producen actualmente unos cuatro millones de toneladas de basura al día, tanto de origen doméstico, urbano e industrial, que con una densidad media de 200 kg/m<sup>3</sup>, equivalente a 20 millones de m<sup>3</sup>, que ocuparía un recipiente de base cuadrada de un kilómetro por lado y de 200 m de altura; un 30% de estos residuos se entierra y el resto ya constituye un serio problema desde un punto de vista ecológico, sanitario, social y económico, ya que el costo de la recolección, transporte

---

y eliminación es cada vez más caro, en virtud de que se desaprovecha el potencial energético de estos residuos (Deffis-Caso, 1991).

La cantidad de residuos que se generan por habitante es un índice que se relaciona de modo directo con el nivel de vida de la comunidad; por ejemplo, en los Estados Unidos de América, la producción diaria de residuos domésticos supera ya la cifra de 3 kg per capita. Su incremento constante, junto con el aumento de población, hará que el residuo total diario se duplique en 20 años. Por otro lado, en la Ciudad de México la producción de residuos para 1991 alcanzaba las 15,000 toneladas diarias, mientras que para 1996, la Dirección de Residuos Sólidos de México reporta que se producen en promedio 19,621 toneladas de desechos al día.

Otro problema por el cual hay que considerar la importancia de los residuos, es el agotamiento de los recursos naturales de carácter energético. En nuestra Ciudad, de la basura producida al día, se recolectan solamente el 10% de esta cantidad, mientras que un porcentaje menor se recicla por algún método y el 90% restante contribuye a elevar los niveles de contaminación. Por otro lado, la política de rellenos sanitarios es equivalente a esconder la basura doméstica bajo el tapete, con las agravantes que esto implica: costos exorbitantes, contaminación de mantos acuíferos y la negación sistemática de alternativas rentables y productivas (Deffis-Caso, 1991). Debemos tomar en cuenta que por el auge que se está dando en el uso de productos desechables las cantidades de basura producida va en aumento en los últimos años, por ello, es importante hacer énfasis en el aumento de residuos, ya que en 1950 se producían 370 gramos de residuos per capita, de los cuales fundamentalmente predominaban los biodegradables; en la actualidad se generan alrededor de 1 kg de basura de difícil degradación por habitante, cuya principal composición (76.7%), es de origen orgánico, mientras que un 23% corresponde a material que si bien puede ser reciclado generalmente genera o incrementa los problemas, de contaminación e insalubridad (Tabla 1).

**Tabla 1. Composición de la basura generada en la Ciudad de México**

COMPOSICION	PRODUCCION%
<b>Orgánica</b>	
-Cuero-hueso	2.5
-papel y cartón	20
-trapos- algodón	4.2
-materia orgánica diversa	50
<b>Inorgánica</b>	
-plásticos	4
-vidrio	5
-latas- metales	3.5
<b>Diversos</b>	10.8

(Tomado de Deffis, 1991.)

Durante los últimos 39 años, no sólo se ha incrementado de manera considerable el volumen, sino también se ha modificado su composición, pasando de un 5% de desechos no degradables en la década de los cincuenta, a un 50% de estos en la actualidad.

Es importante analizar la composición de la basura producida y considerar el alto costo económico y social que ésta tiene, que bien podría utilizarse en la producción tanto de materiales de uso cotidiano, como de alimentos (Deffis, 1991).

Ante estos hechos es importante proponer alternativas para el reciclaje de desechos para lo cual se deben considerar a los insectos, cuyas características los hacen susceptibles y potenciales para ello.

### **La entomofagia como una práctica cotidiana**

Se sabe que desde épocas inmemoriales el hombre ha utilizado los insectos o sus productos como alimento, lo que ha quedado grabado en bajorrelieves de cavernas prehistóricas; por ejemplo, el uso de las langostas, diferentes larvas de escarabajos y

---

la miel misma. El consumo de insectos constituye hasta la fecha, en ciertas comunidades étnicas, una parte importante de su dieta cotidiana. Por otro lado, en elegantes restaurantes existen platillos muy elaborados, para los "gourmets", señalándose así, que la ingestión de insectos en la época actual se realiza en diversos estratos sociales de diferentes países y por hombres de todas las razas, pero es difícil señalar cuántos y cuáles son los insectos que se comen en cada país, ya que de los estudios relativos a dicho tema son muy escasos (Ramos-Elorduy, 1984). Lo que si se sabe es que estos han jugado un papel muy importante en la dieta de gente de todo el mundo, particularmente en regiones tropicales y subtropicales, en donde los insectos son ampliamente aceptados como alimento sobre todo por los habitantes de zonas geográficas en donde las condiciones bioecológicas son adversas; en ellos encuentran un alimento que les permite regular y mantener su estado nutricional (Ramos-Elorduy *et al.*, 1984 ). Particularmente son valorados como alimento u objetos de comercio en poblaciones rurales en las que por su estilo de vida y la abundancia del recurso son altamente accesibles.

Los insectos constituyen un hábito tradicional de alimentación en los 5 continentes de la Tierra, su consumo se hace de manera selectiva y organoléptica como parte de la cultura de cada uno de los países en los que las personas del ámbito rural conocen gran variedad de insectos que utilizan en su alimentación; saben cuando y donde recolectarlos y tienen un sinnúmero de maneras de prepararlos, e incluso, de preservarlos para contar con alimento en la época en que este escasea (Ramos-Elorduy, 1984, 1993).

Cientos de especies han sido usadas como alimento humano en el mundo. Algunos de los órdenes más importantes incluyen larvas de mariposas y polillas, larvas y adultos de escarabajos, abejas con o sin aguijón, avispas, hormigas, abejorros, chapulines, chinches y grillos, entre otros. Del medio acuático se han obtenido libélulas, algunas especies de moscas, escarabajos y chinches (Ramos-Elorduy, 1993; De Foliart, 1992)

La selección de los insectos que serán consumidos depende de los hábitos y de la disponibilidad de recursos alimenticios en los alrededores. En muchos ecosistemas tropicales, la gente ubica a los insectos como un recurso renovable y ha desarrollado diferentes técnicas de explotar su gran riqueza de especies.

“Ciertamente muchas tradiciones alimenticias prevalecen gracias a la forma de preparación, hábitos, ciclos de vida, educación y lugar de residencia de cada persona; el consumo de insectos implica una dieta la cual se lleva en armonía con el entorno ambiental del cual la gente subsiste manteniéndose así la estabilidad del recurso” (Ramos-Elorduy, 1987)

### **Los insectos como una alternativa para la alimentación**

“La evidente problemática del hambre y la desnutrición en el mundo, particularmente en México ha sido ampliamente señalada, se ha identificado como el principal problema para la salud e igualmente se ha indicado que la desnutrición es el factor que más contribuye a la mortalidad infantil en los países en vías de desarrollo” (Ramos-Elorduy *et al.*, 1981). Por ello, “se debe tomar en cuenta que los insectos son el grupo animal numéricamente dominante, que esta prácticamente desaprovechado y que podrá proporcionar un alimento de alto valor nutritivo y que en efecto, en estudios recientes se ve que contribuyen cuantitativa y cualitativamente a la dieta de algunas comunidades, encontrando un gran número de especies comestibles que son consideradas como un recurso renovable” (Ramos-Elorduy, 1990)

En investigaciones realizadas acerca de su valor nutritivo, se ha observado que poseen una gran riqueza proteínica y vitamínica que podría ser una fuente de proteína animal mediante su explotación racional. Además, de aproximadamente un millón de especies de insectos existentes, muchas han sido catalogadas como benéficas por la utilidad que prestan al hombre; entre ellas están las que polinizan, y otras, cuyos

productos como la miel, la cera y la seda se explotan a escala industrial (Ramos-Elorduy, 1984). En México, se conoce ampliamente el consumo de insectos durante todas las estaciones del año en diversos Estados de la República, como Veracruz, Oaxaca, Chiapas y Yucatán, entre otros, (Ramos-Elorduy & Pino, 1992).

El valor nutritivo de los insectos ha sido reportado señalando que estos tienen una gran riqueza proteínica y vitamínica, albergando elevadas cantidades de proteína que oscilan de 30.88% a 72.02% en g/100 g de producto seco (Ramos-Elorduy, *et al.*, 1981). y constituyen una fuente de proteína animal no aprovechada hasta la fecha de una manera sistemática, que podría asegurar una buena alimentación por ser suficientemente numerosos y aceptablemente comestibles.

### **Los insectos como un ejemplo de aprovechamiento integral**

Por otro lado, hay que considerar que el concepto de producción de alimentos es inseparable del aprovechamiento correcto de los recursos, por lo que se deben planear técnicas de explotación integral en los que son vitales los problemas de reciclaje de recursos; establecer una relación analítica entre las especies biológicas que hacen posible el equilibrio del ecosistema, y minimizar los desperdicios para maximizar su aprovechamiento (Ramos-Elorduy, 1984), considerando que aunque solamente una fracción muy pequeña de las especies ha sido examinada para conocer su eficiencia de conversión de alimento, se ha detectado que, muchos insectos son altamente eficientes en este aspecto, de hecho, solamente compiten con el pollo que es uno de los alimentos más usuales del hombre (Taylor, 1975), ya que, por ejemplo, “en una res, sólo de un 10% a un 20% de lo que existe en su pienso se convierte en carne, ello en parte, es debido a que mucha de la energía que ingiere la utiliza en mantener la temperatura de su cuerpo, pues se trata de un animal homeotermo; ésto en los insectos no es necesario, ya que son animales poiquilotermos. Se debe también tomar en cuenta que en la mayor parte de los procesos de explotación animal, entre el 60% y el 90% del alimento consumido se vuelven desechos orgánicos, y solamente 20% a 25%,

---

en promedio, se transforma en carne, piel y otros subproductos de uso directo para el hombre (huevo, leche, vísceras, etc.), por lo que el afluente de mayor volumen y peso son los desechos orgánicos” (Ramos-Elorduy, 1984). De lo anterior podemos observar que la eficiencia de conversión alimenticia es un indicador importante del valor económico de un animal como alimento y en las reses por ejemplo, la elaboración de raciones alimenticias implica la utilización de recursos que de otra manera podrían servir como alimento humano (granos como maíz, trigo, sorgo, etc.), lo cual sugiere que deberíamos considerar la naturaleza de los materiales vegetales y animales que sirven para la nutrición tanto humana como animal (Ramos-Elorduy *et al.*, 1981). Una eficiencia de conversión alimenticia alta es deseable principalmente en proteínas, lo cual ha sido demostrado (Ramos -Elorduy & Pino, 1979) “al comparar el contenido proteínico que poseen algunos insectos comestibles y sus hospederos correspondientes, por ejemplo: *Eucheria socialis* 50.88% y *Arbustus sp.* 7.47%, *Laniifera cyclades* 45.83% y *Opuntia sp.* 5.21%, *Pachilis gigas* adultos 67.3% y ninfas 62.955% y *Prosopis sp.* 16.16%, *Comadia redtenbacheri* 67.3% y *Aegiale (Acentrocneme) hesperiaris* 30.89% y su hospedero *Agave sp.* 8.33% y finalmente *Heliotis zea* 41.98% y *Zea mays* 8.62%” (Ramos-Elorduy *et al.*, 1981).

De hecho el valor nutritivo de un animal particular como fuente de alimento humano no solo es determinado por su valor nutritivo, sino que también se relaciona con la eficiencia de su conversión alimenticia (Ramos-Elorduy & Pino, 1979)

De esta manera podemos decir que cuando se combine la eficiencia de conversión alimenticia de los insectos con su valor nutritivo y especialmente la cantidad y la calidad de las proteínas, así como la elevada digestibilidad que estos organismos poseen, se puede vislumbrar que constituye, una prometedora fuente de proteína, que en la actualidad no se ha aprovechado de manera racional y sistemática (Ramos-Elorduy *et al.*, 1981), y que según el principio ecológico de exclusión competitiva, los insectos se apuntan como un grupo dominante sobre otros, ya que

este principio establece que si dos o más poblaciones de organismos vivos se expanden maltusianamente, sin control selectivo en un mismo medio, la población de mayor velocidad de crecimiento termina por dominar las fuentes de energía. Es pues, tiempo, de cambiar nuestras actitudes y reflexionar con mayor responsabilidad y seriedad sobre la alimentación de nuestro pueblo, y dar atención a este renglón de la alimentación humana.

La situación geográfica, económica, social y nutricional de México amerita continuar con los estudios e investigaciones entomológicos con el objeto de aprovechar uno de los recursos renovables no explotados a nivel industrial hasta la fecha: los insectos.

En la actualidad existen insectos cultivados bajo condiciones controladas empleando dietas balanceadas y quizá por esta razón, sea válido creer que los estudios nutricionales con medios de cultivo específicos incrementarían notablemente la eficiencia de conversión alimenticia de casi cualquier insecto debido a la gran variedad de regímenes alimenticios que poseen (Ramos-Elorduy, 1984).

Una de las especies que se está utilizando en nutrición de diferentes organismos, es *Tenebrio molitor* L., siendo susceptible de ser utilizado como reciclador de materia orgánica, ya que posee una alta eficiencia de conversión de alimentos con alto contenido de carbohidratos a proteínas que integran su masa corporal (Blum, 1985), además de su gran capacidad de adaptación a diferentes tipos de alimento.

### **Aspectos generales de *Tenebrio. molitor* (Linneo).**

Este insecto es considerado como una plaga secundaria, por alimentarse de granos y semillas que han sido dañadas por plagas primarias o durante su recolección. Se le considera una plaga de distribución mundial, pero su origen más probable se ubica en Europa o Asia.

La larva se conoce como "gusano amarillo de la harina" y en su estado adulto como "gorgojo negro". Pertenece al género *Tenebrio*, cuya palabra de origen latino significa "obscuridad", calificativo apropiado para este insecto de hábitos nocturnos y por localizarse en lugares oscuros (Lyon, 1991; Day, 1996). Es considerado un animal carroñero y se encuentra entre los insectos que infestan productos almacenados (De Vold, 1991). Tiene preferencia por productos como harinas, cereales, desechos de carne, insectos muertos y salvado. Usualmente habita en lugares poco perturbados, como esquinas oscuras, bajo sacos, en cajas y en alimentos almacenados, siendo de su preferencia interiores como sótanos, lugares a nivel de tierra, las literas de las casas de los pollos. Asimismo, se reporta como poco perjudicial en el interior de las casas habitación (Lyon, 1991; Cotton, 1940).

### **Características morfológicas.**

Los adultos son lustrosos, presentan un color café oscuro o negro, aproximadamente de 12 a 15 mm de largo, similar a muchos escarabajos terrestres en forma y color, aunque las patas posteriores de los adultos tiene solamente cuatro segmentos tarsales, mientras que las patas traseras de los escarabajos terrestres tienen 5 segmentos tarsales (Anónimo, 1997; Day, 1996; Lyon, 1991; De Lisle, 1991).

Sus huevos son blancos y en forma de habichuela, miden aproximadamente 1.20 mm.

Las larvas de *T. molitor* son blancas cuando jóvenes, tomando con el tiempo un color amarillo miel, lisas, altamente lustrosas, elongadas, duras, cilíndricas, su cuerpo mide aproximadamente 3 mm de ancho y 3 cm de largo; son también conocidas como larvas doradas y representan un excelente cebo para la captura de peces (Day, 1996). Las pupas son blancas y suaves en un inicio, tornándose amarillentas al cabo de uno o dos días y no se producen capullos (Lyon, 1991).

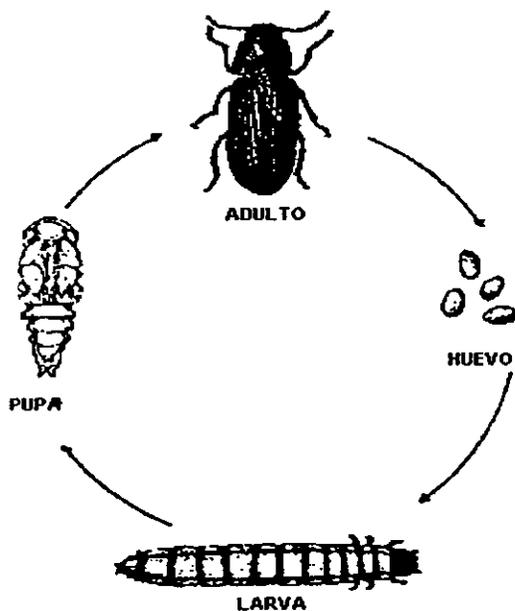
### Ciclo de Vida.

Estos organismos son holomentábolos, es decir, presentan metamorfosis completa pasando por los estados de huevo, larva, pupa y adulto (Fig. 1).

Los huevos son puestos separados o en grupo, cada hembra pone aproximadamente 275 huevos en un intervalo de 4 a 14 días, de los cuales nacen las larvas después de 22 a 137 días. Las larvas pueden permanecer en este estado hasta 2 años dependiendo del ambiente (temperatura y humedad), mientras que las pupas pueden permanecer en este estado de 7 a 24 días (Day, 1996; Lyon, 1991), por su parte, los adultos pueden tener de 2 a 3 meses de vida.

Estudios realizados en condiciones de laboratorio con temperatura de  $26.5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de  $70\% \pm 2\%$  por Hernández (1988), reportan que, los adultos alcanzan la madurez sexual alrededor de dos días después de haber perdido su cutícula pupal, además de manifestarse actos de rivalidad entre los machos debido a la disputa por las hembras no fecundadas; la primera oviposición de las hembras fecundadas es aproximadamente a los 4 días después de haber pasado al estado adulto. La duración del ciclo de vida según se reporta se reduce notablemente requiriendo aproximadamente de 80 días para completarlo.

Fig. 1. Ciclo de Vida de *T. molitor* L.



Tomado de Hernández, 1988

### Importancia económica.

Comúnmente se utiliza a este insecto vivo o seco en la alimentación de animales de ornato y parques zoológicos; también es muy utilizado en aspectos de investigación en herpetocultura, siendo muy recomendado su uso como complemento de dietas para reptiles como tortugas, lagartijas, anfibios (como ranas), aves, pequeños mamíferos, entre otros animales, asimismo se ha experimentado elaborando dietas obteniendo resultados favorables en cuanto al desarrollo en algunos peces como los oscars (*Astronotus ocellatus*), peces mariposa y algunos cíclidos (Day, 1996; Lyon, 1991; De Lisle, 1991).

Se cultiva en grandes cantidades para su venta como alimento en tiendas para mascotas, además es usado en laboratorios con diversos fines como ensayos en la alimentación de animales.

### Valor nutricional

En relación a su valor nutricional (Tabla 2), se reporta el análisis químico proximal realizado por Conconi (1993), quien obtuvo los siguientes resultados en base seca expresados en g/100g:

**Tabla 2. Valor nutricional de *T. molitor* L. en comparación con algunos alimentos convencionales (g/100g base seca)**

	Proteína	Grasas	Sales	Fibra Cruda	Carbohidratos
<i>T. molitor</i> L. (larvas)	47.76	38.29	2.77	6.91	4.27
POLLO	43.34	58.71	1.77	-----	-----
PESCADO	81.11	13.32	3.98	0.43	1.16
FRIJOL	23.54	2.92	1.96	28.51	43.07
LENTEJA	26.74	1.04	0.90	15.37	55.95
SOYA	41.11	24.27	1.80	-----	-----
HUEVO	46.00	41.80	3.67	6.13	2.40
RES	54.00	-----	-----	-----	-----

(Tomada de Conconi, 1993).

## OBJETIVOS

### Generales

- ◆ Determinar la factibilidad del uso de desechos vegetales en la alimentación de *T. molitor* L. en cultivo.
- ◆ Evaluar la productividad de esta especie cultivada en desechos y compararla con la productividad de la dieta control.
- ◆ Realizar una comparación del valor nutricional de las larvas alimentadas con desechos orgánicos y las obtenidas con la dieta control.

### Particulares

- ◆ Crear una alternativa alimenticia para el reciclaje de desechos vegetales.
- ◆ Obtención de un alimento exótico con alto contenido proteínico para la alimentación humana o animal.
- ◆ Establecer la proporción de desechos vegetales más conveniente a utilizar en alimentación de *T. molitor* L. en condiciones de laboratorio

---

## MATERIAL Y MÉTODO

Esta investigación se llevó a cabo en el Insectario del Instituto de Biología de la UNAM y en el Laboratorio de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. Para su desarrollo se contemplaron las siguientes fases:

### 1) Obtención de poblaciones iniciales.

Se emplearon poblaciones de *T. molitor* L. proporcionadas por la Dra. Julieta Ramos-Elorduy investigadora responsable del proyecto "Los insectos como fuente de proteínas del futuro". Dichas poblaciones se encuentran ubicadas en las cámaras de cultivo anexas a dicho Instituto.

Las condiciones ambientales en dichas cámaras son: temperatura promedio 27°C con un rango de 1.5°C  $\pm$ ; humedad relativa promedio de 80%  $\pm$  2 %. Estos parámetros fueron registrados diariamente con un higrotermómetro marca Cole-Palmer Instrument Company, modelo No. 3310-00; las poblaciones se alimentaron con una dieta balanceada según Cotton (1940), como se muestra en la Tabla 4. Estos organismos sirvieron para iniciar una fase de entrenamiento y manejo de los organismos, así como para incrementar las poblaciones de los organismos empleados como pie de cría.

**Tabla 3. Composición total de los desechos vegetales utilizados en las dietas para reciclaje**

Composición restos de:	Porcentaje	Peso total (g)	Volumen (g) utilizado por tratamiento	
			Tratamiento 1 y 2 (T2 y T3)	Tratamiento 3 (T3)
Aguacate (cascaras)	4.76	3,236.80	214.20	202.30
Guayaba (fruto)	12.28	8,350.40	552.60	521.90
Jitomate (entero)	2.42	1,645.60	108.9	102.85
Mango (cascaras)	36.03	24,500.40	1,621.35	1,531.275
Melón (entero)	0.23	156.40	10.35	9.775
Pepino (entero)	0.72	489.60	32.40	30.60
Papaya (entera)	1.86	1,264.80	83.70	79.05
Piña (cáscaras)	3.42	2,325.60	153.90	145.35
Plátano (entero)	3.80	2,584.00	171.00	161.50
Brocoli (entero)	1.17	795.60	52.65	49.725
Calabaza (entera)	0.62	421.60	27.90	26.35
Chayote (entero)	0.09	61.20	4.05	3.825
Chicharo (entero)	1.21	822.80	54.45	51.425
Elote (hojas)	5.51	3,746.80	247.95	234.175
Lechuga (hoja)	11.93	8,112.40	536.85	507.025
Jicama (entera)	1.96	1,332.80	88.2	83.30
Papa (entera)	4.91	3,338.80	220.95	208.675
Zanahoria (entera)	7.08	4,814.40	318.6	300.90

## 2) Obtención y tratamiento de los desechos destinados a la alimentación de los insectos.

Se utilizaron desechos de origen vegetal, los cuales fueron recolectados de mercados públicos y en diferentes hogares, la proporción de cada componente se presenta en la Tabla 3. Todos los desechos se cortaron en trozos pequeños y se introdujeron en un horno de secado marca Riosa a 50°C hasta su total deshidratación (peso constante), para posteriormente triturarlos en un molino de mano y mezclarlos elaborando a partir de ellos tres dietas experimentales diferentes (Tabla 4), incluyendo en ellas diferentes proporciones de salvado y levadura, cuya productividad se comparó con la dieta testigo (ideal según Cotton, 1940).

Tabla 4. Composición de las dietas elaboradas para cada tratamiento

	Control (dieta ideal según Cotton 1940)	Tratamiento 1 (T1)	Tratamiento 2 (T2)	Tratamiento 3 (T3)
Componentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 90 % salvado</li> <li>• 10% levadura de cerveza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 90% Desechos vegetales</li> <li>• 10% salvado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 90% Desechos vegetales</li> <li>• 10% levadura de cerveza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 85% desechos vegetales</li> <li>• 10% salvado</li> <li>• 5% levadura de cerveza</li> </ul>

### 3) Experimentos de reciclaje

El montaje de estos experimentos se realizó por cuadruplicado para cada tratamiento en cajas de madera rectangulares con las siguientes dimensiones: 50 cm de largo por 30 cm de alto y 25 cm de ancho, en las cuales se colocó la ración alimenticia, cuya composición se indica en la Tabla 4 y su contenido fue de 5 kg por recipiente. La población inicial fue de 300 pupas tomadas al azar, es decir, sin sexar.

Sobre la dieta de cada caja se colocaron toallitas de papel, que se humedecieron cada tercer día con la finalidad de que existiera un aporte de agua para los insectos, también se cubrieron las cajas con malla de plástico de 1 mm de abertura para evitar la pérdida de biomasa por la fuga de insectos; todas las cajas se mantuvieron en las cámaras de cultivo cuyas condiciones ambientales controladas fueron: temperatura promedio  $27^{\circ}\text{C} \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ , y humedad relativa promedio de  $80\% \pm 2\%$ , a lo largo de tres meses de experimentación, tiempo en el cual se obtuvo la primera generación. Cada caja fue etiquetada con los siguientes datos: fecha de inicio, composición de la dieta, número de repetición, población inicial y fechas de revisión.

### 4) Registro de datos

La revisión de los lotes experimentales se realizó cada 30 días, removiendo lentamente el sustrato para evitar que los desechos se compactaran, evitando perturbar a los insectos con el fin de no afectar su desarrollo; esta evaluación, fue realizada para detectar y evitar la aparición de otros organismos que pudieran afectar a los cultivos, como pudieran ser hongos, ácaros u otros insectos como larvas de mariposas. Dichas revisiones se realizaron hasta que aparecieron los estados larvales "L6" (3 meses) , que fue cuando se separaron los organismos del medio de cultivo, esto se logró con la ayuda de tamices, cuya abertura fue de 0.4, 0.5, 4.7 y 16.6 mm, obteniendo por

separado los restos no consumidos de las dietas, larvas de diferentes tamaños, pupas, adultos y excretas.

Cada uno de estos componentes se pesó y en el caso de las larvas, pupas y adultos vivos, se cuantificaron para estimar el peso promedio de los organismos en los diferentes tratamientos.

### 5) Análisis químico proximal

Estos fueron realizados en el Laboratorio de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. Se analizaron el porcentaje Proteína cruda, Grasa cruda, cenizas o Sales Minerales (S.M.), Fibra Cruda (F.C.), y el Extracto Libre de Nitrógeno (E.L.N.) de las larvas obtenidas, así como de sus respectivas dietas, utilizando los métodos de la A.O.A.C. (1980). Dichos análisis fueron realizados por triplicado.

#### *Humedad*

Para obtener este porcentaje se utilizó un recipiente (tara) previamente pesado y secado, en él se colocó la muestra fresca (MF) y se pesó; posteriormente se colocaron en una estufa de secado durante 24 horas hasta obtener un peso constante, se pesó nuevamente la tara y la materia seca (MS) y la diferencia entre el peso original y el peso final constante, correspondió al porcentaje de agua de la muestra. Por diferencia de 100 se calculó el porcentaje de materia seca.

$$\frac{MF - MS}{100} = \text{Humedad}$$

***Proteína Cruda.***

Se interpreta como proteína cruda dado que se determina Nitrógeno total, es decir no sólo proteínas sino también otros compuestos nitrogenados.

De la materia seca pulverizada se pesó 1 g y se colocó en un matraz Kjeldahl, se añadieron 3 g de selenio (mezcla de Sulfato de Cobre, Sulfato de Potasio y Selenio) como catalizador, cuatro perlas de vidrio para controlar la ebullición. Después de ello se adicionó 20 ml de Ácido Sulfúrico concentrado; se calentó durante 45 minutos (tiempo en el que la muestra adquirió coloración verde clara) para digerir la materia orgánica; se dejó enfriar para posteriormente agregarle 400 ml de agua, 5 gotas de Fenolftaleína al 1% y 40 ml de Hidróxido de Sodio 1:1.

Posteriormente el matraz Kjeldahl se conectó a un aparato de destilación, se tapó y se agitó la solución, el producto destilado se recibió en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, este último conteniendo previamente 50 ml de Ácido Bórico al 4% y 16 gotas de Verde de Bromocresol. Cuando el contenido del matraz receptor alcanzó los 150 ml de destilado, se suspendió el calentamiento del matraz Kjeldahl y se procedió a titular la proteína cruda con Ácido Clorhídrico 0.1 N.

Para calcular la proteína cruda: los mililitros de ácido (ml HCl) empleados en la titulación se multiplicaron por la normalidad del ácido (N), por el miliequivalente del nitrógeno (0.0014), por el coeficiente nitrogenado de las proteínas (6.25), todo esto se dividió entre el gramo de muestra y se multiplicó el resultado anterior por el porcentaje de materia seca.

$$\left[ \frac{(\text{ml HCl})(N)(0.0014)(6.25)}{1 \text{ g de muestra}} \right] \left[ \% \text{ de materia seca} \right] = \% \text{ de proteína}$$

### ***Grasa Cruda.***

Se denomina así por que está formada de sustancias solubles en solventes orgánicos como el Éter Etilico, Cloroformo, Hexano, etc. Esta grasa cruda está constituida principalmente por lípidos además de carotenos, algunas vitaminas y pigmentos como las clorofilas.

Para cuantificar el porcentaje de grasas se pesaron 5 g de materia seca molida que se colocaron en un cartucho de papel filtro Whatmann previamente secado, pesado y numerado, que se introdujo en un soxhlet. La extracción se realizó con éter de petróleo durante 4 horas, después de lo cual se secó el cartucho que contiene la muestra y se pesó con el residuo de la muestra desgrasada.

Para calcular el porcentaje de grasa cruda se utilizó la siguiente fórmula:

$$\left[ \frac{(C+M) - PE}{5} \right] \left[ \% \text{ de materia seca} \right] = \% \text{ de Grasa Cruda}$$

donde C+M es el peso total del cartucho más los 5 g originales de muestra; PE, es el peso obtenido después de las cuatro horas de extracción

### ***Cenizas o Sales Minerales (S.M.).***

Para obtener la cantidad de éstas se procedió a pesar un gramo de materia seca molida, se colocó en un crisol previamente pesado, secado y numerado, el cual se introdujo a una mufla a 700°C, dejándose calcinar durante 4 horas; al enfriarse se pesó nuevamente el crisol con las cenizas. Para hacer los cálculos, al peso del crisol con cenizas se le restó el peso del crisol solo y se obtuvo el peso de las cenizas de un gramos de la muestra. Este resultado se multiplicó por el porcentaje de materia seca obteniéndose así el porcentaje total de cenizas.

***Fibra Cruda.***

En la fibra cruda se encuentran los glúcidos en agua y resistentes a la acción hidrolítica; si se trata de vegetales está constituida por celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina; si son de origen animal serán escleroproteínas y queratinas (Alcántara, 1988).

Para su cuantificación se tomaron 2 g de la muestra seca desgrasada, se colocaron en un vaso de precipitados de 500 ml y se le añadieron 200 ml de ácido sulfúrico 1.25 N para llevar a cabo una primera digestión ácida con la muestra, esta se dejó hervir en una parrilla durante 30 minutos, después de lo cual se le agregó agua para detener la digestión y se filtró empleando una rodaja de papel filtro sobre un embudo Buchner adaptado a un matraz de filtración conectado a un aparato de vacío. Se fue lavando la muestra con agua destilada, posteriormente la rodaja con la muestra contenida se pasó del embudo al mismo vaso de 500 ml y se arrastró la muestra adherida al papel filtro con Hidróxido de Sodio 1.25 N. hasta completar 200 ml de éste en el vaso. Se llevó a cabo una segunda digestión (alcalina), sometiendo nuevamente la muestra a 30 minutos de ebullición, interrumpiendo la digestión nuevamente agregando agua y se sometió a otra filtración al vacío, empleando una rodaja de papel filtro previamente pesada, secada y numerada para su identificación. Toda la muestra recuperada en la rodaja se lavó con agua destilada y se dejó secar en una estufa de secado durante 24 horas, después de lo cual se pesó la rodaja con el residuo (R+R) y se le restó el peso de la rodaja sola (R S), se dividió entre los gramos de muestra empleados y se multiplicó por un nuevo porcentaje de materia seca que se obtuvo por diferencia de materia seca total (MST), menos el porcentaje de grasa (% G), menos el de Sales Minerales (SM). Con lo anterior se calculó el porcentaje de fibra cruda de toda la muestra (A.O.A.C., 1980).

$$\left[ \frac{(R+R) - R S}{\text{g de muestra}} \right] \left[ \text{MST} - \%G - \text{SM} \right] = \text{Fibra Cruda}$$

***Extracto Libre de Nitrógeno (E. L.N.)***

Este no requirió de un análisis de laboratorio, ya que fue determinada por la diferencia entre 100, menos las proporciones centesimales de los componentes (agua, proteínas, grasas, cenizas y fibra).

**6) Análisis estadístico.**

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), con la finalidad de apreciar si existe un efecto significativo del tratamiento sobre los resultados obtenidos a partir de los diferentes tratamientos. También se realizó la prueba de medias de Tukey para agrupar los tratamientos con medias semejantes (Zar, 1996). Para la realización de dichos análisis estadísticos se utilizó el programa de cómputo Statgraphics (ver. 5.1).

## RESULTADOS

### Productividad obtenida en los diferentes tratamientos

La productividad promedio de *T. molitor* L., se cuantificó después de 12 semanas de haberse montado los dispositivos experimentales, habiéndose mantenido la temperatura promedio de 27°C con un rango de  $\pm 1.5^\circ\text{C}$ , y humedad relativa promedio de  $80\% \pm 2\%$ . Dicha productividad se resume en la tabla 5, en donde se incluye la cantidad promedio de larvas, la biomasa obtenida, el peso en gramos por larva y la excreta producida para los diferentes tratamientos. Además, se incluye el valor de la diferencia media significativa con  $P= 0.05$ , obtenido mediante la prueba de medias de Tukey para agrupar los tratamientos con medias semejantes en cada una de las variables excepto para el número promedio de larvas en cuyo caso no existió una diferencia significativa.

También se incluye la tasa de conversión alimenticia, mostrando la cantidad (g) que se necesita de alimento para que la biomasa de los organismos aumente 1 g, observándose una mayor producción en la dieta control, en la que se requieren 7 gramos para producir 1 gramo en la biomasa de los insectos, mientras que en el tratamiento 1, se requieren 16 g de alimento para producir 1 g de biomasa.

Tabla 5. Valores promedio de productividad obtenidos en los diferentes tratamientos

Dieta	Número promedio de larvas	Biomasa (g)	Peso por larva (g)	Excreta (g)	Tasa de Conversión alimenticia
Control	17,210	714.00	0.0415	1,777.00	7:1
Tratamiento 1 (T1)	13,743.75	311.25	0.0235	1,404.50	16:1
Tratamiento 2 (T2)	15,683	363.50	0.0237	1,385.00	13.7:1
Tratamiento 3 (T3)	14,817.25	524.00	0.0354	1,444.25	9.5:1
Diferencia media significativa (P=0.05)	-----	105.35	0.0088	252.99	

En la Tabla 5 (Figura 2), se muestra que hay tratamientos en los que a pesar de tener un número elevado de larvas, éstas son de menor peso, tal es el caso del tratamiento 2 (T2) que tiene un número elevado de larvas pero el peso promedio de las mismas es muy bajo comparado con el peso de las larvas de la dieta control, e incluso con las larvas del tratamiento 3 (T3), en donde se obtuvo menor cantidad de ellas pero de mayor peso promedio.

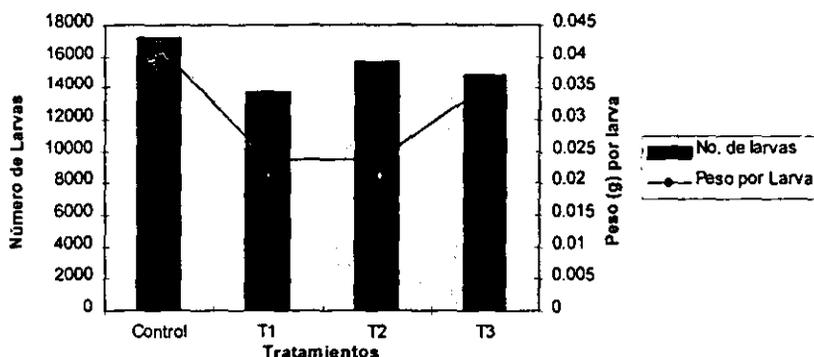


Fig. 2. Número promedio de larvas en los diferentes tratamientos en relación al peso promedio de las mismas

En el caso del número promedio de larvas al aplicar la prueba de Análisis de Varianza (ANDEVA) se observa que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 6), por lo que no se realizó la comparación entre medias de Tukey.

Al aplicar la prueba de ANDEVA se observaron diferencias significativas en los valores de peso promedio por larva (Tabla 7), entre los diferentes tratamientos, por lo que se efectuó la prueba de comparación de medias de Tukey obteniéndose dos grupos los cuales se muestran representados por letras diferentes en la Figura 2, en donde se observa que la dieta control y el tratamiento 3 (T3), no presentan diferencias significativas y se agrupan en "a", por lo que se consideran iguales; mientras que los tratamientos 1 y 2 (T1 y T2), se agrupan en "b" presentando larvas de peso promedio significativamente menor al grupo anterior.

**Tabla 6. Valores de F para el Análisis de Varianza del número promedio de larvas producidas a partir de las diferentes dietas empleadas.**

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrada	Razón de varianza (R.V)	F de tablas
Tratamientos	3	25,734,400	8,578,133	2.72	7.23
Error	12	37,841,152	3,153,429.2		
Total	15	63,575,552			

Como el valor crítico de F para  $P=0.05 > R.V$ , entonces se concluye a partir de los datos observados que en las diferentes dietas no existe una diferencia significativa en el número de larvas producidas, por lo que no fue necesario realizar una comparación entre medias.

**Tabla 7. Tabla de valores de F para el Análisis de Varianza del peso promedio por larva, obtenidos a partir de las diferentes dietas empleadas.**

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrada	Razón de varianza (R.V)	F de tablas
Tratamientos	3	0.00955	0.000318	9.7202	7.23
Error	12	0.00393	0.000033		
Total	15	0.001348			

La R.V. calculada es mayor que la F crítica, por lo que se concluye que no todas las medias de los tratamientos son iguales, por lo cual, se realizó la comparación entre medias.  
 $P=0.05$

En la Figura 3 (Tabla 5), se muestran los resultados de la producción promedio de biomasa (barras) y excreta (puntos). Presentándose una comparación en la productividad de los diferentes tratamientos, en donde se observa un mejor equilibrio para estas variables en la dieta control y en el tratamiento 3 (T3) que tienen una producción alta de biomasa con una producción similar de excreta; mientras que en los tratamientos 1 y 2 (T1 y T2), se observa una producción de excreta similar a los anteriores (control y T1), pero con una producción de biomasa más baja.

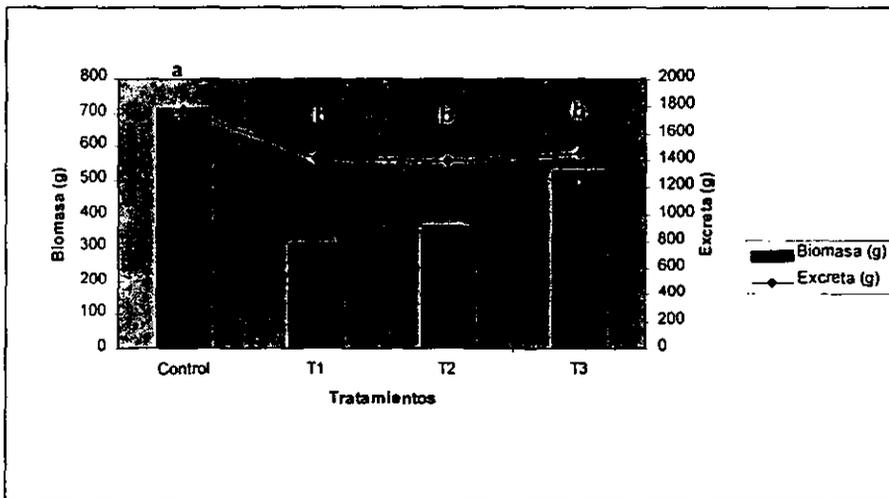


Fig 3. Relación entre la biomasa y la excreta producidas en los diferentes tratamientos.

Al aplicar la prueba de ANDEVA (Tablas 8 y 9) ambas variables presentan diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey obteniéndose tres grupos, los cuales también se muestran en la Figura 3, representando con las letras "a", "b" y "c," las diferencias significativas; en donde se observa que la dieta control agrupada en "a" presenta diferencias significativas tanto en la biomasa como en la excreta producidas con respecto a las dietas experimentales siendo ésta la más productiva, seguida del tratamiento 3 (T3), agrupado en "b", que presenta diferencias significativas en estas

mismas variables con respecto a las demás dietas; por último, agrupadas en "c", se encuentran los tratamientos 1 y 2 (T1 y T2), cuya producción de biomasa es significativamente inferior a las dietas anteriores.

**Tabla 8. Tabla de valores de F para el Análisis de Varianza de la biomasa producida a partir de las diferentes dietas empleadas.**

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrada	Razón de varianza (R.V.)	F de tablas
Tratamientos	3	394910.75	131636.92	28.16	7.23
Error	12	56089.75	4674.1459		
Total	15	451000.5			

La R.V. calculada es mayor que la F crítica, por lo que se concluye que no todas las medias de los tratamientos son iguales, por lo cual, se realizó la comparación entre medias.  
P=0.05

**Tabla 9. Tabla de valores de F para el Análisis de Varianza de la cantidad de excreta producida a partir de las diferentes dietas empleadas.**

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrada	Razón de varianza (R.V.)	F de tablas
Tratamientos	3	337,7912	1,125,970.6	41.7629	7.23
Error	15	323,532	26,961		
Total	15	3,701,444			

La R.V. calculada es mayor que la F crítica, por lo que se concluye que no todas las medias de los tratamientos son iguales, por lo cual se realizó la comparación entre medias.  
P=0.05

En la Figura 4, se realiza una comparación entre la biomasa obtenida y el peso promedio de las larvas, observándose que existe una relación entre la biomasa obtenida y el peso promedio por larva en los diferentes tratamientos, así en el tratamiento control que presenta una alta producción de biomasa en relación al resto de las dietas, también presenta un peso por larva alto en relación a las mismas; mientras que los tratamientos 1 y 2 (T1 y T2), el tamaño de las larvas disminuye proporcionalmente cuando la biomasa obtenida es menor ( tabla 5) ( $r = 0.94$ ).

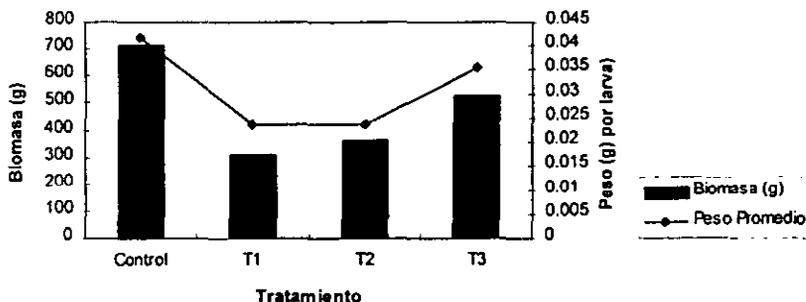


Fig. 4. Relación entre la biomasa (g) y el peso promedio por larva obtenidos a partir de los diferentes tratamientos

**Resultados de los Análisis Químico Proximales realizados a las larvas de *T. molitor* L., como a sus respectivas dietas**

En la Tabla 10, se muestran las cantidades obtenidas de Proteínas, Grasas, Sales Minerales (S.M.), Fibra Cruda (F.C.) y Extracto Libre de Nitrógeno (E.L.N.) expresados en g/100g de muestra base seca, encontrados en las larvas de *T. molitor* L. de cada uno de los tratamientos; igualmente, se muestran los resultados de los análisis bromatológicos realizados a las diferentes dietas empleadas (Tabla 11).

**Tabla 10. Resultado del Análisis Químico Proximal de larvas De *T. molitor* cultivado en medios diferentes (g/100g de muestra base seca)**

	Dieta Control	Tratamiento 1 (T1)	Tratamiento 2 (T2)	Tratamiento 3 (T3)
Proteínas	47	35.32	42.27	45.55
Grasas	37.27	43.92	35.69	29.13
S.M.	3.2	3.02	3.4	5.37
F.C.	4.96	4.57	5.43	13.70
E.L.N	7.57	13.17	13.21	6.25

S. M. = Sales Minerales

F.C. = Fibra Cruda

E.L.N. = Extracto Libre de Nitrógeno

**Tabla 11. Resultado del Análisis Químico Proximal de las diferentes dietas empleadas (g/100g de muestra base seca)**

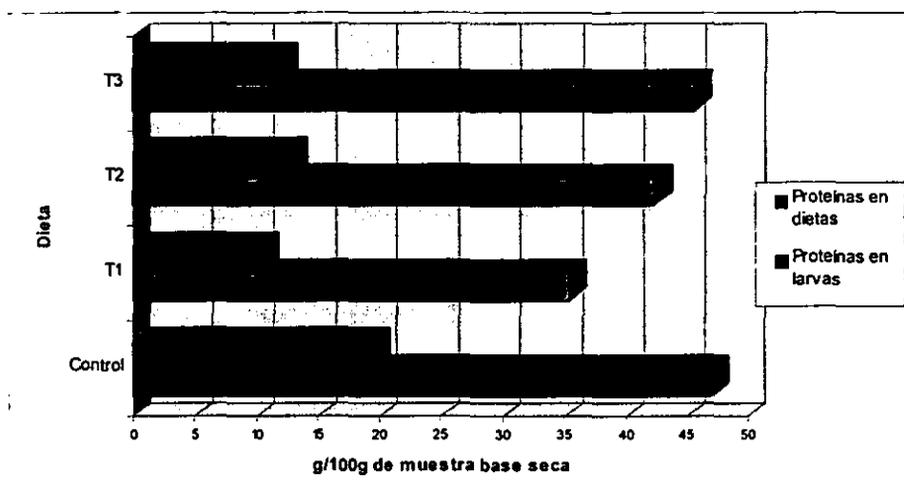
	Dieta Control	Tratamiento 1 (T1)	Tratamiento 2 (T2)	Tratamiento 3 (T3)
Proteínas	19.46	10.40	12.65	11.90
Grasas	6.29	8.24	7.86	7.97
S.M.	5.28	3.26	3.26	3.29
F.C.	9.16	6.01	5.35	5.89
E.L.N	59.81	72.09	70.88	70.95

S. M. = Sales minerales

F.C. = Fibra cruda

E.L.N. = Extracto Libre de nitrógeno

En la Figura 5 (Tablas 10 y 11), se presentan los valores correspondientes a la cantidad de proteína encontrada tanto en larvas como en sus respectivas dietas, observándose que en todos los casos la cantidad de proteína encontrada es mayor en las larvas que en las dietas correspondientes; además se observa que el valor obtenido a partir de las larvas del tratamiento 3 (T3) es muy similar a la encontrada en las larvas de la dieta ideal, mientras que la de menor cantidad es la perteneciente al tratamiento 1 (T1). También se puede observar que la dieta de mayor contenido en proteína es la dieta testigo.



**Fig. 5. Cantidad de Proteína albergada en larvas de *T. molitor* L. y en sus respectivas dietas (g/ 100g de muestra base seca)**

En la Figura 6 (Tablas 10 y 11), se muestran los porcentajes obtenidos de grasas en larvas, así como en sus respectivos tratamientos, observándose que en todos los casos, el porcentaje de grasas es mayor en las larvas que en sus respectivas dietas. También se observa que es el tratamiento 1 (T1) el que presenta una mayor producción de grasa en larvas con respecto a las restantes, mientras que las dietas presentan cantidades similares en contenido de grasas.

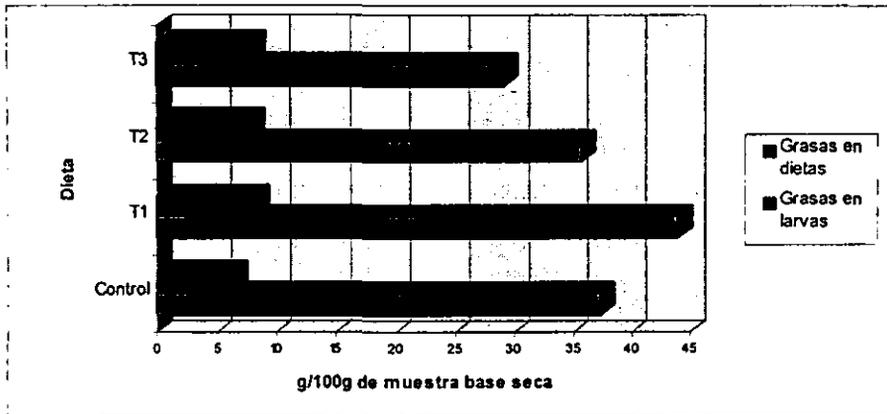


Fig. 6. Cantidad de Grasa albergada en larvas de *T. molitor* L. y en sus respectivas dietas (g/100 g de muestra base seca)

En la Figura 7 (Tablas 10 y 11), se puede observar que de las larvas del tratamiento 3 (T3), tienen una producción mayor de sales minerales que en los otros tratamientos, mientras que en las dietas, la que mayor cantidad tiene es la dieta testigo.

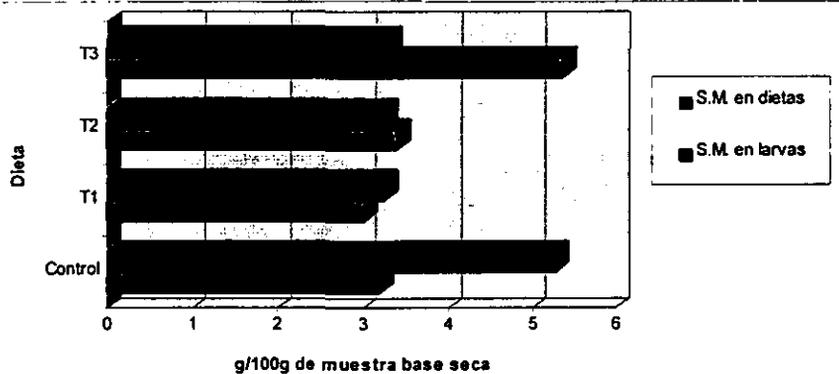


Fig. 7. Cantidad de Sales Minerales (S.M.) albergadas en larvas de *T. molitor* L. y en sus respectivas dietas (g/100 g de muestra base seca)

La Figura 8 (Tablas 10 y 11) muestra la cantidad de fibra cruda tanto en larvas, como en sus respectivas dietas. En el caso de las larvas, fue en el tratamiento 3 en donde mayor cantidad de fibra se observó, mientras que en las dietas, fue en la dieta testigo.

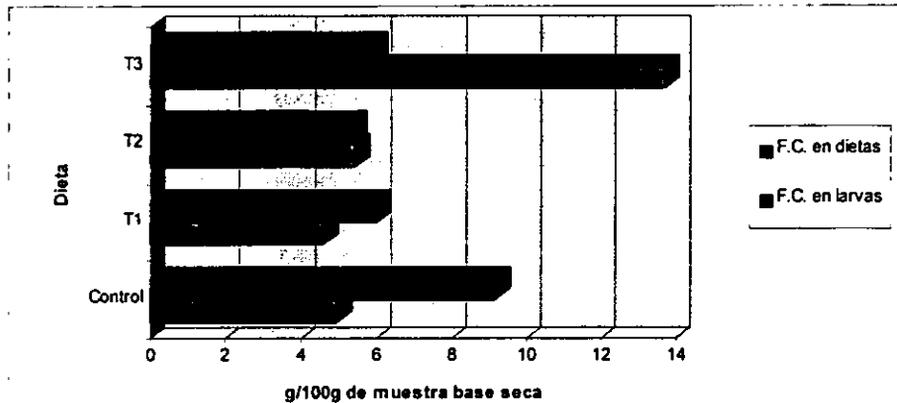


Fig. 8. Cantidad de Fibra Cruda (F.C.) albergada en larvas de *T. molitor* L. y en sus respectivas dietas (g/ 100g de muestra base seca)

En la Figura 9 (Tabla 11), se observa que el extracto libre de nitrógeno (E.L.N.) presente en cada una de las dietas, es mucho mayor que el encontrado en las larvas obtenidas.

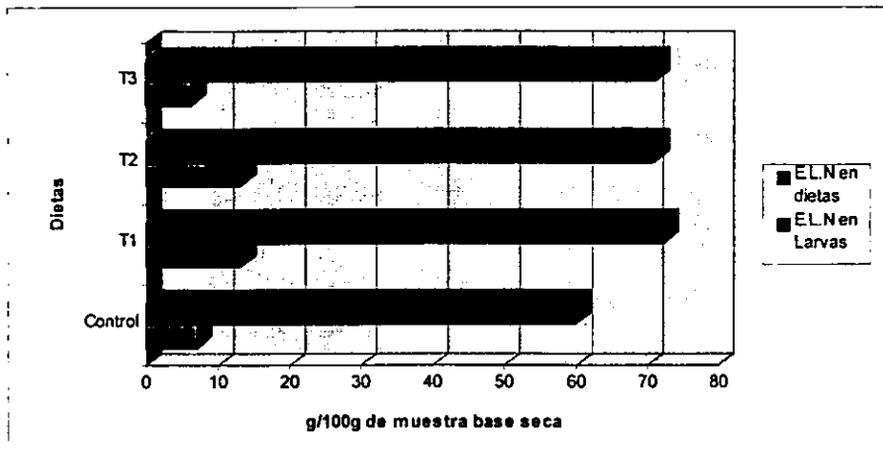


Fig. 9. Extracto Libre de Nitrógeno (E.L.N.) albergado en larvas de *T. molitor* L. y en sus respectivas dietas (g/ 100g de muestra base seca)

En la Figura 10 (Tabla 11), se muestra el análisis bromatológico de las diferentes dietas empleadas, en donde se puede observar un predominio del Extracto Libre de Nitrógeno (E.L.N.) en todas ellas, aunque en menor grado en la dieta testigo.

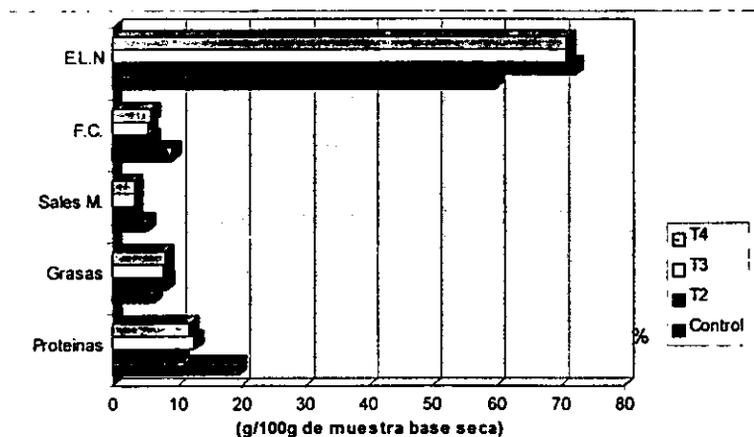
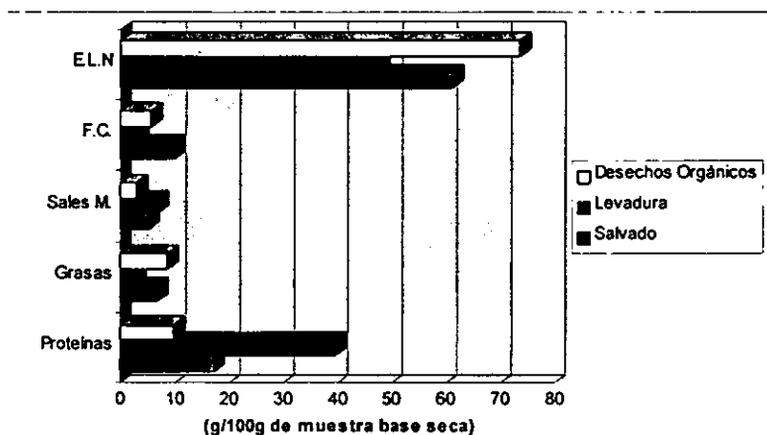


Fig. 10. Análisis Químico Proximal de las diferentes dietas empleadas (g/100 g de muestra base seca).

**Tabla 12. Análisis Químico Proximal de los diferentes componentes de las dietas utilizadas (g/100g de muestra base seca)**

	Salvado	Levadura	Desechos Orgánicos
Proteínas	17.22	39.62	9.65
Grasas	6.68	2.78	8.43
Sales M.	5.11	6.82	2.87
F.C.	9.82	3.17	5.59
E.L.N	61.17	47.61	73.46

En la Figura 11 (Tabla 12), se muestran los resultados obtenidos al realizar el análisis bromatológico a los componentes de cada una de las dietas, es decir, a los desechos vegetales, a la levadura y al salvado, cada uno por separado.



**Fig 11. Análisis Químico Proximal de los diferentes componentes de las dietas empleadas (g/100 g de muestra base seca)**

## DISCUSIÓN

La conservación del ecosistema y el desarrollo (definido éste únicamente en términos monetarios) aparecen en la mayoría de las ocasiones como conceptos antagónicos, porque los principios ecológicos están en contraposición con este crecimiento. Dentro del contexto de desarrollo desde el punto de vista monetario, los países industrializados siempre tienen aspiraciones de alcanzar “mejores niveles de vida”, lo cual redundaría en mayores posibilidades de consumo y en un perpetuo crecimiento, existiendo siempre el anhelo de estar en el primer lugar de las listas de las naciones con mayor Producto Interno Bruto (PIB), lo que implica incrementos en la producción, que involucra inevitablemente más basura, desperdicios y contaminación ambiental (Martínez, 1998). Debido a ello, el utilizar insectos cuya condición omnívora les permita alimentarse de desechos, es una alternativa que no sólo puede ayudar a combatir la contaminación ambiental, sino también, a aportar alimentos con un alto valor nutricional. Tomando en cuenta que además son organismos con ciclos de vida cortos, su cultivo es relativamente sencillo, pueden aprovecharse tanto en nutrición animal como humana (Ramos-Elorduy *et al.*, 1981), tal es el caso de *Tenebrio molitor* L., organismo utilizado en el presente trabajo, aprovechando su eficiencia de conversión de alimentos con alto contenido de carbohidratos a proteínas que integran su masa corporal (Blum, 1985).

Los resultados obtenidos en la productividad de *T. molitor* L., son satisfactorios, por ejemplo en relación al número de larvas cuantificadas en los diferentes tratamientos no se observan diferencias significativas lo que indica que los organismos utilizados tuvieron similar potencial reproductivo. Esto indica que las dietas experimentales poseen un buen aporte de nutrientes en especial de lípidos necesarios durante el período de oviposición (Tsiropoulos, 1980)

Al comparar la cantidad de larvas obtenidas a partir de los diferentes tratamientos, con el trabajo realizado por Lagunes y García (1994) cuyas condiciones ambientales fueron de  $23.3\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y humedad  $76.3\% \pm 2\%$ , quienes utilizaron diferentes sustratos como base de la dieta de *T. molitor* L., se observa que en el presente trabajo existe una menor producción en la dieta experimental más productiva, presentando un valor de 14,817 larvas en promedio en 5 kg de dieta (equivalente a 1,481.7 larvas en 500 g de dieta), mientras que Lagunes y García (1994), obtuvieron en su dieta más productiva en denominada G2 (compuesta por gallinaza 70%, salvado 20% y levadura 10%), un total de 1975 larvas en 500 g de dieta, mismas que tuvieron un peso promedio muy bajo (0.0187 g) en relación al aquí obtenido en el tratamiento 3 (T3), con 0.035 g por larva. En el resto de sus dietas, la producción es menor, e incluso en la dieta testigo en donde su producción fue de 1,058 larvas en 500 g.

En relación a las dietas experimental más productivas en el peso promedio por larva, se encontró que para el trabajo de Lagunes y García (1994) fue la denominada E5 (cuya composición fue de estiércol 46.5%, desechos orgánicos caseros 46.5% , levadura 5% y Excreta de *T. molitor* L. 2%), en la que obtuvieron larvas de 0.0301g en promedio, mientras que en el presente trabajo, la dieta experimental más productiva fue la correspondiente al tratamiento 3 (T3), con larvas de 0.0353 g en promedio.

Es importante considerar a las dos anteriores variables en conjunto, ya que para fines comerciales, es posible que exista interés en obtener gran cantidad de larvas sin importar su tamaño, o bien, obtener larvas de mayor peso dejando en segundo plano la cantidad, aunque en general es mucho mejor si se obtienen larvas de mayor peso y en mayor cantidad a partir de una sola dieta, lo cual se reflejará en la biomasa total obtenida. En el presente trabajo, se observó que cuando existen larvas de bajo peso promedio, como en los tratamientos 1 y 2 (T1 y T2) con 0.23 g por larva, la biomasa total obtenida (311.25 g y 363.5 g respectivamente), es menor que cuando se

---

obtuvieron larvas de mayor peso promedio como en el tratamiento 3 (T3) que tuvo 524 g de biomasa total. Esto también se puede relacionar con la tasa de conversión alimenticia, que mostró una mayor eficiencia en el tratamiento control (7.00:1) y en el tratamiento 3 (T3), 9.54:1.

Al comparar esta variable con la de Lagunes y García (1994), se observó que su dieta experimental más productiva fue la que denominaron G2, compuesta por gallinaza 70%, salvado 20% y levadura 10%, de la cual obtuvieron 36.9 g de biomasa en 500g de dieta, mientras que en el tratamiento 3 (T3) de este trabajo, se obtuvieron 524 g en 5 kg de dieta, equivalente a 52.4 g de biomasa en 500 g de dieta, por lo que se puede afirmar que existió una mejor productividad.

Lo anterior puede estar influenciado por el espacio disponible en los diferentes recipientes utilizados, tomando en cuenta que el volumen promedio para cada organismo fue menor en el presente trabajo, propiciando que la probabilidad de encuentro entre hembra y macho aumente. También es importante tomar en cuenta que *T. molitor* L. tiene el hábito de vivir en colonias de diferentes productos (Lagunes & García 1994), por lo que la reducción de espacio puede no influir negativamente en la productividad, además de que no se observó canibalismo durante las doce semanas de experimentación.

Hay que considerar que para iniciar una población, entre mayor sea el número de individuos que la conformen, mayor es la probabilidad de conservar la proporción de hembras y machos, con ello la cantidad descendientes será muy similar al que se daría en poblaciones naturales (Begon *et al.*, 1996). Este puede ser otro factor que influya en las diferencias encontradas, ya que en el trabajo de Lagunes y García (1994), los dispositivos se iniciaron con 30 pupas mientras que en el presente trabajo la población inicial fue de 300 pupas, con lo cual existe una mayor probabilidad de conservar las proporciones 2:1 entre hembras y machos que corresponde a poblaciones naturales de *T. molitor* L.

En relación a la excreta producida, se puede decir que es una variable que nos ayuda a realizar una comparación del alimento consumido en cada una de las dietas. Así, se observa que en el tratamiento control se presentó una mayor producción (1,777 g), mientras que en el tratamiento 2 (T2), se obtuvieron 1,385 g siendo la menos productiva. Además al observar el contenido de las dietas se observa que la dieta de T2, es en la única que no se incluye salvado, por lo que se puede pensar que éste es muy necesario en la dieta de *T. molitor* L., principalmente para las larvas de los primeros estadios que aún no tienen muy fuertes sus aparatos bucales, como para triturar algunos de los desechos empleados.

En cuanto al contenido alimenticio de las larvas de los diferentes tratamientos, se observó que en todos los casos el contenido de proteína fue mayor en las larvas que en sus respectivas dietas, siendo las obtenidas en el tratamiento 3 (T3), las que mayor diferencia en el contenido de proteína con respecto a su dieta presentaron (33.65%), superando incluso al tratamiento control que presentó 27.54% más que su dieta, esto, a pesar de que tenía un mayor porcentaje inicial de proteína en su dieta; mientras que las de menor diferencia con respecto a su dieta, fueron las del tratamiento 1 (T1), con 24.95% de proteína más que su dieta. Hay que considerar que un alimento con alto contenido de proteína es de suma importancia, ya que se ha sugerido que la velocidad normal de recambio protéico en un hombre adulto es aproximadamente de 3.5 a 4.5 g por kg y día (Waterlow, 1980).

En relación al contenido de grasas, se repite el caso de que para todos los tratamientos existe un mayor contenido en las larvas que en sus respectivos tratamientos; siendo el tratamiento 1 (T1) el más productivo, con un 35.8% más grasas que su dieta, superando a la dieta control que presentó 30.37% más grasas que su dieta. En este caso, también se destaca la importancia que pueden tener las larvas de *T. molitor* L. en la nutrición, ya que como se observa tienen un alto contenido de lípidos, los cuales suministran más del doble de energía (9 Kcal por g) que los

carbohidratos (4 Kcal por g), siendo una rica fuente de energía fácilmente disponible, además son importantes en la alimentación puesto que suministran los ácidos grasos esenciales que el hombre no puede sintetizar, y transportan las vitaminas A, D, E y K. Son parcialmente responsables de la estructura de las membranas celulares e influyen en el aroma de los alimentos (Robinson, 1991).

Con respecto a las Sales Minerales (S.M.) y la Fibra Cruda (F.C.), se observa que en todos los tratamientos, son las larvas quienes presentan un menor porcentaje con respecto a sus dietas, excepto para el tratamiento 3 (T3), en donde se encontró 2.08% y 7.81% respectivamente más que en sus dietas.

Por último, se observó que todas las dietas presentaron una mayor diferencia en el contenido del Extracto Libre de Nitrógeno (E.L.N.) que sus respectivas larvas, siendo el tratamiento 3 (T3), la dieta en que mayor diferencia se encontró, con 64.7% más en la dieta que en larvas, mientras que la dieta que menor diferencia presentó fue el tratamiento control, que en su dieta presentó 52.24% más E.L.N. que sus larva.

Lo anterior se puede relacionar con el hecho de que *T. molitor* L., tiene una alta capacidad de transducción de alimentos con alto contenido de carbohidratos (80-85%) a proteínas que integran su masa corporal (Blum, 1985), lo cual se observa principalmente en el Tratamiento 3 (T3), cuya dieta es la de mayor contenido de E.L.N. (70.95%), y la segunda con menor contenido de proteína (10.40%), y a pesar de ello, es la que mayor diferencia en el contenido de proteínas produjo, lo que nos indica que son de suma importancia el tipo de alimentos que se le suministren a los organismos, siendo en este caso en conjunto el salvado y la levadura al parecer muy importantes para su desarrollo, aunque sea en cantidades pequeñas (10% y 5% respectivamente para el tratamiento 3), ya que en los tratamientos en donde se omitió alguno de ellos se vio afectada la productividad en biomasa o en el contenido de proteína de las larvas que es uno de los nutrientes más importantes. Posiblemente como se mencionó con anterioridad, esto se deba a que las larvas de los primeros estadios, principalmente, prefieren la textura y sabor del salvado y la levadura,

---

además de que les sirve de alimento de fácil acceso por su suavidad en comparación con la dureza de algunos desechos vegetales deshidratados, lo cual no les permite alimentarse con facilidad.

Finalmente, es importante observar que al analizar los diferentes componentes de las dietas, el E.L.N. fue el más abundante, y por ello el de menor costo en la elaboración de dietas, y si *T. molitor* L. es un importante transductor de carbohidratos a proteínas siendo estas las de mayor costo en una dieta, es necesario continuar investigando sobre nuevas dietas utilizando un máximo de E.L.N. manteniendo la productividad y tratando de no convertir a este organismo en un competidor de alimento con el hombre, por lo que se sugiere seguir utilizando desechos orgánicos diversos en el balanceo de su dieta.

## CONCLUSIONES

\*La elaboración de dietas para *T. molitor* L. tomando como base desechos orgánicos, es una alternativa que debe ser tomada en cuenta debido a que la producción obtenida en los dispositivos experimentales es satisfactoria, observándose resultados similares a los del tratamiento control en el caso del tratamiento 3 (T3) que fue la más productiva y cuya composición fue: 85% desechos vegetales, 10% salvado y 5% de levadura, pero sobre todo, porque nos permite utilizar productos que contribuyena contaminar el medio, como recursos alimenticios.

\* Al alimentar a este organismo con una dieta a partir de desechos vegetales, se obtiene un alimento con alto contenido protéico, como en el caso de las larvas del tratamiento 3, cuya diferencia en el contenido de proteína cruda con respecto a su dieta fue la más alta, partiendo de una dieta con alto porcentaje de carbohidratos,.

\*La productividad de *T.molitor* L. cultivado en desechos vegetales resulta satisfactoria, sobre todo cuando estos se mezclan con salvado y levadura debido a su alto valor nutricional, pero con la ventaja de reciclar productos de desecho en su alimentación, reduciendo posibles fuentes de contaminación, además de que son alimentos de consistencia más suave que sirven para los primeros estadios larvales.

\* En cuanto a la producción numérica de larvas, se obtuvieron en los diferentes tratamientos, cantidades similares a las obtenidas en el testigo, sólo que de menor peso promedio, esto puede ser un reflejo del grado de consumo de alimento por lo que se sugiere que las proporciones de salvado y levadura se modifiquen para mejorar la alimentación de las larvas de los primeros estadios y así obtener mejores resultados.

## LITERATURA CITADA

- Alcantara, S. E. 1988. *Manual de técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos*. Departamento de Ciencia y Tecnología de alimentos. División de Nutrición Experimental. México 171 pp
- Anonimo, 1997. *Mealworm culture*. 4 pp.
- A.O.A.C. 1980. *Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis*. Washington, D. C. 1094 pp.
- Begon, M., J.L. Harper y C. R. Townsend. 1996. *Ecology*. Back Well Science. Massachusetts, U.S.A. 1061pp.
- Blum, S. M. 1985. *Fundamentals of insect physiology*. A Wiley- Interscience Publication. New York. 598 pp.
- Bonnefous, E. 1984. *¿El hombre o la naturaleza?*. Fondo de cultura Económica México. 397 pp.
- Bryant, M.D. 1977. *Microbiology of anaerobic degradation and methanogenesis with special reference to sewage*. Publ. Pergamon Press. pp 107-117.
- Conconi, R-E. M. 1993. *Estudio comparativo de 42 especies de insectos comestibles con alimentos convencionales en sus valores, nutritivo, calórico, proteínico y de aminoácidos haciendo énfasis en la aportación de los aminoácidos esenciales y su papel en el metabolismo humano*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, Biología. U.N.A.M., México. 71 pp.
- Cotton, R. T. 1940. Mealworms. *Leaflet 195*: 5 pp. U.S. Department of Agriculture. Washington, D. C.
- Day, E. 1996. *Mealworm*. Virginia Cooperative Extension. 2pp.
- De Foliart G.R. 1992. Insects as human food. *Crop Protection* 11(5):395-399.

- 
- De Lisle, D. 1991. *Mealworm Heretic*. The San Diego Herpetological Society. 3 pp.
  - De Vold, R. 1991. *How To Culture Mealworm*. Bruckner Nature Center 2 pp.
  - Deffis-Caso, A. 1991. *La basura es la solución*. Ed. Concepto. México. 277 pp.
  - FAO/WHO, 1973. Energy and Protein Requeriments, WHO Tech. *Rep.ser.no. 522*, WHO Geneva, FAO Nutr. Meet. Rep.ser. No. 52, FAO Rome.
  - FAO/WHO/UNU, 1985. Energy and Protein Requeriments, *Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation*. World Health Organization Technical Report Series 724. Who, Geneva
  - Hernández, M. 1988. *Optimización del cultivo de Tenebrio molitor L. (Coleoptera, Tenebrionidae) en condiciones de laboratorio en relación con la cantidad de ración empleada*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Biología. UNAM. Mexico. 76 pp.
  - Hertzler, A. A., N Wenkam, & B. Standal. 1982, Classifying cultural Food Habits and Heanings. *J Am. Diet.Assoc.* **80**, 421-425
  - Lagunes, L. A, & V. L. García. 1994. *Productividad obtenida de dos insectos al reciclar desechos orgánicos de origen animal y vegetal*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, Biología UNAM. México. 131 pp.
  - Leal, M., V. Chávez & L. Larralde. Temas ambientales: Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Programa Universitario del Medio Ambiente, UNAM. 123 pp.
  - Lewis, P. 1987. World Hunger Found Still Growing. *New York Times* June 28.
  - Lyon, W.F. 1991. *Mealworms*. Ohio State Univ. Extension Factsheet. 3 pp.
  - Martinez, O. E. 1988. Ecología y Desarrollo. *Ciencia y Desarrollo*. XXIV. 142: 29-35.

- 
- Pimentel, D. & C.W. Hall. 1989. *Food and natural resources*, Academic Pres, San Diego, Cal., USA. 507 pp.
  - Ramos-Elorduy, J. 1984. Los insectos como un recurso actual y potencial. *Seminario sobre la alimentación en México*. Instituto de Geografía. México.126-139 pp.
  - \_\_\_\_\_ 1987 "Are insects edible: man's attitudes towards the eating of insects. In *Food Deficiency: Studies And Perspectives* ED. Unesco 1ª Ed. Yogesh et al Tailandia pp. 78-84.
  - \_\_\_\_\_ 1990. "Edible Insects Barbarism Or Solution To The Hunger Problem. *Ethnobiology implications and aplicaciones*. Ed. Supercore 1a Ed., D.A. and Overal L. W. pp 151-158.
  - \_\_\_\_\_ 1993. Insects In The Diet Of Tropical Forest Peoples In Mexico. In *Food And Animal Nutrition: In The Tropical Forest. Biocultural Interactions And Applications To Development*. Ed. UNESCO. Chap 17. pp. 205212
  - Ramos -Elorduy, J. & J.M. Pino. M., 1979. Insectos Comestibles Del Valle Del Mezquital y Su Valor Nutritivo. *An. Inst. Biol. Univ. Nat. Auton. Méx. Ser. Zool.*, 50:563-574
  - \_\_\_\_\_ . 1992 Biogeographical aspect of some edible insects of Mexico. *III International Congress of Ethnobiology*. Congress Abstracts. p 143
  - Ramos-Elorduy, J., J. M. Pino . y M. O. González. 1981. Digestibilidad in vitro de algunos insectos comestibles de México. *Folia Entomol. Mex.*, 49: 141-154.
  - Ramos-Elorduy, J., J. M. Pino Moreno y C. Márquez M. 1984 Protein Content of Edible Insects in Mexico. *J. Ethnobiol.* 4: 61-72.
  - Robinson, S. D. 1991. *Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos*. Acribia. zaragoza, España, 361 pp.

- 
- Simon, J. 1981. *The Ultimate Resource*. Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey. 544 pp.
  - SEDESOL, 1996. Dirección de Residuos Sólidos. México.
  - Statgraphics ver 5.1.
  - Strong, M. & B. Ward. 1975. *¿Quién Defiende La Tierra?*. Fondo de Cultura Económica, México. 166 pp.
  - Taylor, R. L. 1975. *Butterflies in my stomach. Or: Insects in Human Nutrition*. Ed. Woodbidge Press Publishing Company. Santa Barbara, Cal. U.S.A. 224 p.
  - Taylor, T. 1983, *Nutricion y Salud*. Omega. Barcelona, España. 73 pp.
  - Tsiropoulos, G.J. 1980. Major nutritional requeriments of adult *Dacus oleae*. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 73: 251-253
  - Turk, A., T. Turk & J. Wittes. 1981. *Contaminación-medio ambiente*. Interamericana. México. 225 pp
  - Waterlow, J. 1980. Protein turnover in malnutrition, obesity and injury, In *Nutrition and Food Science, Present Knowledge and Utilization*, Vol.3 (eds. Santos, W. S., Lopez, N., Barbosa, J. J. and Chavez, D. ). Plenum press, New York
  - Zar, J. H. 1996. *Biostatistical Analisis*. Printice All. New Jersey. 121 pp.