

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL**



**Contenido de Proteína, Grasa, Calcio, Fósforo en larvas del Escarabajo molinero (Coleoptera: Tenebrionidae: *Tenebrio molitor* L.) alimentadas con diferentes sustratos y fuentes de agua; para ser utilizadas como alimentación de animales silvestres.**

**POR:**

**LEONARDO ARGUETA REYES**

**GLENDIA KARINA RAMOS MELÉNDEZ**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

**LICENCIADO EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**SAN SALVADOR, ABRIL 2013**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**Contenido de Proteína, Grasa, Calcio, Fósforo en larvas del Escarabajo molinero (Coleoptera: Tenebrionidae: *Tenebrio molitor* L.) alimentadas con diferentes sustratos y fuentes de agua; para ser utilizadas como alimentación de animales silvestres.**

**POR:**

**LEONARDO ARGUETA REYES**

**GLENDIA KARINA RAMOS MELÉNDEZ**

**SAN SALVADOR, ABRIL 2013**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:                                    ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO**

**SECRETARIA GENERAL:                DRA. ANA LETICIA ZVALETA DE AMAYA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO:                                    ING.AGR.M.Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA.**

**SECRETARIO:                            ING. AGR. M.Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO.**

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL:**

---

**Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes**

**DOCENTES DIRECTORES:**

---

**Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes**

---

**MVZ. Violeta María Molina Meléndez**

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN:**

---

**Ing. Agr. Gustavo Henríquez Martínez**

## RESUMEN

El presente estudio realizado de noviembre de 2011 a mayo de 2012 tuvo como objetivo evaluar el posible incremento del valor proteico de las larvas de *Tenebrio molitor L* a través de cambiar el sustrato y la fuente de agua que se ofrecían en el Parque Zoológico Nacional de El Salvador, determinado a través de un estudio bromatológico realizado en los laboratorios de química agrícola de la Universidad de El Salvador, los métodos de análisis químicos utilizados fueron el método de Kjeldahl para proteína, principal objetivo de la investigación, método de Soxhlet para determinar grasa, el método de precipitación para el fosforo y el método fotométrico para determinar el calcio.

Primero se identificaron las cajas donde se encuentran los escarabajos de *Tenebrio molitor L* en el Parque Zoológico Nacional de El Salvador para extraer de allí, material biológico para iniciar un pie de cría origen del bioterio que apoyó el estudio. Las pupas se empezaron a tomar desde el 20 de noviembre del 2011 recolectando todas las pupas encontradas ese domingo y así todos los domingos hasta el 12 de febrero de 2012, las pupas se introducían en las cajas los días lunes ya que ese día se les determinaba el sexo en el laboratorio de Protección Vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador para introducir cantidades iguales de hembras y machos en las cajas. Una vez que estas pupas se convirtieron en escarabajos adultos y sus huevos eclosionaron se pesaron las larvas y se separaron de acuerdo al tratamiento (6 en un diseño de bloques completamente al azar, afrecho de trigo con papa, afrecho de trigo con manzana, afrecho de trigo con zanahoria, harina de arroz con papa, harina de arroz con manzana y harina de arroz con zanahoria). Estas larvas fueron llevadas al laboratorio después de seis meses donde a través de los métodos correspondieron se obtuvo que las larvas con mayor valor proteico fueron las del tratamiento de afrecho con papa con un promedio del 57.65%, el tratamiento con el valor más alto en calcio fue el de arroz con papa con un 0.08%, el tratamiento con el más alto valor en grasa fue el de arroz con manzana con un 45.04% y el tratamiento con el valor más alto en fosforo es el de afrecho con manzana con un 98%.

Estos datos fueron comparados con un estudio bromatológico realizado en México en donde los datos obtenidos en esta investigación fueron más altos que los del estudio mexicano.

El tratamiento con mayor valor proteico fue el de afrecho con papa sin embargo al obtener valores importantes como grasa, fosforo y calcio en el estudio bromatológico se pudo determinar que cada dieta ofrecida a las larvas produce valores distintos en cada variable y que puede ser utilizada de acuerdo a los requerimientos nutricionales que cada animal necesite.

Palabras clave: *Tenebrio molitor*, Bromatología, Larva, Proteína, Parque Zoológico Nacional de El Salvador.

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestras familias por el apoyo y comprensión incondicional, que nos permitieron finalizar exitosamente este proyecto.

A la Lic. Mvz. Violeta María Molina por haber aceptado ser asesora de nuestro proyecto de graduación y habernos ayudado tanto en la elaboración de nuestra tesis, por sus consejos y confianza en nosotros.

Al Ingeniero Agrónomo Leopoldo Serrano por todo su apoyo desde el principio, mostrar interés en la formulación, ejecución y finalización, de nuestro proyecto, por su apoyo profesional e incansable esfuerzo.

A la señora Mariela Reyes bibliotecaria del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), por su esfuerzo y accesibilidad al proporcionarnos material bibliográfico de referencia para construir nuestro protocolo.

A la Lic. Mvz. Virna Lizeth Ortíz Jefa de veterinaria del Parque Zoológico Nacional por su apoyo incondicional, accesibilidad y dar las facilidades para llevar a cabo nuestro proyecto de tesis. Gracias.

Al Lic. Raúl Miranda Coordinador de Biología del Parque Zoológico Nacional por su interés demostrado en el proyecto.

Al Doctor Francisco Lara por su apoyo en la sección de análisis de datos.

Al Licenciado en Química Norbis Salvador Solano. Técnico de Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, por su colaboración en la ejecución del análisis bromatológico de las muestras.

**LEONARDO ARGUETA REYES**

**GLENDA KARINA RAMOS MELÉNDEZ**

## **DEDICATORIA.**

**A Dios Todopoderoso:** Sin su presencia y lecciones duras en mi vida no sería la persona que ahora soy. Sin duda alguna no desampara a sus hijos.

**A mi Madre:** María Rosa Meléndez. La persona más fuerte, y que sostiene a la familia unida, por tu esfuerzo incansable de salir adelante, sin tu apoyo no habría podido llegar tan lejos.

**A mis Hermanos:** Stanley, Griselda y Eduardo Meléndez, por sus críticas, amor, cariño y consejos.

**A mis sobrinitas:** Zoe Valentina y Nataly Ariana, solecitos hermosos que han venido a dar pincelazos de alegrías. Las quiero.

**A mis Primas:**, Diana, Tania Mireya, Yanira; Las cuales son un ejemplo de superación, esfuerzo y dedicación.

**A mis tíos:** Esperanza y Prudencio que siempre me han apoyado, por su cariño, amor de padres y por desear siempre lo mejor para mí.

**A mis amigas:** Johanna María Chávez, Yeni Marcela Ramos, Beatriz Carolina García, Karla María Zelaya, Sofía Beatriz Chavarría por su apoyo incondicional, por seguir junto a mí a pesar del tiempo, por levantarme cuando necesité apoyo, por sus consejos. Las quiero.

**A mis amigos:** Hugo Ernesto Guerra, Ricardo Adalberto Zavala, Francisco René Portillo, Francisco Aguilera, Ricardo Francisco Valle. Por cultivar sin esfuerzo una hermosa amistad.

**A mi amigo:** Rafael Ayala. Por creer en mí siempre, y seguir empujándome hacia el esfuerzo.

**A mi compañero de Tesis:** Leonardo Argueta, por su dedicación y esfuerzo en la elaboración de este proyecto en conjunto, por su paciencia y amistad; sin duda fue la mejor elección de equipo de trabajo.

**A todas las personas:** Que han sido maestros y testigos de mi desarrollo, desempeño y dedicación desde estudiante y ahora como profesional: Ing. Agr. Ludwing Vladimir Leyton, Lic. Mvz. Virna Lizhet Ortíz, Lic. Mvz. Violeta María Molina, Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes, Dr. Roberto Velasco, Biol. Ani Henríquez, Dr. Michael Liles. Gracias por su amistad y apoyo.

**GLENDIA KARINA MELÉNDEZ.**



## ÍNDICE GENERAL.

RESUMEN

AGRADECIMIENTOS.

DEDICATORIA.

INDICE DE CUADROS.

INDICE DE FIGURAS.

INDICE DE ANEXOS.

1. Introducción.....	1
2. Revisión de Bibliografía.....	3
2.1. Entomofagia y su Historia.....	3
2.2. Insectos como Fuente de Proteína.....	4
2.3. Valor Nutritivo de los Insectos Comestible en humanos.....	6
2.3.1. Proteína.....	6
2.3.2. Grasas.....	7
2.3.3. Minerales.....	8
2.4. Insectos como ingreso Económico.....	9
2.4.1. Cultivo de Insectos Comestibles.....	10
2.5. Coleópteros Comestibles en humanos.....	10
2.6. Escarabajo molinero (Coleoptera: Tenebrionidae: <i>Tenebrio molitor</i> L).....	11
2.7. Clasificación Taxonómica.....	11
2.8. Utilidades de Larvas de <i>Tenebrio molitor</i> L.....	11
2.9. Nombres comunes.....	12
2.10. Ciclo de Vida.....	13

2.10.1. En Condiciones de Vida Libre.....	13
2.10.2. En Condiciones de Criadero.....	13
2.11. Ecología de <i>Tenebrio molitor</i> L.....	15
2.12. Estudio Bromatológico de Larvas de <i>Tenebrio molitor</i> L.....	15
2.13. Distribución Geográfica de larvas de <i>Tenebrio molitor</i> .....	15
2.14. Método de Sexado de larvas de <i>Tenebrio molitor</i> .....	16
2.14.1. Estado de Pupa de larvas de <i>Tenebrio molitor</i> .....	16
2.14.2. Estado Adulto de larvas de <i>Tenebrio molitor</i> .....	16
2.15. Larvas de <i>Tenebrio molitor</i> como transmisores Mecánicos de Patógeno....	17
2.16. <i>Tenebrio molitor</i> como Huésped Intermediario de Helminto.....	17
3. Materiales y Métodos.....	18
3.1. Instalaciones.....	18
3.2. Sexado de Material Biológico.....	19
3.3. Instalación de Cría de Escarabajo <i>Tenebrio molitor</i> L.....	19
3.4. Factores en Estudio.....	20
3.5. Proceso de Cría.....	22
3.6. Materiales.....	22
3.7. Metodología de Muestreo.....	23
3.8. Metodología de Laboratorio.....	24
3.8.1. Determinación del contenido de grasa por el método de Soxhlet en larvas de <i>Tenebrio molitor</i> .....	25
3.8.2. Determinacion de proteína por el método de Kjeldhal en larvas de <i>Tenebrio molitor</i> .....	26
3.8.3. Determinación de Fósforo Volumétrico en larvas de <i>Tenebrio molitor</i> .....	26

3.8.4. Determinación de calcio por el método fotométrico en larvas de <i>Tenebrio molitor</i> .....	27
4. Resultados y Discusión.....	27
4.1. Resultados bromatológicos generales.....	31
5. Conclusiones.....	34
6. Recomendaciones.....	34
7. Bibliografía.....	35
8. Anexos.....	38

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Recopilación de Diferentes Métodos de cría para <i>Tenebrio molitor</i> L.....	14
Cuadro 2. Helmintos en los cuales la familia Tenebrionidae es Huésped Intermediario.....	18
Cuadro 3. Total de pupas de <i>Tenebrio molitor</i> recolectadas y sexadas para cría.....	21
Cuadro 4. Análisis Bromatológico de Dietas suministradas a larvas de <i>Tenebrio molitor</i> L.....	28
Cuadro 5. Análisis bromatológico de larvas de <i>Tenebrio molitor</i> L.....	28
Cuadro 6. Contenido de proteína de larvas de <i>Tenebrio molitor</i> L.....	29
Cuadro 7. Contenido de grasa de larvas de <i>Tenebrio molitor</i> L.....	29
Cuadro 8. Contenido de fosforo de larvas de <i>Tenebrio molitor</i> L.....	30
Cuadro 9. Contenido de calcio de larvas de <i>Tenebrio molitor</i> L.....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura1. Estadios de <i>Tenebrio molitor</i> L.....	12
Figura 2. Diferenciación de Sexo en estadio de pupa.....	16
Figura3. Diferenciación de Sexo en estado Adulto.....	17
Figura 4. Colecta de pupas.....	20
Figura 5. Estantes y cajas de cria.....	20
Figura 6. Pupa en saco de yute.....	20
Figuras 7. Zanahoria como fuente de agua.....	22
Figura 8. Manzana como fuente de agua.....	22
Figura 9. Toma de datos.....	22
Figura 10. Toma de datos.....	22
Figura 11. Extracción de yute y fuentes de agua.....	23
Figura 12. Extracción de heces a través de un colador.....	23
Figura 13. Larvas limpias.....	24
Figura 14. Pesado de muestras.....	24
Figura 15. Medios de transporte.....	24
Figura 16. Peso de cajas en balanza analítica .....	24
Figura 17. Pesado de muestras en laboratorio.....	24
Figura 18. Horno desecador.....	24
Figura 19. Larvas secas.....	25
Figura 20. Macerado de larvas.....	25
Figura 21. Proceso de maceración .....	25
Figura 22. Muestras en condensador.....	25
Figura 23. Grasa obtenida al finalizar el proceso.....	25
Figura 24. Introducción del catalizador.....	26

Figura 25. Muestra en aparato destilador.....	26
Figura 26. Titulación.....	26
Figura 27. Pesado de muestras para análisis de fosforo.....	27
Figura 28. Crisoles con muestras.....	27
Figura 29. Comportamiento del contenido porcentual de proteína de larvas de <i>Tenebrio molitor</i> .....	31
Figura 30. Comportamiento del contenido porcentual de grasa de larvas de <i>Tenebrio molitor</i> .....	32
Figura 31. Comportamiento del contenido porcentual de fosforo de larvas de <i>Tenebrio molitor</i> .....	32
Figura 32. Comportamiento del contenido porcentual de calcio de larvas de <i>Tenebrio molitor</i> .....	33

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Hoja De Toma de datos para monitoreo.....	38
Anexo 2. Marcha de Laboratorio para determinación de Extracto Etéreo.....	39
Anexo 3. Marcha de laboratorio para determinación de Proteína (Método de Kjeldahl).....	41
Anexo 4. Marca de laboratorio para determinación de Fósforo Volumétrico (Método de Precipitación).....	44
Anexo 5. Marcha de laboratorio para determinación de calcio (Método Fotométrico).....	47
Anexo 6. Fotografías tomadas por los autores.....	51

## 1. Introducción

En los tiempos actuales donde se habla de la escasez alimenticia que afecta al hombre, no es de extrañar que los animales sufran aun más la falta de nutrientes, en muchas ocasiones no se compran los mejores alimentos debido al precio. Se ha visto la necesidad de buscar medidas alternativas de alimentación que contengan la cantidad necesaria de nutrientes y proteína en una ración. Dentro de las alternativas viables para este objetivo se encuentra la crianza y consumo de insectos (Entomofagia); éstos ofrecen una cantidad significativa de proteína (Ramos, 1987). Esta biomasa ha sido considerada por el Fondo de las Naciones Unidas para la Alimentación como una fuente nutricional de alto valor biológico; debido al alto costo y escasez de las materias primas para producción de concentrados en la alimentación, siendo vigente en estos momentos dicha necesidad, por lo que su uso adquiere importancia económica (Arango, 2005).

Los coleóptera son ampliamente consumidos por los humanos en todo el continente africano, al igual que en Centro y Sudamérica, en la parte sureste de Asia, en toda la Polinesia, Micronesia y una parte de Australia. Cada uno de éstos lugares poseen condiciones bioecológicas particulares en donde hay limitaciones y oportunidades ecológicas distintas, en cuanto a la disponibilidad de recursos alimenticios, ya que solo el 10% de las especies registradas (1,681) corresponden a especies cosmopolitas (Ramos y Viejo, 2007). *Tenebrio molitor* L debido a su distribución, registrada como cosmopolita es un recurso que está presente en El Salvador (Echeverría 1995) y que tiene posibilidades de llegar a ser muy lucrativo en áreas como nutrición animal y/o zootecnia. Los insectos son una fuente de proteína para distintas especies animales, tanto en vida silvestre como en cautiverio. Actualmente se están realizando pruebas para desarrollar piensos a partir de harinas procedentes de insectos que se adecuen a la fisiología digestiva de los peces (Murias, 2010).

Hay que señalar que existen especies de insectos cuyas fases útiles para el consumo se encuentran a todo lo largo del año, y hay especies que se presentan en una o varias estaciones, lo cual presenta oscilaciones, dependiendo de las variaciones climáticas de éste año (Ramos y Viejo, 2007). Al implementar un método de crianza preciso y consecuente se puede tener a disposición larvas, de buena calidad y suficiente cantidad para su utilización sin intervención de variaciones climáticas; además una larva sana y se

conocerá con exactitud los nutrientes que se aportan a la dieta de los ejemplares en el Parque Zoológico Nacional de El Salvador.

Es importante mencionar que la cría de larvas no requiere de instalaciones complejas para su implementación. Existen además diferentes métodos de cría en México, España y Argentina (Petracini, R. 2007, Ibañez, V. 2007, Cabrera, A. 2011); Por estas razones se considera importante desarrollar un método de cría adecuado a condiciones climáticas en El Salvador, que puedan aportar una mejora en el contenido de proteína de larvas de *Tenebrio molitor* L. Actualmente las larvas de los tenebrios son ofrecidos a una gran parte de la población de ejemplares del Parque Zoológico Nacional de El Salvador como suplemento proteico y terapia ocupacional como por ejemplo a los reptiles del área del Herpetario, a los primates, a todos los prociónidos (Familia de mamíferos del orden Carnívora que incluye a los mapaches y coatíes), y en el área del aviario.

Actualmente en el Parque Zoológico, no se cuenta con antecedentes en la crianza de *Tenebrio molitor*, sobre estudios bromatológicos que demuestren la cantidad y calidad de la proteína que se les está brindando a la colección de animales. Debido a que la utilización y crianza de insectos ha tomado un auge significativo en lugares de México, Centro y Sur América, África y Asia es necesaria la búsqueda de instrumentos y métodos que ayuden a implementar, incrementar, mejorar y facilitar dicha crianza en el país; específicamente al personal del área de nutrición animal del Parque Zoológico Nacional de El Salvador; buscando no únicamente mejorar un suplemento alimenticio dirigido a especímenes de Zoológico o mascotas exóticas, sino buscar la forma de integrar este tipo de proteína al área de producción animal en la cual posee un potencial a futuro.

El objetivo a alcanzar en esta investigación es determinar por medio de análisis bromatológico, cual combinación de sustrato (afrecho de trigo y harina de arroz) y fuente de agua (papa, zanahoria y manzana), es la más eficiente y a la vez produce un incremento en contenido proteico en las larvas del escarabajo molinero *Tenebrio molitor* L; y la hipótesis que se sometió a evaluación fue que el cambio de los sustratos y fuentes de agua de la dieta de los escarabajos molineros provenientes del Parque Zoológico Nacional producirán un mayor valor nutricional de sus larvas, con énfasis en cambio del contenido proteico con respecto al que poseen actualmente.



## 2. Revisión Bibliográfica

### 2.1. Entomofagia y su Historia.

Entomofagia (del griego ἔντομος éntomos, "insecto", y φάγεiv phǎgein, "comer") se entiende la ingesta de insectos y arácnidos, o artrópodos en general, como alimento para los humanos y los animales. (Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Entomofagia>)

Los insectos han jugado un papel trascendental tanto en las sociedades primitivas, como en las preindustriales e industriales por las funciones trascendentales que realizan. La Entomofagia data de la época de Aristóteles y llega hasta nuestros días. Existen diversos reportes del consumo de insectos a través del mundo y que se refieren a numerosos países y épocas: Grecia, Roma, Alejandría, Asiria, Alemania, Italia, India, Rusia, África, Suecia, Arabia, toda Asia, Moldavia, Polonia, Francia, Indochina, Tailandia, Zaire, Sudáfrica, Australia, Estados Unidos, Nueva Guinea, Nueva Caledonia, Congo, República Central Africana, Botswana, Nigeria, Marruecos, Tánger, Egipto, Guinea Portuguesa, Benin, Mozambique, Tanzania, Colombia, Venezuela, Brasil, Perú, Ecuador, Panamá, Honduras, Guatemala, Costa Rica, El Salvador, Paraguay, Bolivia, Guyanas, China, etc. (Ramos y Viejo, 2007)

En sus escritos Castro (1997), cita el Antiguo Testamento, donde Moisés habla al pueblo de Israel, en Lev. XI.22 animándolo a comer insectos de los que comen cosas limpias: "Estos los podéis comer: la langosta, y la langosta calva, y el escarabajo, y el saltamontes". También se cuenta que Juan el Bautista sobrevivió en el desierto alimentándose con langostas y miel de abejas silvestres; este mismo autor habla de Plinio, y constata que las langostas se consumían en Patria. Heródoto describe cómo los nasamones molían las langostas y hacían tortas con ellas. Las tribus hotentotes, se alegran cuando encuentran langostas, y las consideran regalo divino, a pesar de que todo el territorio queda devastado por ellas; estos comedores de langostas se engordan bastante debido a las cantidades increíbles que devoran de sus nutritivas y apetitosas enemigas. Las langostas, cocinadas de numerosas y variadas formas, se consumen en Crimea, Arabia, Persia, Madagascar, África y la India. El consumo se remonta a épocas antiguas en culturas que explotaron eficiente y racionalmente el medio ambiente, y hábilmente integraron los insectos a una variada dieta alimenticia; desde épocas remotas,

las poblaciones autóctonas consideraban algunas especies como comestibles, incluyéndolas en su dieta diaria y por tanto, aprovechando sus proteínas, minerales y aminoácidos esenciales ( Sánchez y Hevia, 1997).

## **2.2. Insectos como Fuente de Proteína.**

La importancia potencial de los insectos como fuente de proteína de alta calidad. Señala este autor, que si fueron importantes para las generaciones pasadas, es posible que ésta sea más relevante en el futuro, debido al crecimiento poblacional y a la escasez de materias primas para producción de concentrados en la alimentación y recursos alimenticios tradicionales. (Sánchez y Hevia 1997)

El mismo autor reporta que la calidad de las proteínas proporcionadas por los insectos es considerada por el fondo de las Naciones Unidas para la Alimentación, FAO, como muy buena y los aminoácidos que contienen son necesarios para la reparación, inmunización y funcionamiento del organismo.

Los insectos contribuyen significativamente a la seguridad alimentaria y a los medios de vida de las personas en muchos países en desarrollo, principalmente en África y Asia, pero también se consumen en ciertas zonas de América Latina y en algunos países desarrollados (por ejemplo, Japón). Los insectos pueden constituir una parte regular, estacional u ocasional de la dieta, no necesariamente porque no se tengan alimentos cárnicos que comer sino porque los insectos se consideran un manjar exquisito. Los insectos se consumen principalmente en los países tropicales, donde las especies son más grandes, su diversidad es mayor y la disponibilidad de insectos es constante a lo largo de todo el año. Los insectos se recogen con fines de subsistencia, para su venta en mercados locales y a veces para ser exportados. (Vantomme, 2010).

Más de cien millones de latinoamericanos padecen hambre o desnutrición y en África y Asia las cifras son aún más elevadas. No es aventurado asegurar que de no adoptarse medidas para cambiar la actitud de la gente y modificar las metas para remediar tal situación, esta puede llegar a tener proporciones catastróficas. En primer término se impone la necesidad de encontrar nuevas fuentes proteicas para completar los recursos agropecuarios clásicos y satisfacer las necesidades de una población mundial en constante aumento, no hay que olvidar que la producción de alimentos no avanza al mismo ritmo que el crecimiento demográfico.(Arango, 2005).

Los insectos son uno de los grupos animales que más tiempo llevan en el medio terrestre. Desde hace varios cientos de millones de años se han convertido en algunos de los organismos dominantes, en número de individuos, especies y biomasa, de los ecosistemas terrestres y dulceacuícolas del planeta. Igualmente sabemos de su adaptación a multitud de cambios ocurridos en el planeta con o sin la intervención del hombre, y de su gran plasticidad ecológica, así como de la diversidad de vías que han utilizado para poder explotar los diferentes recursos y de su importancia en el equilibrio de la biosfera. Además han otorgado a los seres humanos múltiples beneficios (alimento, ropa, comida, medicina, transformación de desechos orgánicos, etc.), sin contar con su papel en la polinización de las cosechas. A pesar de todo ello, los insectos no gozan de buena fama en algunas sociedades humanas, que se enfrentan a ellos con la idea principal de su destrucción, su abatimiento, o su desaparición (Ramos y Viejo 2007).

Los insectos, en su conjunto, representan la mayor biomasa sobre la tierra. Su masa corporal está constituida por un alto porcentaje de proteína. El uso alimenticio de artrópodos adultos o inmaduros, especialmente el de la clase insecta, es común en diversas partes del mundo. Su valor nutritivo los convierte en un alimento complejo, su masa corporal está compuesta entre el 60 y 70% por proteínas y el tipo de grasa que poseen son polinsaturadas algunas de fácil digestión pudiéndose comparar con el valor nutricional del pollo, res o cerdo. Su uso en generaciones pasadas ha sido importante debido al alto costo y escasez de las materias primas para producción de concentrados animales en la alimentación, siendo vigente en estos momentos esta necesidad, por lo que su uso adquiere importancia económica. (Arango 2005)

La clase insecta se encuentra enormemente distribuida por todo el mundo, algunos autores aseveran que existen 751000 especies, mientras que otros postulan que existen de 300 a 400 millones de especies insectiles, sin embargo, en cuanto a insectos comestibles se refiere el número censado hasta la fecha se constituye de 525 especies (para México, en donde se han realizado un mayor número de investigaciones). De las especies censadas a nivel mundial, el mayor número corresponde al orden Coleoptera con 468 especies, seguido de Hymenoptera (351), Orthoptera (267), Lepidoptera (253), Hemiptera (102), Homoptera (78), Isoptera (61), Diptera (34), Odonata (29), Ephemeroptera (19), Trichoptera (10), Megaloptera (5), Anoplura (3) y Thysanura (1). ( Ramos y Viejo, 2007).

Los insectos más comúnmente consumidos son los saltamontes, los huevos de termitas, las larvas de escarabajos y de abeja, los gusanos de seda y las orugas. Otros insectos utilizados como alimento humano comprenden los escorpiones, grillos, langostas, avispas, cigarras, hormigas cortadoras de hojas, libélulas y picapiés. (Vantomme, 2010).

Los insectos consumidos por el hombre se recolectan casi siempre en el medio silvestre, a menudo en bosques. Los recolectores (sobre todo mujeres y niños) saben dónde y cuándo escoger los individuos que se alimentan de las plantas que no son nocivas y no han sido contaminadas por insecticidas. (Vantomme, s.f). Una especie de coleóptero muy conocida por los indios americanos, *Rhynchophorus palmarum* L. “picudo del cocotero” quienes desde tiempos prehispánicos hacían un platillo succulento con las larvas. Este uso debió generalizarse, incluyendo a Venezuela donde los Yecuanas y Piaroas están muy familiarizados con esta especie (Gonzales y Camino, 1975).

La familia de los cerambícidos ofrece una amplia gama de larvas apetitosas que son muy buscadas por la población de los países donde son abundantes.. Algunos autores creen que un miembro de esta familia, el *Prionus coriarius*, era engordado por los romanos para la mesa, con todo el cuidado que hoy se dedica a un cerdo de raza. Los nativos y visitantes de Surinam, los comen, después de haberlos vaciado y lavado. (Castro, 1997).

### **2.3. Valor Nutritivo de los Insectos Comestibles en Humanos.**

**2.3.1. Proteína.** Los insectos están dentro del programa de supervivencia del Ejército de Estados Unidos. Debido a que la mayor parte de las especies poseen más de 50% de proteínas, una alta digestibilidad proteínica, baja fibra cruda (carbohidratos no estructurados) y grasas polinsaturadas, también vitamina B, magnesio, hierro y calcio. Por otra parte, los insectos son limpios, ya que en su cutícula contienen sustancias antibióticas para evitar el ataque de hongos y bacterias. Además tienen gran adaptabilidad por su corto ciclo de vida, elevado grado de reproducción y en su mayoría, son omnívoros. (Posey, 1987).

Estudios realizados acerca de la cantidad y calidad de proteínas, grasas y vitaminas que contienen los insectos, demuestran que poseen un alto valor nutritivo, y que aprovechados de forma sistemática, constituyen una fuente alimenticia que cumple con dos características cruciales: ser suficientemente numerosos y aceptablemente comestibles. Cuando se sabe que son nuestros principales competidores por la comida, la importancia de los insectos se vuelve obvia. Según algunos autores, ellos ingieren cerca

de la tercera parte de la comida, parte durante el ciclo de cultivo y parte durante su estado de almacenamiento. (Arango, 2005).

La cantidad total de proteínas que los insectos comestibles albergan es expresada en base seca, de manera a poderlas comparar con los productos convencionales de obtención proteínica. La mayoría de las especies de insectos estudiadas en México, se encuentran en una proporción que va de 55% a 70% de proteína, aproximadamente el 93% de nitrógeno que albergan los insectos es sin ligaduras y teóricamente aprovechable de degradación enzimática. Para las 468 especies de coleópteros censadas el porcentaje de proteína va de 30-57% g/100g (base seca) este porcentaje supera el registrado para productos convencionales como el frijol y lenteja el cual es 23% y 27% respectivamente. (Ramos y Viejo, 2007). Cabe mencionar que la importancia de las proteínas es trascendental ya que son las constructoras y reparadoras de las células y por ende de los órganos, además intervienen en todas las reacciones bioquímicas del cuerpo, en los sistemas hormonal e inmunológico. (Conconi, 1993).

**2.3.2. Grasas.** Con respecto a las grasas son el parámetro que mayor cantidad de energía aporta a la dieta y esto es muy importante por la deficiencia que existe en el régimen alimenticio de la mayor parte de habitantes de las zonas rurales o donde la Entomofagia se practica con frecuencia (África). La falta de energía tiene un papel fundamental, ya que las proteínas no pueden ser asimiladas sino existe la suficiente cantidad de energía en la dieta. Esta es expresada en términos de kilocalorías o de kilojulios (Ramos y Pino, 2001).

El contenido de kilocalorías depende de la especie y el estadio en el cual se consumen, larva, pupas o adultos los cuales tienen diferentes regímenes alimenticios. En larvas no es extraño encontrarnos con niveles elevados ya que acumulan mucha grasa. Para el orden Coleoptera tenemos un rango de 1182,98 – 2732,24 kilocalorías superando así a productos convencionales como el pollo el cual contiene 688,69 kilocalorías, al pescado con 1662,30 a la res con 1735,94 y a la soya con 1944,74. (Ramos y Pino, 2001)

Los ácidos grasos son la principal forma de almacenamiento de energía total de las células, ayudan en el transporte y absorción de las vitaminas liposolubles; deprimen las secreciones gástricas y retrasan el tiempo de vaciamiento. Además, la grasa determina los sabores a la dieta y produce sensación de saciedad después de una comida. Igualmente intervienen en diversas funciones, principalmente en el cerebro y forman parte

de las membranas celulares para el transporte activo de las sustancias. (Ramos y Viejo, 2007).

La mayor parte de las grasas en los insectos es de ácidos monoinsaturados y poliinsaturados y son los que albergan la mayor cantidad de ellas y con ello no dañinas al organismo. Las principales especies lipídicas encontradas en insectos comestibles son: ácido caproico, ácido esteárico, ácido caprílico, ácido oleico, ácido cáprico, ácido linoleico, ácido láurico, ácido linolénico, ácido mirístico, ácido palmítico y ácido palmitoleico. Es importante mencionar que un ácido graso insaturado contiene uno o más dobles enlaces en los que es posible unir átomos de hidrógeno adicionales. Los ácidos grasos monoinsaturados solo contienen un doble enlace. Los ácidos grasos poliinsaturados contienen dos o más dobles enlaces; Tanto las carnes como el pescado contienen mayor cantidad de ácidos grasos saturados que los insectos y que el ácido esteárico (ácido graso saturado) (Ramos y Viejo, 2007).

**2.3.3. Minerales.** Los minerales se pueden considerar como elementos inorgánicos indispensables ya que el organismo no los sintetiza. Estas sustancias participan activamente llevando a cabo una impresionante variedad de funciones metabólicas, construyen, activan, regulan, controlan diversas reacciones. Los minerales se han clasificado en tres grupos: macro-nutrientes (calcio, fósforo, potasio, sodio, magnesio, cloro y azufre), micro-nutrientes (hierro, cobre, yodo, manganeso, cobalto, zinc y molibdeno) y ultra-micro-nutrientes (flúor, aluminio, boro, selenio, cadmio, litio, cromo). Respecto al total de sales minerales que albergan los insectos comestibles el contenido de sales minerales varía de un orden a otro y aún dentro del mismo orden. Demostraron que la mayoría de los insectos comestibles poseen una proporción adecuada de cenizas totales y una proporción muy elevada en lo que se refiere a los elementos K, Ca, Fe y Mg. En ninguno de ellos se encontró litio. Generalmente los datos obtenidos en los insectos comestibles fueron superiores a los datos reportados para algunos de los alimentos de consumo convencional, concluyéndose que los insectos comestibles pueden cubrir de manera práctica el aporte necesario de nutrientes minerales diarios que necesita cada individuo dependiendo de su edad, sexo, actividad y estado fisiológico. (Ramos y Viejo, 2007)

## 2.4. Insectos como Ingresos económicos.

En el África Central, una región rica en bosques y vida silvestre, se consumen grandes cantidades de insectos, en especial la oruga *Imbrasia* sp. Que se alimenta de las hojas del sapelli (*Entandrophragma cylindricum*). (FAO, 2004). El estudio de la FAO puso de manifiesto que en la ciudad de Bangui (República Centroafricana) los insectos comestibles aportaban hasta un tercio de la ingesta de proteína durante la estación húmeda cuando los suministros de carne de animales silvestres y pescado disminuyen, y que las orugas *Imbrasia* se vendían en Bangui a un precio que llegaba a los 14 USD por kilogramo, lo que las convertía en una de las principales fuentes de dinero efectivo para las mujeres rurales. (Vantomme, 2010).

Las orugas mopane de la mariposa emperador, *Imbrasia belina*, son también un alimento popular en el África austral. El comercio transfronterizo de insectos comestibles es habitual entre algunos países de Asia sudoriental tales como la República Democrática Popular Lao, Tailandia y Vietnam. Los datos relativos a las cantidades exportadas son escasos, pero una encuesta sobre el comercio de productos forestales no madereros entre el África central y Europa evidenciaron que Francia y Bélgica importan anualmente alrededor de 5 y 3 toneladas, respectivamente, de orugas *Imbrasia* secadas provenientes de la República Democrática del Congo ( que alcanzan un promedio de 13.8 USD por kilogramo en Bélgica). (Tabuna, 2000).

La cosecha, elaboración y venta de insectos son actividades con elevado coeficiente de mano de obra que no requieren grandes inversiones de capital ni la propiedad de tierras en gran cantidad, y como tales están al alcance de los pobres, en especial mujeres y niños, y les permiten conseguir considerables ganancias en efectivo. (Vantomme, 2010).

Ramos (1987), menciona en sus escritos a los insectos como la reserva alimentaria más segura que el resto de los recursos de proteína animal. Del grupo de estos, existen de ocho a diez millones de especies, de las que sólo se han estudiado 751.000 y, de ellas, se registran 1.400 que son comestibles en México, de estos se conocen 504 especies con valor nutricional.

#### **2.4.1. Cultivo de Insectos Comestibles.**

Los insectos se crían como alimento para animales domésticos, pero rara vez para el consumo humano, y poco se sabe sobre la manera de aprovechar plenamente el potencial de los insectos como cultivo alimentario. Entre las excepciones cabe mencionar a Camboya, China, la República Democrática Popular Lao y sobre todo Tailandia, donde 15,000 hogares se dedican a la cría de insectos con fines alimentarios (Raloff, 2008). Los agricultores tailandeses que crían langostas a tiempo completo pueden ganar unos 900 USD al mes, mientras que el cultivo a tiempo parcial puede aportar entre 90 y 120 USD mensuales extra, unas cantidades no insignificantes en una región en la que el producto interno bruto per cápita es de alrededor de 1000 USD (IRIN, 2008). Los agricultores venden los insectos en los mercados locales, pero cada vez más también los muelen para aprovecharlos como suplemento proteínico de piensos animales. (Vantomme, 2010).

Se puede aseverar que el cultivo de los insectos realmente es ínfimo, en relación con el número de especies comestibles que se ingieren. Pero se podría pensar que cuando el recurso es muy abundante no se necesitaría un cultivo. En la actualidad es deseable porque los insectos comestibles, no sólo son importantes en la nutrición, sino también en la economía de la gente, que al no contar con suficientes emolumentos comercializa con los insectos comestibles. ( Ramos y Viejo, 2007).

#### **2.5. Coleópteros Comestibles en Humanos.**

Los insectos son un grupo animal cuya biodiversidad total es enorme, pero su alcance se desconoce. Algunos autores, como Wilson (1985), aseveran que existen 751000 especies, mientras que Mittenmeier (1988) postula que existen de 300 a 400 millones de especies insectiles, sin embargo, en cuanto a insectos comestibles se refiere el número censado hasta la fecha se constituye de 525 especies para México, las cuales han sido rastreadas mediante estudios de campo, entre diversas etnias del país, de éstas el 83% pertenecen a insectos del ámbito terrestre y sólo el 17% a ecosistemas acuáticos continentales.

Asimismo, el 55,79% de ellas se consumen en estado inmaduro (huevos, larvas, pupas, ninfas), y el 44,21% en estado adulto, siendo algunas especies consumidas en todos los estados de desarrollo. (Ramos y Viejo, 2007).



## **2.6. Escarabajo molinero (Coleóptera: Tenebrionidae: *Tenebrio molitor* L.)**

Insecto castaño oscuro, casi negro, de aproximadamente 18.0 mm de largo y 4.0 de ancho; cuerpo compacto de bordes casi paralelos. Las larvas recuerdan los “gusanos alambre”; son cilíndricas, duras con pequeñas patas torácicas. Los diferentes estados del escarabajo molinero se presentan con detalle en la Figura 1. *Tenebrio molitor* L vive en harinas y subproductos de granos, también consumen cuero y restos de carne seca. Es uno de los insectos más corpulentos que ataca granos almacenados (Artigas, 1994).

## **2.7. Clasificación Taxonómica.**

**Reino:** Animalia.

**Filo:** Arthropoda

**Clase:** Insecta.

**Orden:** Coleoptera.

**Familia:** Tenebrionidae.

**Genero:** *Tenebrio*

**Especie:** *molitor* L

(Coronado y Delgado. 1972)

## **2.8. Utilidades de Larvas de *Tenebrio molitor* L.**

Diversos autores han mencionado una variedad de formas de utilidad de las larvas de este insecto y consolidando todas esas modalidades se forma una lista enumerativa:

- a) Mantenimiento de mascotas en hogares, como suplemento alimenticio (Tortugas, iguanas, serpientes, erizos, aves); entre otros.
- b) Recuperación de animales convalecientes.
- c) Desarrollo de gallos de pelea.
- d) En aves exóticas como Diamante de Gould (*Poephila gouldia*), sirve de ayuda en la época de cambio de plumas.
- e) Terapia ocupacional, en animales de zoológico. Anexo 6.
- f) Elaboración de harinas a partir de la larva.
- g) La harina se ha probado en México como un ingrediente para aumentar la proteína en sus tortillas de maíz.

- h)** En peces, como reemplazo de lombrices y artemia (que no siempre están disponibles en el mercado).
  - i)** Producción de Quitosano (Se emplea como una ayuda en el crecimiento de las plantas, debido a sus propiedades que promueve la defensa contra infecciones producidas por hongos).
  - j)** Como presa para la pesca.
  - k)** El excremento de la larva es un excelente abono orgánico.
- (Ayala, 2007, Cabrera, s.f, Ibáñez. S.f, BiD Network. 2007)

### 2.9. Nombres comunes.

Gusano amarillo de la harina (Chile); Yellow mealworm, Mealworm beetle (USA); Meeltor, Meelworm (Holanda); Ténébrion meunier, Ver de farine ( Francia); Mehlwurms (Alemania); Gusano amarillo del maíz ( México, USA); Gusano amarillo de la harina( México); Escarabajo molinero, Escarabajo del gusano de la harina (España) (Artigas, 1994).

Figura1. Estadíos de *Tenebrio molitor* L.

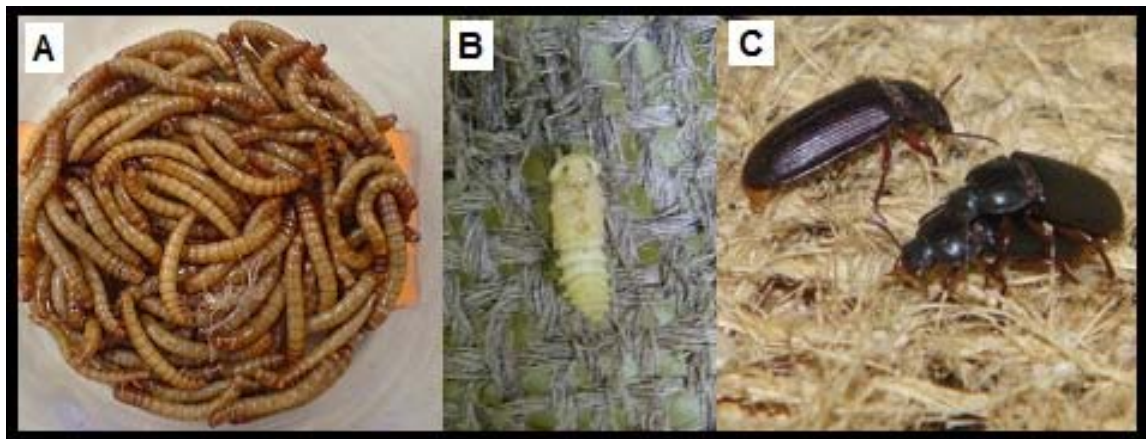


Figura 1. Estados de escarabajo molinero (Coleoptera: Tenebrionidae: *Tenebrio molitor* L). (Fotografías originales). A: Larva. Es el estado con mayor predilección para diferentes especies de animales y humanos. B: Pupa. C: Escarabajo Adulto. Con tamaños promedio en larvas adulta de 27mm, pupas 16.5mm y escarabajo 17mm.

## **2.10. Ciclo de vida.**

### **2.10.1. En condiciones de Vida Libre.**

Las hembras oviponen alrededor de 580 huevos durante su vida; el período de ovoposición es variable, dependiente de las condiciones del medio y el alimento, fluctuando entre 25 y 140 días. Los huevos son dispuestos en grupos, éstos son blancos, de forma ligeramente arriñonada, semejante a un frijol de 1.8 mm de largo, cubiertos de una sustancia pegajosa a la cual se adhiere el sustrato. El período de incubación tarda entre 5 y 20 días dependiendo de la temperatura (5 días a 24°C y 20 días a 15°C). Las larvas recién eclosionadas son activas, consumen harina y se desplazan libremente; adquieren su máximo desarrollo entre los 89 y 100 días, después de mudar entre 9 y 18 veces; en este estado permanecen activas consumiendo sustrato hasta mediados de primavera, cuando pupan libremente entre el sustrato (en Chile central desde mediados de octubre). En este estado permanecen entre 12 y 16 días, luego emergen como adultos se produce hasta fines de primavera. El ciclo completo de huevo a huevo, toma entre 300 y 350 días según las condiciones ambientales; pero en criadero el ciclo completo dura aproximadamente de 10 a 12 semanas (Artigas, 1994).

### **2.10.2. En condiciones de criadero.**

A 28°C dura aproximadamente: 10 días la incubación, 10 semanas el período larval, 20 días el estadio larval y los escarabajos no suelen vivir más de 20 días. Lo cual da un total de tres meses aproximadamente en completarse el ciclo. (Botánica online, 1999). Los adultos no vuelan, las pupas casi no tienen movilidad (Dell 'Orto y Arias, 1985). Por esta razón no hay disposiciones cuarentenarias expresas para la especie (Artigas, 1994) y su crianza se vuelve más fácil. Para su cría se han utilizado diferentes métodos y cada uno posee ciertas diferencias mencionadas por sus autores, quienes las detallan en Cuadro 1.

**Cuadro 1. Recopilación Diferentes Métodos de Cría Para *Tenebrio molitor* L.**

MANEJO	TEMPERATURA	SUSTRATOS	FUENTES DE AGUA	AUTORES/PAIS.
Recipientes de madera o vidrio, cubiertos con tela o tul, se limpia cuando el alimento se haya consumido	23°C	Harina integral de trigo, copos de cereales, maíz o arroz inflado, pan, galletas	Papel mojado, cortezas de árbol sumergidas en agua previamente	Roberto Petracini 2007 Argentina.
Recipientes de madera, plástico o vidrio. Se mantienen entre 4°C y 6°C para conservarlos por mucho tiempo	16-18°C	25% harina de trigo, 25% harina de avena, 15% comida para pollos y 35% de salvado	Manzana, papa, zanahoria, diente de león.	Vicente Ibáñez 2007 España.
Cajas plástica, no se les hace limpieza muy seguido	25°C	Mezcla en partes iguales de harina de trigo, salvado de trigo o avena, pan rallado, proteína de soja, concentrado para perros pan duro y galletas/jícama	Pepino, zanahoria, manzana	Ángel Cabrera/2011 Ayala. 2007 México.
Recipientes plástico con tapadera perforada, limpieza todas las semanas	22°C	Salvado, pan rallado	Zanahoria, manzana	Fernando Calparsoro 2008 Argentina.
Recipientes plásticos, creación de nuevas cajas cada tres meses limpieza dos veces al año	28°C	Afrecho de trigo	Papa	Parque Zoológico Nacional de El Salvador. 2011

### **2.11. Ecología de *Tenebrio molitor* L.**

Las temperaturas inferiores -12°C y superiores a 41°C son letales para la especie. En la zona central de Chile los adultos emergen a principios de noviembre. En general se estima una generación anual, pero bajo condiciones especiales, una generación puede tomar dos años, dilatando especialmente el tiempo de larva en último estadio. Tolera bien el ayuno. En todos los estados evitan la luz, prefiriendo lugares quietos y oscuros (Dell'Orto y Arias, 1985). Los tenebrios viven, crecen y se reproducen sin inconveniente cuando la temperatura se mantiene de 22° a 28°C. (Calparsoro, 2008). No se han registrado parásitos de importancia. Se estima que el ácaro *Caloglyphus mycophagus* Megnin actúa como depredador (Artigas, 1994).

### **2.12. Estudio bromatológico de larvas de *Tenebrio molitor* L.**

En 100 gramos de larvas se determinaron los siguientes valores (CENCON, 1999).

Humedad: 58.02%

Proteína: (N x 6.25) 20.23%

Grasa: 16.00%

Fibra cruda: 4.28

Extracto libre de nitrógeno: 0.47%

Cenizas: 1.00%

Calcio: 57.37 Ppm

Fósforo: 0.27%

### **2.13. Distribución geográfica de larvas de *Tenebrio molitor* L.**

Cosmopolita. En Chile se estima que ingresó poco antes de 1885 para ser criado como alimento de pájaros, se le ha encontrado viviendo libremente en playa Blanca de Coronel (región del Bio-Bio); distribuido entre la Primera y Octava regiones (Artigas, 1994); Aunque dicha información se contradice con la de otros autores, quienes citan que son insectos característicos de regiones con climas templados ya que son muy resistentes al frío y aparentemente no son capaces de desarrollarse en los trópicos (Dell 'Orto y Arias, 1985)

## **2.14. Método de Sexado de larvas de *Tenebrio molitor* L.**

### **2.14.1. Estado de Pupa de larvas de *Tenebrio molitor* L.**

La determinación del sexo en el estado de pupa implica la observación del desarrollo de las estructuras genitales, que se encuentran en la parte ventral inmediatamente caudal al esternito. Como se demuestra en la figura 2, La hembra posee una mayor inflamación que diverge en dos papilas como pezón. En el macho la inflamación es considerablemente más pequeña y las papilas no divergen o sobresalen mucho. Las papilas del macho son tan discretas que son fáciles de perder. En la práctica del sexado de pupas, se determina directamente por la ausencia o presencia de las grandes papilas que en la hembra son notables. (Bhattacharya, 1970).

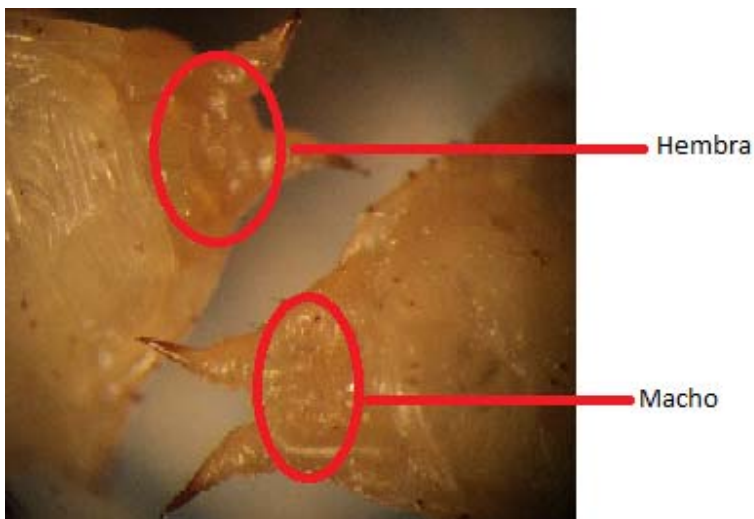


Figura 2. Diferenciación de Sexo en estado de pupa (Foto tomada por los autores).

### **2.14.2. Estado Adulto de larvas de *Tenebrio molitor* L.**

La determinación de sexo en el estado adulto consiste en la observación de la cara ventral posterior del abdomen. En la hembra hay poca separación entre los tres esternitos posteriores (3°, 4° y 5°); mientras que en el macho las membranas entre segmentos son claramente visibles con una coloración más clara. Además el 5° esternito visible es bastante redondo en el macho y ligeramente puntiagudo en la hembra (Bhattacharya.1970). Tal como se observa en la figura 3.

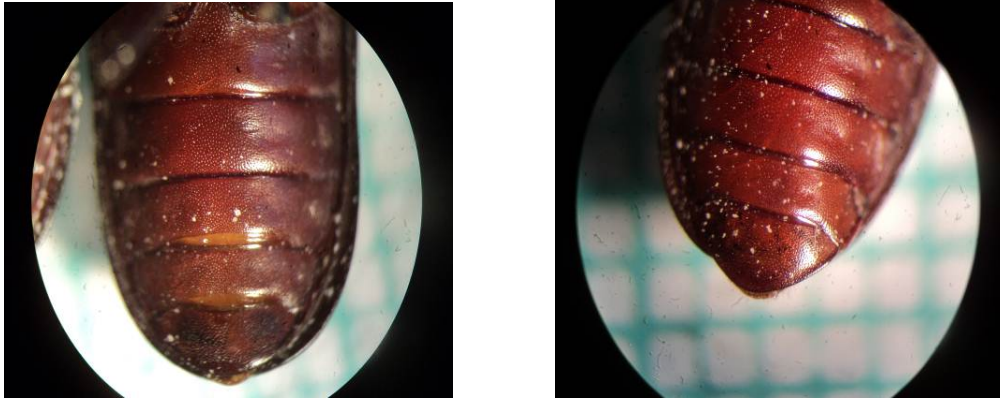


Figura 3. Sexado de adultos, izquierda hembra, derecha macho (fotos tomadas por los autores).

#### **2.15. Larvas de *Tenebrio molitor* como Transmisores mecánicos de patógenos.**

Todos los coleopteros necrófagos, de las cuales hay varias familias, son de cierta importancia potencial para la salud pública debido a sus hábitos de alimentación, ya sea como larvas, adulto o ambos, ya que se alimentan de animales muertos, piel u otros materiales animales, que pueden accidentalmente ponerlos en contacto con organismos patógenos. Pueden portar estos patógenos ya sea mecánicamente sobre las patas, partes bucales o cuerpo, o bien en sus excrementos después de alimentarse de materiales contaminados. Experimentalmente se inyectó bacilos de tuberculosis en larvas de *Tenebrio molitor* L y los bacilos persisten infectivos de estadio a estadio (Harwood y James, 1993).

#### **2.16. *Tenebrio molitor* como huésped Intermediario de helmintos.**

Sin duda la relación común se debe a la variedad de hábitos alimenticios del los coleopteros que les permite ingerir material fecal en la que comúnmente se encuentran los huevecillos de los parásitos intestinales de los animales; así muchos coleópteros habitantes de tierra y estiércol se prestan fácilmente para esta función. Los grupos de helmintos que por lo común son transmitidos por los coleópteros son los nematodos,

acantocéfalos y céstodos (Harwood y James, 1993). Los más importantes se mencionan en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Helmintos en los cuales la Familia Tenebrionidae es Huésped Intermediario (Harwood y James, 1993).**

NOMBRE DEL PARÁSITO.	ESPECIES AFECTADAS.
<i>Gongylonema pulchrum.</i>	Cerdo y Hombre
<i>Macracanthorhynchus hirudinaceus</i>	Cerdo, Hombre
<i>Echinorhynchus salmonis.</i>	Peces.
<i>Moniliformis moniliformis.</i>	Ratas, Perros y Gatos.
<i>Raillietina cesticii.</i>	Aves.
<i>Hymenolepis</i>	Patos y Gallinas
<i>Hymenolepis diminuta.</i>	Hombre y Ratas.
<i>Polymorphus minutus.</i>	Aves.

### 3. Materiales y Métodos.

La investigación se realizó desde el mes de noviembre de 2011 a mayo de 2012, en una casa ubicada en la zona norte de San Salvador con posición geográfica: calle los sisimiles, pasaje los cedros, longitud  $-89^{\circ} 13.14'$ , latitud  $13^{\circ} 42.84'$ . Se tomó la decisión de dicha habitación ya que las instalaciones que el Parque Zoológico Nacional disponía no garantizaba las condiciones mínimas de seguridad contra otros organismos indeseables como plagas (ratas) que podrían consumir las larvas de *Tenebrio molitor* L.; La casa de habitación ya referida si ofreció las condiciones óptimas para albergar el desarrollo de la investigación protegiendo la cría de *Tenebrio molitor* L. del ataque de plagas (insectos, ratas).

**3.1. Instalaciones:** Las características de la habitación fueron: 3.0 metros de largo por 2.5 metros de ancho, provisto de dos ventanas con red protectora para insectos con piso de cemento y aleación de mármol decorado y paredes de ladrillo repellido, con una



temperatura ambiental de 24- 28°C y una humedad relativa de 57 – 67% que fue medida a lo largo de toda la investigación con un aparato Termo hidrógrafo.

### **3.2. Sexado de Material Biológico.**

Para poder establecer el pie de cría se recolectó gran cantidad de pupas provenientes del bioterio del Parque Zoológico Nacional, esto se llevaba a cabo todos los domingos a partir del 20 de noviembre hasta el 12 de febrero, haciendo un total de 12 colectas de pupas con una media de 215 por colecta. Esta actividad se llevó a cabo los domingos debido a que los días lunes se tenía asignado un laboratorio para observación de sexo. Para transportarlas se preparaba una caja de plástico con 159 gramos de afrecho de trigo que les sirvió de protección y no dañarlas. Con las pupas ya recolectadas el día siguiente se procedía a sexarlas en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agronómicas con ayuda de un microscopio estereoscópico con las siguientes observaciones:

- a) Determinación del sexo en el estado de pupa implica la observación del desarrollo de las estructuras genitales, que se encuentran en la parte ventral inmediatamente caudal al esternito.
- b) La hembra posee una mayor inflamación que diverge en dos papilas como pezón.
- c) En el macho la inflamación es considerablemente más pequeña y las papilas no divergen o sobresalen mucho. Las papilas del macho son tan evidentes que son fáciles de perder.
- d) En la práctica del Sexado de pupas, se examinan los especímenes con relación a la ausencia o presencia de las grandes papilas que en la hembra son notables. Esto se realizó siguiendo la guía de Bhattacharya, (1970).

La colecta y sexado de pupas se realizó cada semana durante doce semanas equivalente a tres meses para poder alcanzar un número aproximado de escarabajos que nos darían una generación de larvas suficientes (27 gramos de larvas) para proceder a los análisis bromatológicos.

### **3.3. Instalación de Cría de Escarabajo *Tenebrio molitor* L.**

Para la instalación del experimento se utilizaron cajas de plástico transparentes de 28 cm de largo por 19 cm de ancho y 15 cm de alto con capacidad de 9.6 litros las cuales, previamente se lavaron con abundante agua y jabón para descartar la posibilidad de residuos de químicos para su elaboración en la fábrica, luego fueron secadas al sol. Se procedió a cortar trozos de saco de yute de 20 cm de largo y 15 cm de ancho en donde

las escarabajo hembras ovopositan sus huevos con una sustancia pegajosa que fabrican y se fijan al trozo de yute. Con la balanza se pesaron 36 gramos de Afrecho de trigo y 36 gramos de Harina de arroz para preparar 12 cajas con cada uno de los sustratos, y 25 gramos de tres fuentes de agua (papa, zanahoria y manzana) para las 24 cajas. El diseño estadístico del experimento fue Completamente al Azar con seis tratamientos en arreglo factorial de 3X2 con cuatro repeticiones, donde 3 son las fuentes de agua y 2 los sustratos.



Figura 4. Colecta de pupas. Figura 5. Estantes y cajas de crianza. Figura 6. Pupa en saco de yute.

### 3.4. Factores en Estudio.

Los tratamientos que se implementaron fueron los siguientes:

Factor Fuente de Agua (A).  $A_1$ = Agua procedente de Papa.

$A_2$ = Agua procedente de Manzana.

$A_3$ = Agua procedente de Zanahoria.

Factor Sustrato (S).  $S_1$ = Afrecho de Trigo.

$S_2$ = Harina de Arroz.

#### Tratamientos.

- |                                       |   |  |
|---------------------------------------|---|--|
| 1. $A_1S_1$ = Afrecho de Trigo + papa | 3. $A_2S_1$ = Afrecho de Trigo + manzana. | 5. $A_3S_1$ = Afrecho de Trigo + zanahoria |
| 2. $A_1S_2$ = Harina de Arroz + papa  | 4. $A_2S_2$ = Harina de Arroz + manzana   | 6. $A_3S_2$ = Harina de Arroz + zanahoria  |

Para terminar de instalar la cría, en cada caja de plástico se adicionaron los 36 gramos de sustrato, colocando encima del sustrato el trozo de saco de yute; y sobre éste, el material respectivo utilizado como fuente de agua, para luego introducir las pupas de *Tenebrio molitor* L. Dichas pupas eclosionaban en 10 días  $\pm$  1, y daban paso al adulto de escarabajo juvenil de color blanco el cual con los días toma un color oscuro. En la primera colecta de pupas se sexaron un total de 490 pupas, de las cuales 239 fueron

hembras; 202 fueron machos. En total se introdujeron 10 pupas hembras y 8 pupas machos en cada una de las 24 cajas plásticas. El total de pupas que se introducían cada semana se detalla en el cuadro número. Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Total de pupas de *Tenebrio molitor* recolectadas y sexadas para cria.

FECHA	PUPAS		TOTAL	PROMEDIO POR CAJA	
	HEMBRAS	MACHOS		HEMBRAS	MACHOS
Lunes 21 de nov. 2011	239	202	441	10	8
Lunes 28 de nov. 2011	116	89	205	5	3
Lunes 5 de dic. 2011	55	36	91	2	1
Lunes 12 de dic. 2011	77	65	142	3	3
Lunes 19 de dic. 2011	86	62	148	4	3
Lunes 26 de dic. 2011	71	89	160	4	3
Lunes 2 de enero 2012	78	57	135	3	2
Lunes 9 de enero 2012	49	47	96	2	2
Lunes 16 de enero 2012	78	62	140	3	2
Lunes 23 de enero 2012	57	40	97	2	2
Lunes 6 de febrero 2012	240	123	363	10	5
Lunes 13 de febrero 2012	339	226	565	14	9
Total			2583	62	43

### 3.5. Proceso de cría.

A partir del primer día de introducción de pupas, se adicionaron sustratos en las 24 cajas (Afrecho de trigo y Harina de arroz), se realizaron cambios de fuentes de agua (papa, zanahoria y manzana) (figuras 7 y 8) y se realizó un monitoreo del experimento, cada tres días para toma de datos de temperatura, humedad, consumo de fuentes de agua, adultos en comportamiento de apareo (figuras 9 y 10), según el formato de toma de datos Anexo1.



Figuras 7. Zanahoria como fuente de agua. Figura 8. Manzana como fuente de agua.



Figuras 9 y 10. Toma de datos, se realizaba cada tres días.

**3.6. Materiales:** Se utilizaron dos muebles (estantes) de aluminio con tres repisas cada uno, con medidas de 91 cm de largo por 46 cm de ancho cada repisa y 80 cm de alto donde se ubicaron las 24 cajas de plástico transparentes con medidas de 28 cm de largo por 19 cm de ancho y 15 cm de alto con capacidad de 9.6 litros. Además 2 coladores, una bascula, dos vasos de precipitado (beaker), un aparato termo hidrógrafo, cuchillos, tablas

para picar, escoba, afrecho de trigo, harina de arroz, tubérculos de papa, zanahorias, manzanas rojas.

### 3.7. Metodología de Muestreo.

Luego del proceso de crianza de 6 meses en los cuales las larvas crecieron, el día 6 de Mayo de 2012 se procedió a la toma de muestras.

Retirando los trozos de saco de yute de cada caja y los restos de fuentes de agua manualmente (Figura 11) con ayuda de un colador se separa el excremento de Tenebrio a un recipiente, quedando en el colador las larvas y los escarabajos adultos, (Figuras 12) los escarabajos adultos fueron devueltos a las cajas de plástico y posteriormente al Parque Zoológico Nacional.



Figura 11. Extracción de yute y fuentes de agua.



Figura 12. Extracción de heces a través de un colador

Las larvas fueron limpiadas de restos de fibras de saco de yute y restos de escarabajos adultos muertos debido a la finalización de su ciclo (Figura 13). Se procedió a pesar las larvas en una balanza y anotar datos (Figura 14). E introducirlas en recipientes de vidrio para su transporte, colocándoles tela de gasa y sujeta con hules para prevenir alguna contaminación del ambiente. Se repitió el mismo procedimiento con las veinticuatro cajas (Figura 15).



Figura 13. Larvas limpias    Figura 14. Pesado de larvas    Figura 15. Medios de transporte

### 3.8. Metodología de Laboratorio.

Las larvas fueron recibidas y procesadas en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas el día siguiente y el manejo preparatorio para sus análisis químicos fue supervisado por el Lic. en Química y Farmacia. Norbis Salvador Solano Melara; realizando los siguientes procedimientos:

- a) Se pesaron las muestras en balanza analítica para mayor precisión; pesándose primero la caja de aluminio (Figura 16).
- b) Se introducen las larvas a las cajas de aluminio (Figura 17). Calculando su peso por diferencia de tara,
- c) Se dejaron secar las veinticuatro muestras en estufa de vacío por un período de 12 horas a una temperatura de 105° C (Figura 18).
- d) Con las muestras secas se procede a pulverizar o moler las larvas de *Tenebrio molitor* (figura 19, 20,21).



Figuras 16. Peso de cajas en balanza.    Figura 17. Pesado de muestras.    Figura 18. Horno desecador.





Figura 19. Larvas secas.



Figura 20. Lavas trituradas en mortero.



Figura 21. Proceso de maceración

El primer análisis que se realizó a las veinticuatro muestras fue el de determinación de extracto Etéreo por el método de Soxhlet.

### 3.8.1. Determinación del contenido de grasa por el método de Soxhlet en larvas de *Tenebrio molitor* L.

#### Principio:

El éter se evapora y se condensa continuamente, extrayendo materiales solubles, cuando pasa por una muestra previamente deshidratada. El extracto se recoge sobre un recipiente previamente pesado y cuando el proceso se completa, el éter se recolecta y la grasa se queda en el recipiente se seca y pesa (figuras 22,23).

En éste método la extracción de debe, al contacto de la muestra, con un solvente por un largo período. La descripción completa del Análisis se incluye en el Anexo 2.



Figuras 22. Muestras en condensador.



Figura 23. Grasa obtenida al finalizar el proceso.

### 3.8.2. Determinación de proteína por el método de Kjeldahl en larvas de *Tenebrio molitor* L.

El principio básico del método de Kjeldahl consiste en la destrucción oxidativa de los componentes de la muestra, por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado.

El material orgánico se oxida a anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) y anhídrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ), mientras que el nitrógeno queda retenido como sulfato de amonio ( $\text{NH}_4$ ) $_2\text{SO}_4$  (Figura 24)

Posteriormente por calentamiento del sulfato de amonio en presencia de un exceso de hidróxido de sodio es transformado en amoníaco el cual se destila sobre un ácido estándar débil para formar la respectiva sal amoníaca (Figura 25), Que al final se titula con una solución ácida estandarizada. (Figura 26) La descripción completa se amplía en el Anexo 3.



Figuras 24. Introducción del Catalizador.



Figura 25. Muestra en aparato de destilación.



Figura 26. Titulación.

### 3.8.3. Determinación de Fósforo Volumétrico por el método de Precipitación en larvas de *Tenebrio molitor* L.

Fundamento: Las cenizas solubilizadas (solución problema acidificada), se trata con solución de nitrato de amonio y solución ácida de molibdato de amonio, luego se calienta a  $60^\circ\text{C}$  -  $70^\circ\text{C}$  con el que el fósforo contenido en la muestra precipita como fosfomolibdato de amonio de color amarillo. Después de lavar el precipitado se trata con solución estándar de hidróxido de sodio y la cantidad que no reacciona se valora con ácido clorhídrico, determinándose la cantidad de fósforo presente en la muestra, en forma de anhídrido fosfórico. (Figura 27 y 28) La descripción completa se amplía en Anexo 4.





Figura 27. Pesado muestras para análisis de fosforo.



Figura 28. Crisoles con muestras.

### 3.8.4. Determinación de calcio por el método Fotométrico en larvas de *Tenebrio molitor* L.

Fundamento.

Los métodos fotométricos tienen una amplia aplicación en el área de análisis químico debido a su gran utilidad y fácil realización. Estos se basan en la atomización de una muestra líquida en la que se encuentra el analito de interés, con el fin de que este forme una neblina que es aspirada y vaporizada por una llama. Con esto, lo que se pretende es excitar los átomos del analito y registrar la cantidad de energía que este emite al calentarse. La descripción completa se amplía en Anexo 5.

## 4. Resultados y Discusión.

Para obtener los resultados de este trabajo y poder discutirlos con otros estudios realizados a estos insectos se mandaron las dietas y todo el material biológico a un estudio bromatológico en los Laboratorios de Química Agrícola de la Universidad de El Salvador obteniendo como resultados datos distintos a los realizados en un estudio Mexicano (cuadros 4 y 5).

**Cuadro 4.** Análisis Bromatológico de Dietas Suministradas a Larvas de *Tenebrio molitor* L.

Mx NO.	Dieta NO.	Composición	Determinación.					
			Humedad (%)	Proteína (%)	E.etéreo (%)	Cenizas (%)	Fósforo (ppm)	Calcio (ppm)
150	1	Afrecho + papa	52.27	19.13	2.82	6.91	9,557.4	99.16
151	2	H. arroz + papa	49.35	9.67	1.38	2.04	1,330.0	146.06
152	3	Afrecho + manz.	52.02	19.23	3.06	6.70	11,080.7	149.85
153	4	H .arroz+ manz.	51.55	11.40	1.84	1.59	1,248.3	149.18
154	5	Afrecho+ zanah.	58.02	10.23	5.13	9.21	11,341.4	199.20
155	6	H. arroz+ zanah.	57.33	11.68	2.10	4.40	1,398.9	327.87

Análisis bromatológico realizado el 7 de mayo de 2012 en los laboratorios de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

**Cuadro 5.** Análisis bromatológico de larvas de *Tenebrio molitor* L

DETERMINACIONES								
MX No.	Dieta No.	Composición	Humedad (%)	Proteína (%)	E.etero (%)	Ceniza (%)	Fosforo (ppm)	Calcio (ppm)
66	1	Afrecho	69.30	56.95	28.40	4.75	7,836.0	380.23
67	1	+	63.95	60.28	30.91	3.95	8,197.8	395.26
68	1	papa	68.27	55.63	25.70	4.60	10,651.4	391.39
69	1		64.15	57.72	29.57	4.15	9,685.4	395.65
70	2	Harina de	68.61	55.79	31.80	4.33	8,564.8	1,201.90
71	2	arroz	65.88	56.50	29.67	3.99	7,897.5	499.17
72	2	+	65.38	51.47	38.51	3.69	6,867.1	589.97
73	2	Papa	68.54	53.10	24.66	4.49	3,130.9	1,123.60
74	3	Afrecho	69.66	53.05	28.40	4.28	9,002.6	389.11
75	3	+	71.98	55.20	23.87	4.74	10,031.7	290.42
76	3	Manzana	71.72	53.60	26.02	4.52	10,000.2	392.93
77	3		71.35	53.97	24.31	3.99	10,313.1	498.50
78	4	Harina de	60.87	36.71	47.13	3.39	1,221.5	398.80
79	4	arroz	61.82	44.47	44.57	3.37	7,087.4	481.70
80	4	+	61.85	43.25	44.60	3.39	7,500.4	484.50
81	4	Manzana	61.44	43.35	43.84	3.50	6,178.0	389.11
82	5	Afrecho	69.08	50.09	29.27	4.05	7,608.0	493.58
83	5	+	68.45	50.35	31.02	4.04	8,929.5	394.48
84	5	Zanahoria	69.57	49.61	29.09	4.13	9,316.2	392.93
85	5		68.64	44.96	28.96	4.18	9,004.0	371.40
86	6	Harina de	62.89	52.67	40.95	3.52	7,234.4	475.74
87	6	arroz	64.62	57.57	35.86	3.24	7,543.4	381.32
88	6	+	62.80	51.30	44.88	3.32	6,799.0	379.87
89	6	Zanahoria	66.17	59.09	36.97	3.42	8,263.0	489.24

Análisis bromatológico realizado el 7 de mayo de 2012 en los laboratorios de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Al finalizar los análisis bromatológicos realizados en el laboratorio de Química Agrícola Y al hacer los análisis estadísticos de la varianza (ANVA) respectivos con el programa SAS, (cuadros 6, 7 ,8 ,9).

**Cuadro 6.** Contenido de proteína de larvas de *Tenebrio molitor*.

Fuentes de varianza	G.L	S.C	C.M	Fcal	SIG
Sustrato	1	54.4208167	54.4208167	7.55	0.0132
Fuente	2	254.7228000	127.3614000	17.67	<.0001
Suatrato*fuelle	2	339.6372333	169.8186167	23.56	<.0001

Entre los sustratos y la proteína existen diferencias significativas (0.0132), entre la proteína y las fuentes existen diferencias altamente significativas (<0.0001) y la interacción de los sustratos y las fuentes con la variable proteína produce diferencias altamente significativas (<0.0001).

Con tal consideración y dando respuesta a la hipótesis planteada en el trabajo de investigación, se puede confirmar que la dieta control tiene el valor mas alto en proteína (57.65%), misma dieta que se implementa en el Parque Zoologico Nacional de El Salvador, seguido por la dieta de arroz con zanahoria (55.16%) en tercer lugar esta la dieta de arroz con papa (54.12%) en cuarto lugar esta la dieta de afrecho con manzana (53.9%) en quinto lugar bastante mas abajo esta la dieta de afrecho con zanahoria (48.75%) y en ultimo lugar bastante mas abajo que la mejor dieta esta la de arroz con manzana (41.95%) por lo tanto se puede confirmar que la mejor dieta para elevar el contenido proteico en animales a través del consumo de la larva del *Tenebrio molitor L* es la de afrecho con papa. En comparación con el estudio realizado por CENCON en el año 1999 se puede determinar que este estudio tiene valores mas elevados y asi aseverar un mejor aprovechamiento de los sustratos y las fuentes ofrecidas.

**Cuadro 7.** Contenido de grasa de larva de *Tenebrio molitor*.

Fuentes de varianza	G.L	S.C	C.M	Fcal	SIG
Sustrato	1	681.8136000	681.8136000	66.02	<.0001
Fuente	2	139.7611000	69.8805500	6.77	0.0064
Sustrato*fuelle	2	285.6061000	142.8030500	13.83	0.0002

Entre los sustratos y la grasa existen diferencias altamente significativas (<0.0001), entre la grasa y las fuentes de agua existen diferencias significativas (0.0064) y la interacción de los sustratos, las fuentes de agua y la grasa existen diferencias significativas.

Para grasa que es necesaria para animales bajos de peso, deprimidos ya que es la principal fuente de energía y es necesaria para la absorción de las vitaminas podemos afirmar que la mejor dieta es la de arroz con manzana (45.04%) y no así la dieta de afrecho con manzana

que es la que tiene el valor en grasa mas bajo (25.65%). Al comparar estos datos con los obtenidos en el estudio de CENCON se puede observar que este estudio tiene mejores resultados.

**Cuadro 8.** Contenido de fosforo de larva de *Tenebrio molitor*.

Fuentes de varianza	G.L	S.C	C.M	Fcal	SIG
Sustrato	1	26535864.30	26535864.30	4.47	0.0488
Fuente	2	5072050.86	2536025.43	0.43	0.6591
Sustrato*fuelle	2	15305001.81	7652500.91	1.29	0.3001

Entre los sustratos y el fosforo existen diferencias significativas (0.0488), entre el fosforo y las fuentes de agua no existen diferencias significativas ( $0.6591 > 0.05$ ), y entre la interacción de los sustratos y las fuentes de agua tampoco existen diferencias significativas ( $0.3001 > 0.05$ ).

A través de los resultados del estudio bromatológico también se puede confirmar cuales dietas tienen valores mas elevadas en su composición nutricional como el fósforo, grasa, calcio. La dieta con el valor mas elevado en fosforo es la dieta de afrecho con manzana (0.98%) y la mas baja es la dieta de arroz con manzana (0.55%) por lo tanto podemos afirmar que la dieta de afrecho con manzana es mejor para neonatos ya que el fosforo les sirve para la formación ósea, la dentición y la formación de tejidos musculares en los primeros meses de nacidos. Al comparar estos resultados con los obtenidos por CENCON vemos un porcentaje mayor en el presente estudio.

**Cuadro 9.** Contenido de calcio en larvas de *Tenebrio molitor*.

Fuentes de varianza	G.L	S.C	C.M	Fcal	SIG
Sustrato	1	185335.4051	185335.4051	7.61	0.0130
Fuente	2	220327.0634	110163.5317	4.52	0.0256
Sustrato*fuelle	2	248326.9528	124163.4764	5.10	0.0176

Entre los sustrato y el calcio existen diferencias significativas (0.0130), entre las fuentes de agua y el calcio existen diferencias significativas (0.0256) y entre la interacción de los sustratos y las fuentes de agua existe diferencias significativas.

En cuanto al calcio un mineral esencial en la vida, el cuarto presente en el organismo después del agua, proteínas y las grasas, podemos decir que la dieta con el valor mas alto es la de arroz con papa (0.08%) mientras que abajo de esta dieta están todas las demás con valores muy similares y muy por debajo (0.03%-0.04%). Igual que en los resultados

anteriores se puede determinar que los resultados de este estudio son superiores a los de CENCON.

#### 4.1. Resultados bromatológicos generales (valores promedios de larvas).

DIETAS.	PROTEINA	GRASA	FOSFORO	CALCIO
<b>AFRECHO + MANZANA</b>	53.96%	25.65%	0.98%	0.03%
<b>AFRECHO + PAPA</b>	57.65%	28.65%	0.73%	0.03%
<b>AFRECHO+ ZANAHORIA</b>	48.75%	29.59%	0.87%	0.04%
<b>ARROZ + MANZANA</b>	41.95%	45.04%	0.55%	0.04%
<b>ARROZ + PAPA</b>	54.22%	31.16%	0.66%	0.08%
<b>ARROZ + ZANAHORIA</b>	55.16%	39.67%	0.74%	0.04%

Las variaciones en porcentaje de proteína, en la larvas de *Tenebrio molitor* alimentadas con diferentes tratamientos (dietas); se ilustra en la figura 29.

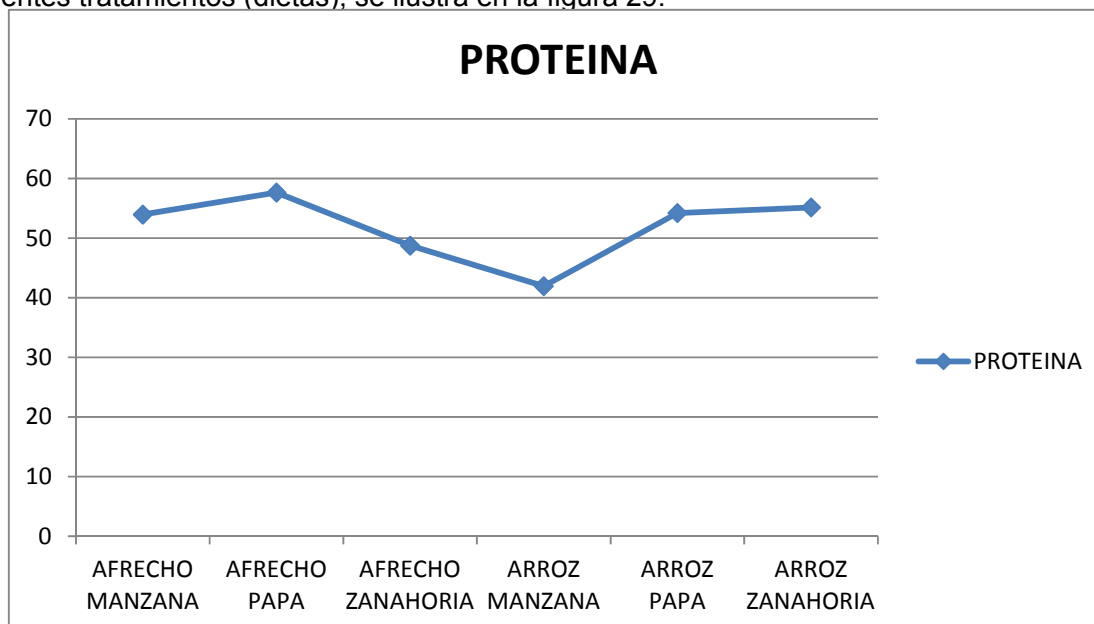


Figura 29. Comportamiento del contenido porcentual de proteína de larvas de *Tenebrio molitor*.

Las variaciones en porcentajes de grasa, en larvas de *tenebrio molitor* alimentadas con diferentes tratamientos (dietas); se ilustran en la figura 30.

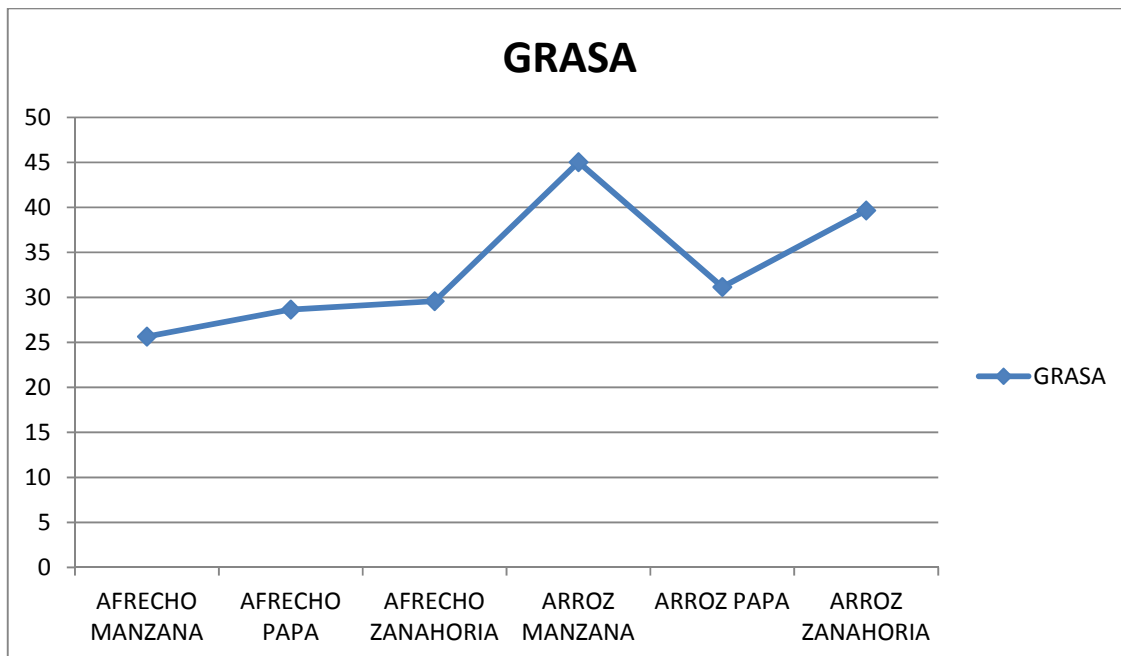


Figura 30. Comportamiento del contenido porcentual de grasa en larvas de *Tenebrio molitor*.

Las variaciones en porcentaje de fosforo en larvas de tenebrio molitor alimentadas con diferentes tratamientos (dietas); se ilustran en la figura 31.

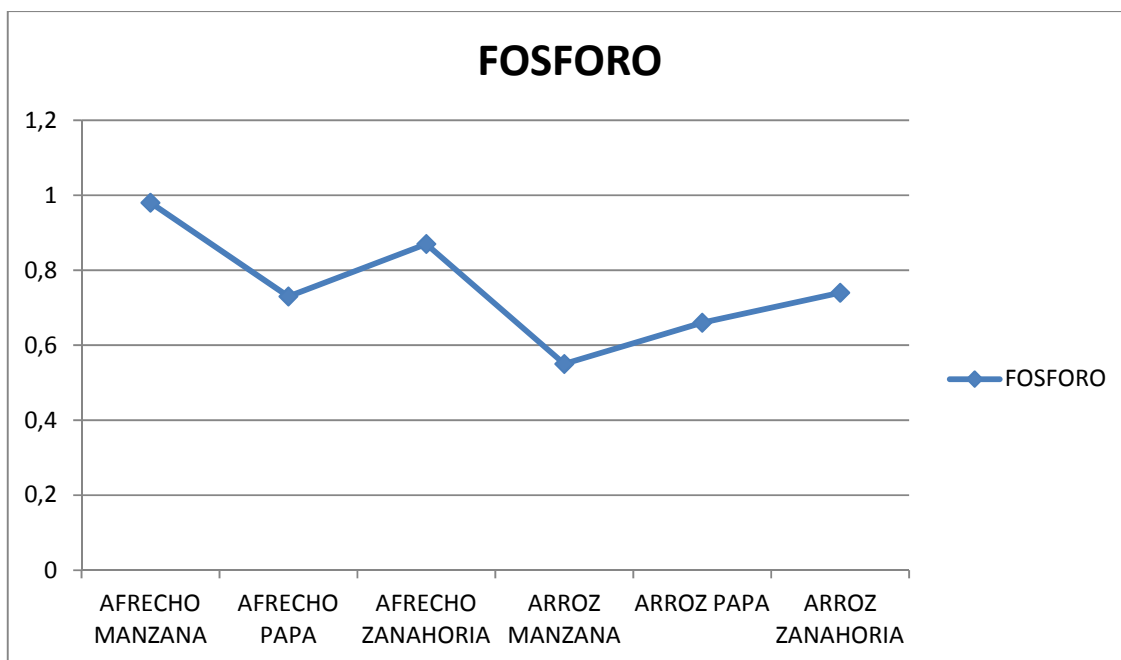


Figura 31. Comportamiento del contenido porcentual de fosforo en larvas de *Tenebrio molitor*.

Las variaciones en porcentaje de calcio, en larvas de tenebrio molitor alimentadas con diferentes tratamientos (dietas); se ilustran en la figura 32

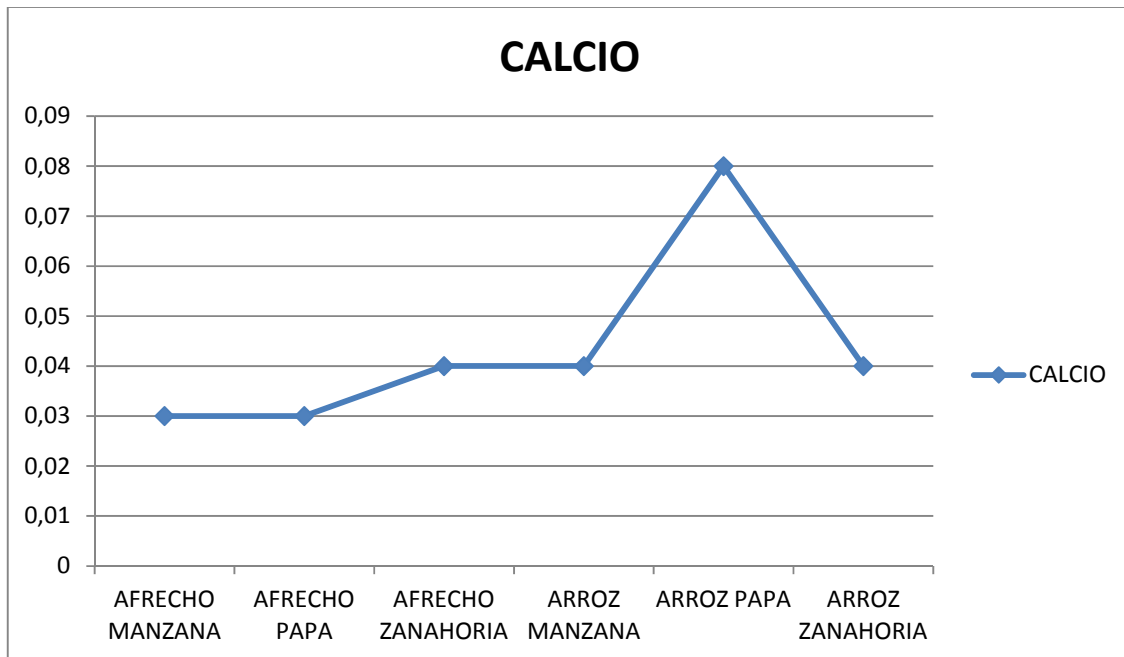


Figura 32. Comportamiento del contenido porcentual de calcio en larvas de *Tenebrio molitor*.

## **5. Conclusiones.**

1. El cambio de los sustratos y fuentes de agua en la dieta de los escarabajos molineros no produce mayor contenido proteico que el que se obtiene actualmente con la dieta proporcionada por el Parque Zoológico Nacional de El Salvador.
2. La combinación de afrecho de trigo como sustrato y papa como fuente de agua, es la que produjo mayor rendimiento proteico en el *Tenebrio molitor L.*(cuadro 9. cuadro de medias)
3. Según el estudio bromatológico la combinación de afrecho de trigo con papa produce un 2% más de diferencia en el valor proteico que la dieta de Arroz con zanahoria la cual es la segunda mejor combinación. (cuadro 9. cuadro de medias)

## **6. Recomendaciones.**

1. Se sugiere al Parque Zoológico Nacional de El Salvador mantener la dieta actual ya que es la que, de acuerdo al estudio bromatológico produce la mayor cantidad de proteína.
2. Basados en el estudio bromatológico, se observa que la combinación de arroz con papa produce mayores valores en el contenido de calcio, por lo que se recomienda tener en cuenta esta información para la dieta de animales con deficiencia del mismo.
3. Basados en el estudio bromatológico, se observa que la combinación de afrecho con manzana produce mayores valores en el contenido de fosforo, por lo que se recomienda tener en cuenta esta información para la dieta de animales con deficiencia del mismo ya que este junto con otros minerales se recomienda a neonatos para el crecimiento óseo y la dentición.
4. Basados en el estudio bromatológico, se observa que la combinación de arroz con manzana produce mayores valores en el contenido de grasa, por lo que se recomienda tener en cuenta esta información para la dieta de animales con bajo peso y deprimidos, ya que la grasa es la principal fuente de energía y ayuda a absorber las vitaminas.



## 7. Bibliografía.

Anónimo, <http://es.wikipedia.org/wiki/Entomofagia>.

Arango, Gutierrez, G P. Los insectos: una materia prima promisoría contra la hambruna. Revista Lasallista de investigación, enero-junio, año/vol. 2, número 001, Corporación Universitaria Lasallista, Antioquia, Colombia. Pp.33-37

Artigas, J.N. 1994. Entomología económica, insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario. 1er edición. Concepción, CH. pp. 405-408.

Ayala. Foro reptiles, Mexico, 2007. Que es el tenebrio molitor (en línea) consultado 07 diciembre 2010. Disponible en <http://www.fororeptiles.org/cgi-bin/forum/blah.pl?b-invert/m-1191872301>

Bhattacharya, AK. y Waldbauer, GP. 1970. A Method for Sexing Living Pupal and Adult *Tenebrio molitor* L. (en línea) consultado 12 marzo de 2011. Disponible en <http://chemistry.uwinnipeg.ca/dvanderwel/vanderwellabtour/sexingdiagrams.html>

BiD network, Peru. 2007. Producción de alimento vivo, harina de tenebrio molitor y quitinoso a partir de larva de Tenebrio molitor (en línea). Consultado 28 de enero 2011. Disponible en <http://www.bidnetwork.org/page/54962/en>

Botanical, 1999. Cría del gusano de la harina (en línea) consultado 28 de enero 2011. Disponible en <http://www.botanical-online.com/animales/tenebrio.htm>

Cabrera, A. Aviarioangelcabrera. España. El tenebrio molitor (en línea) consultado 28 enero 2011. Disponible en <http://www.aviarioangelcabrera.com/articulos/tenebrios.htm>

Calparsoro, F. 2008. Paroaria coronata. tenebrio molitor – yellow mealworm (en línea) consultado 28 de enero 2011. Disponible en <http://www.paroariacoronata.blogspot.com/2008/03/tenebrio-molitor-yellow-mealworm.html>

Carrillo O, Rodríguez G. 2011. Manual de Laboratorio de Bioquímica: Ingeniería Agronómica e Ingeniería Agroindustrial Universidad de El Salvador. SV. 70 p.

Castro, L. 1997. Porque no comer insectos. British Museum Londres. SEA, vol.; p. 249-257. Colombia.

CENCON (Centro de Control Agroindustrial). 1999. Análisis bromatológico de *Tenebrio molitor* L.. México.

Conconi, 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 Fac. Ciencias UNAM: 71 pag. Mexico.

Coronado Padilla, R y Delgado Márquez, A.1972. Introducción a la entomología: Morfología y Taxonomía de los Insectos. 1<sup>era</sup> edición. México D.F, México. pp. 48-49, 70-71, 154-157, 160-161.

Dell'Orto Trivelli, H. y Arias Velázquez, C.J.1985. Insectos que dañan granos y productos almacenados. Oficina Regional de la Fao para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. pp. 6-27, 80-83.

Echeverria, E.E. 1995. Museo de Historia Natural de El Salvador. Catalogo de coleopteros de la colección de entomología. 10 ed.

FAO. 2004. Contributio des insects de la foret a la securite alimentaire. L'exemple des chenilles d'Afrique centrale. Document de Travail n°. 1. Roma.

Gonzalez, A. y M. Camino. 1975. Biología y hábitos del "mayate prieto de la palma de coco", *Rhynchophorus palmarum* (L.) en la chontalpapa. Tab. Folia Enomol. Mex. (28): 13-18.

Harwood, RF. James, MT. 1993 Entomología médica y veterinaria. Editorial Limusa. México D.F.

Ibáñez, V. 2007. Diamante mandarín, España. El gusano de la harina-tenebrio molitor (en línea) consultado 28 de enero 2011. Disponible en [http://www.diamantemandarin.org/alimentacion/insectos\\_tenebrios/gusano\\_harina.htm](http://www.diamantemandarin.org/alimentacion/insectos_tenebrios/gusano_harina.htm)

IRIN.2008. Thailand: Whisky on the rocks and some bamboo worms please. IRIN News, 26 de febrero. Bangkok, Tailandia, Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios de la Naciones Unidas, Red Regional Integrada de Información. Disponible en [www.irinnews.org/report.aspx?reportID=76966](http://www.irinnews.org/report.aspx?reportID=76966)

Mittenmeier, R. E. 1988. Several working papers for the biodiversity task force of the World Bank. The World Bank, Washington, D.C.

Murias, A. 2010. FIS El salvador ( Fish information and services) Insectos, una posible fuente de proteína para alimentos acuícolas. (en línea) consultado 29 enero2011. Disponible en <http://fislatino.com/fis/worldnews/worldnews.asp?monthyear=42010&day=8&id=36129&l=s&country=0&special=aquaculture&ndb=1&df=0>

Petracini, R. 2007. El acuarista, Argentina. Tenebrio molitor (en línea) consultado 28 enero 2011. Disponible en <http://www.elacuarista.com/alimentos/tenebrios.html>.

Posey, R. 1987. Temas e inquietudes en Entomofagia. Bol. Mus. Par. Emilio Goeldi Ser. Antropology. Vol., 3 No. 2; p. 99-134.

Raloff, J. 2008. Insects (the original White meat). Science News, 173 (18).

Ramos, J. 1987. Los insectos como fuente de proteínas en el futuro. 2da edición. Limusa.

Ramos J Y Pino J. 2001. Contenido de vitaminas de algunos insectos comestibles de México. 45(002).

Ramos, J. y Viejo Montesinos, JL. 2007. Los insectos como alimento humano: Breve ensayo sobre la Entomofagia, con especial referencia a México.

Sanchez, P y Hevia, P. 1997. Consumo de insectos alternativa alimentaria del neotrópico. En boletín. Entomology. Venezuela. Vol.; 12 No. 1; p. 125-127.

Solano N. 2012. Determinación de Calcio Método Fotométrico: Determinación de Fósforo Volumétrico Método de Precipitación. Departamento de Química Agrícola Universidad de El Salvador.

Tabuna, H. 2000. Evaluation des échanges des produits forestiers non ligneux entre l'Afrique subsaharienne et l'Europe. Rome, Fao y agencia para el desarrollo internacional (USAID), Central African Regional Program of the Environment (CARPE).

Vantomme P. 2010. Los insectos forestales comestibles, una fuente de proteínas que se suele pasar por alto. Unasyva. 6(236):19-21.

Wilson, E. O. 1985. The biological diversity crisis: A challenge to science. Issues of Scientific Technology, 2: 20.

### 8. Anexos.

#### Anexo 1. Hoja De Toma de datos para monitoreo (cada tres días).

Universidad de El Salvador.

Facultad de Ciencias Agronómicas.

Departamento de Protección Vegetal.



#### Ficha de Monitoreo.

*"Contenido de proteína, grasa, calcio, fosforo en larvas del Escarabajo molinero (Coleóptera: Tenebrionidae: Tenebrio molitor L.) Con diferentes sustratos y fuentes de agua en el Parque Zoológico Nacional De El Salvador C.A."*

Fecha: \_\_\_\_\_

PARÁMETROS.		
Temperatura. (°C)		
Humedad (%)		
	<b>SI</b>	<b>NO</b>
Adultos en Apareamiento.		
Consumo de Sustrato.		
Consumo de Fuente de Agua.		
Mortalidad.		
Presencia de Plagas.		

OBSERVACIONES:

---

---

---

---

RESPONSABLE.

NOMBRE.	FIRMA.
Leonardo Argueta.	
Glenda Meléndez.	

## **Anexo 2. Marcha de Laboratorio para Determinación de Extracto Etéreo.**

### **Método de Soxhlet. (GRASA)**

El término Extracto Etéreo comprende el conjunto de sustancias extraídas con éter etílico. Incluye además de los ésteres de los ácidos grasos con el glicerol, los fosfolípidos, las lecitinas, esteroides, ceras, ácidos grasos libres, carotenoides, clorofila y otros pigmentos.

Se han utilizados otros solventes distintos al éter etílico, pero el rendimiento y la composición varían un poco. Otros solventes son: éter de petróleo (A.O.A.C. Association of Oficial Analytical Chemists), permite su uso al igual que el éter etílico); metil isobutil cetona, cloroformo y tetracloruro de carbono.

La determinación se lleva a cabo sobre una muestra previamente deshidratada y pueden utilizarse dos tipos de extractores: los continuos como: el de Goldfisch, Underwrites, Knorr y los intermitentes como Soxhlet y sus modificaciones.

### **Principio:**

El éter se evapora y se condensa continuamente, extrayendo materiales solubles, cuando pasa por una muestra previamente deshidratada. El extracto se recoge sobre un recipiente previamente pesado y cuando el proceso se completa, el éter se recolecta y la grasa se queda en el recipiente se seca y pesa.

En éste método la extracción de debe, al contacto de la muestra, con un solvente por un largo período.

### **Equipo y Materiales:**

Balanza Analítica.

Extractor de Grasa Soxhlet

Erlenmeyer o Balón de borde esmerilado de 250 ml ó 125 ml.

Dedales de alundum o de papel.

Papel filtro Algodón Estufa de vacío ( y corriente)

Desecador

Pinzas metálicas.

**Reactivos:**

Éter de petróleo (34% - 35%) con punto de ebullición de 40<sup>a</sup> – 60<sup>a</sup>C

Metil isobutil cetona

**Preparación del Material de Vidrio y Dedales.**

Lavar con jabón y agua ( o con detergente en polvo) enjuagar con agua de chorro y con agua destilada. Enjuagar con 25 ml de metilisobutil cetona y poner a secar en estufa a 100<sup>a</sup>C durante dos horas. Colocar los Erlenmeyer (o balones) en desecador, enfriar por 20 minutos y pesar en balanza analítica (no tomar con las manos, sujetarlos con pinzas metálicas). Anotar el peso del recipiente vacío.

Si se emplean dedales de alundum, deben sumergirse en agua regia por algunas horas y después enjuagarse con bastante agua destilada y secarlos en estufa. Si se usan dedales de papel solo deben enjuagarse con metil isobutil cetona y secar en estufa.

También las manos deben estar bien lavadas, exentas de grasa de las manos.

**Procedimiento:**

1. Pesar sobre el papel filtro y en balanza analítica  $\pm 2.00$  gr de muestra previamente deshidratada a 105°C y en estufa de vacío por 5 horas. ( Este es el peso de la muestra)
2. Colocar dentro de un dedal de extracción, limpio, seco y previamente identificado.
3. Cubrir la muestra con pequeña cantidad de algodón, libre de grasa para permitir que el éter se distribuya en forma uniforme.
4. Colocar el dedal con muestra en la corneta entre el condensador y el Erlenmeyer.
5. Abrir la llave del agua que lleva hacia el refrigerante, para permitir el proceso de condensación.
6. Agregar 150 ml de éter de petróleo por la parte superior del condensador.
7. Conectar el aparato y extraer la grasa durante 5 horas, cuidando que la velocidad de condensación sea de 5 ó 6 gotas por segundo. Si el éter se evapora debe agregarse más éter.
8. Después de este período, recuperar el éter sobrante.

9. Secar recipientes con la grasa extraída en estufa regulada a 100°C por espacio de media hora, enfriar en desecador por 20 minutos y pesar en balanza analítica.

**Cálculos:**

Peso de muestra = (papel filtro más muestra) – (papel filtro vacío)

Peso Extracto Etéreo = (Recipiente + E.E) – (Recipiente Vacío)

% E.E ó % Grasa =  $\frac{\text{Peso extracto etéreo} \times 100}{\text{Peso de muestra}}$

Peso de muestra

**NOTA:**

1. Antes de la determinación de extracto etéreo es necesario eliminar la humedad a 105°C y en estufa vacío La humedad puede interferir la determinación de grasas.
2. Este método no se aplica a desechos de panadería, galletería y pastas alimenticias, ni en residuos de destilería, en los que debe llevarse a cabo una hidrólisis ácida previa.
3. El producto desengrasado debe guardarse para determinar fibra cruda.

Tomado de: Carrillo y Rodríguez, 2011.

**Anexo 3. Determinación de Proteína (Método de Kjeldahl).**

Las proteínas son compuestos fundamentales para la nutrición humana y animal. Su componente principal es el nitrógeno que da lugar a aminoácidos y nucleótidos de purina y pirimidina tan importantes no solo en la de ácidos nucleicos.

El contenido de nitrógeno de las proteínas varía de acuerdo a la clase y cantidad de aminoácidos, también depende del origen animal o vegetal.

Dado que la mayoría de proteínas vegetales contienen aproximadamente la misma proporción de nitrógeno (16%) se determina el contenido total de nitrógeno del producto y se multiplica ésta cifra por un determinado factor de conversión que es de 6.25, aunque en el

caso de otros puede variar. De igual manera ocurre con las proteínas animales, como el caso de la leche se emplea el factor 6.38 (ver tabla).

El método de valoración del nitrógeno proteico ( que se expresa como nitrógeno total) que es de aplicación universal para determinar nitrógeno proteico en alimentos fue ideado por J. Kjeldahl y en los últimos años ha sufrido numerosas modificaciones; especialmente en lo que se refiere al uso de catalizadores aplicables para acelerar o para hacer más eficaz la reacción y para que la valoración sea mas completa en un dado caso la muestra contenga otros componentes nitrogenados como nitratos o compuestos nitrogenados de difícil digestión.

**Principio:**

El principio básico del método de Kjeldahl consiste en la destrucción oxidativa de los componentes de la muestra, por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado.

El material orgánico se oxida a anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) y anhídrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ), mientras que el nitrógeno queda retenido como sulfato de amonio ( $\text{NH}_4$ )<sub>2</sub> $\text{SO}_4$ .

Posteriormente por calentamiento del sulfato de amonio en presencia de un exceso de hidróxido de sodio es transformado en amoníaco el cual se destila sobre un ácido estándar débil para formar la respectiva sal amoníaca. Que al final se titula con una solución ácida estandarizada.

El proceso se acelera mediante catalizadores como: Oxido de mercurio, Cobre, Mercurio metálico, Selenio. El sulfato de potasio anhidro se agrega para elevar la temperatura de ebullición del ácido sulfúrico (ascenso ebulloscópico).

**Equipo:**

Micro Kjeldahl de digestión y destilación.

**Material:**

Tubos Tecator para proteína Kjeldahl de 250 ml

Micro Bureta de 10 ml y 25 ml.

Soporte para bureta completa

Papel filtro o caja de aluminio para pesar la muestra.

Erlenmeyer de 250 ml



**Reactivos:**

Ácido sulfúrico concentrado, libre de nitrógeno densidad 1.84

Sulfato de potasio (pulverizado) + sulfato de cobre (7 gr + 0.8) mezcla, se conoce como mezcla de catalizador.

Solución de ácido clorhídrico 0.1 N ó 0.025 N.

Solución de ácido bórico al 4% + solución de indicadores de verde de bromocresol y rojo de metilo en metanol o alcohol etílico.

Solución de hidróxido de sodio al 40%.

Alcohol etílico al 95%

**Procedimiento:****A) DIGESTIÓN:**

1. Pesar en papel filtro más o menos 0.1 gr de muestra y colocarla en un tubo tecator para micro Kjeldahl de 250 ml.
2. Agregar al tubo, que contiene la muestra pesada y medida exactamente:  
6.0 ml de ácido sulfúrico.  
3 gr de la mezcla de catalizador (sulfato de potasio y sulfato de cobre)
3. Agitar durante 5 minutos ésta mezcla y colocar los 6 tubos al mismo tiempo conectar el sistema de extracción de vapores y condensación de gases. Mover constantemente por medio de rotación) los tubos y esperar hasta que la solución esté de color azul o verde.

**B) DESTILACIÓN:**

1. Enfriar los tubos, agregándoles agua destilada más o menos 80 ml, esperar que enfríen nuevamente.
2. Agregar 60 mililitros de solución de hidróxido de sodio al 40%.
3. En un Erlenmeyer de 250 ml colocar 25 ml de la solución de ácido bórico más indicadores y colocarlo en el aparato de destilación ( solución de color rojo).
4. Recibir el destilado en el Erlenmeyer de 250 ml, el que debe estar en el aparato después de 5 minutos de trabajo del mismo (hasta que para su función) que se vera un cambio del indicador de rojo a verde.
5. Dejar enfriar y titular con solución de ácido clorhídrico 0.1 ó 0.025 N hasta cambio de color del indicador que va de verde a rojo.

**Cálculos:**

N = Normalidad del ácido

$$\% \text{ de Nitrógeno} = \frac{\text{mililitros de ácido gastado} \times N \times 0.014 \times 100}{\text{Peso de muestra}}$$

$$\% \text{ de Proteínas} = \text{Porcentaje de Nitrógeno} \times \text{Factor}$$

**Nota:** El factor empleado en estos cálculos dependerá del material utilizado, ya que el contenido de nitrógeno varía.

Factores Sugeridos para Transformar el % de Nitrógeno a % de Proteína.

Alimento	Factor de Conversión.	Alimento	Factor de Conversión.
Avena, Cebada, Centeno	5.83	Leche	6.38
Arroz	5.95	Maíz y Sorgo	6.25
Trigo, Harina refinada	5.70	Algodón, Semilla	5.30
Trigo, grano entero	5.83	Melón, Semilla	5.30
Almendras	5.18	Sésamo Semilla	6.25
Cacahuete, castaña de pará	5.46	Gelatina	5.55
Soja	5.71	Carne	6.25
Otras nueces y semillas	5.30	Huevo	6.25

Tomado de: Carrillo y Rodríguez, 2011.

**Anexo 4. Determinación de Fósforo Volumétrico (Método de Precipitación).**

Este método es utilizado para la determinación de fósforo total por medio de método volumétrico de precipitación. Este método se aplicará a muestras que han sido calcinadas en la mufla y posteriormente sus cenizas serán solubilizadas con ácidos minerales para llevar a cabo el proceso de valoración que en este procedimiento se describe. Este método es aplicable a muestras de forrajes, concentrados, embutidos, lácteos y otros alimentos.

Fundamento: Las cenizas solubilizadas (solución problema acidificada), se trata con solución de nitrato de amonio y solución ácida de molibdato de amonio, luego se calienta a 60°C - 70°C con el que el fósforo contenido en la muestra precipita como fosfomolibdato de amonio de color amarillo. Después de lavar el precipitado se trata con solución estándar de hidróxido de sodio y la cantidad que no reacciona se valora con ácido clorhídrico, determinándose la cantidad de fósforo presente en la muestra, en forma de anhídrido fosfórico.

El Técnico Laboratorista es el responsable de llevar a cabo el análisis descrito en este procedimiento.

Jefatura del Laboratorio de Química Agrícola es el responsable de la revisión de los resultados obtenidos en este análisis y que las condiciones, materiales y equipos necesarios para el desarrollo del procedimiento sean los adecuados.

### **Material y Equipo.**

- Agitador de vidrio.
  - Beaker de 50 mL
  - Bureta de 25 mL y 50 mL
  - Embudo de vidrio de tallo largo
  - Erlenmeyer de 250 mL y 500 mL
  - Pizeta plástica
  
  - Papel filtro Whatman N° 42
  - Pipeta volumétrica de 10 mL
  - Porta embudos
  - Probetas graduadas de 10 mL y 25 mL
  - Cocina eléctrica o mechero
  - Estufa eléctrica
- Reactivos.
- Agua destilada fría.
  - Solución de ácido clorhídrico 0.1N

- Solución de Fenolftaleína al 1% en alcohol etílico
- Solución de Hidróxido de Sodio 0.1N
- Solución de Molibdato de Amonio
- Solución de Nitrato de Amonio 40%

Preparación de Solución de Molibdato de Amonio:

*Solución A.* Pesar 50 g de ácido molibídico y disolver en una mezcla previamente preparada que contenga 72 mL de hidróxido de amonio y 135.5 mL de agua destilada.

*Solución B.* En un beaker de 1000 mL disolver 1227 mL de ácido nítrico concentrado, agitar y dejar enfriar.

Agregar lentamente la solución A sobre la solución B. dejar en reposo y cubierto con vidrio de reloj, en estufa a 40° hasta que se forme un precipitado amarillo. Decantar la solución y guardar en frasco de vidrio de color ámbar.

Procedimiento.

1. Medir con pipeta volumétrica una alícuota de 5 mL de la solución de muestra y colocarla en un Erlenmeyer de 250 mL.
2. Diluir con 25 mL de agua destilada. Agregar con probeta 10 mL de solución de nitrato de amonio al 40% y calentar suavemente hasta desprendimiento de humo blanco, teniendo cuidado de que no hierva la solución.
3. Agregar con probeta 15 mL de solución de molibdato de amonio, lentamente con agitación constante, con el objeto de precipitar todo el fósforo contenido en la muestra. Si es necesario, calentar nuevamente la muestra a 60°C para obtener una precipitación completa.
4. Agitar durante 15 minutos y dejar en reposo en estufa a 60°C durante 15 minutos.
5. Preparar un embudo de tallo largo con papel Whatman N° 42 y filtrar la solución por decantación, recibiendo el filtrado en otro Erlenmeyer limpio. Tener cuidado en pasar todo el precipitado al embudo con pequeñas porciones de agua destilada bien fría, raspando las paredes del Erlenmeyer con la punta de hule del agitador.
6. Continuar lavando el precipitado en el embudo con pequeñas cantidades de agua destilada fría, para eliminar todo exceso de molibdato que interferiría en la valoración. Desechar el agua de lavado.
7. Comprobar que el lavado ha concluido colocando en un beaker de 50 mL 1 gota de solución de hidróxido de sodio 0.1N y 1 gota de solución alcohólica de fenolftaleína y permitir que caigan sobre el gotas del lavado directamente debajo del embudo, si el contenido del

beaker no se decolora; es señal de que el lavado ha concluido. De lo contrario continuar lavando hasta que al hacer la prueba, no haya decoloración.

8. Al finalizar el lavado, romper el filtro con la punta del agitador pasar todo el precipitado a un Erlenmeyer limpio de 500 mL con la ayuda de agua destilada de la Pizeta transferir también el papel filtro y romperlo en trozos, al agitar el papel dentro del Erlenmeyer.

9. Añadir 10 gotas de fenolftaleína al Erlenmeyer y por medio de una bureta, agregar solución de hidróxido de sodio 0.1N necesario para el contenido del Erlenmeyer permanezca de color rosado encendido, esto indica la completa solubilización del fósforo.

10. Añadir un exceso de solución de hidróxido de sodio 0.1N y anotar el total de solución de hidróxido de sodio 0.1 N que se ha agregado al Erlenmeyer.

11. Valorar el exceso de hidróxido de sodio que no ha reaccionado con el fósforo, empleando una solución de ácido clorhídrico 0.1N hasta que la muestra se decolore completamente. Anotar los mL de ácido gastados.

Cálculos.

1 mL de NaOH 0.1N = 0.001349 g de P.

1 mL de NaOH 0.1N = 0.003085 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

$$\% P = \frac{(\text{mL de NaOH agregados} \times N) - (\text{mL HCl gastados} \times N) \times 0.001349 \times 100}{\text{Peso de muestra en alícuota}}$$

$$\% P_2O_5 = \frac{(\text{mL de NaOH agregados} \times N) - (\text{mL de HCl gastados} \times N) \times 0.003085 \times 100}{\text{Peso de muestra en alícuota}}$$

Tomado de: Solano N. 2012.

#### **Anexo 5. Determinación de calcio (Método Fotométrico).**

Este método es utilizado para la determinación del contenido de calcio en muestras de alimentos, utilizando el fotómetro de llama. Este método es aplicable a muestras de alimentos y otras a las que el método sea aplicable.

Fundamento.

Los métodos fotométricos tienen una amplia aplicación en el área de análisis químico debido a su gran utilidad y fácil realización. Estos se basan en la atomización de una muestra líquida en la que se encuentra el analito de interés, con el fin de que este forme una neblina que es aspirada y vaporizada por una llama. Con esto, lo que se pretende es excitar los átomos del analito y registrar la cantidad de energía que este emite al calentarse.

El Técnico Laboratorista es el responsable de llevar a cabo el análisis descrito en este procedimiento.

Jefatura del Laboratorio de Química Agrícola es el responsable de la revisión de los resultados obtenidos en este análisis y que las condiciones, materiales y equipos necesarios para el desarrollo del procedimiento sean los adecuados.

Materiales y Equipo

- Balanza analítica
- Mufla
- Pizeta plástica
- Fotómetro de llama con filtro para Ca
- Balones volumétricos 100 mL
- Crisol de porcelana
- Bureta 25 mL
- Calorímetro y bomba calorimétrica
- Pipeta volumétrica 25 mL

Reactivos.

Agua destilada

Acido clorhídrico concentrado

Solución de Cloruro de Lantano 10%

Solución patrón de Calcio 1000 ppm de Ca

Solución de ácido clorhídrico 1:4

Procedimiento.

### **Preparación del Blanco.**

Agregar en un balón volumétrico de 100 mL 2.5 mL de ácido clorhídrico diluido y 2.0 mL de cloruro de lantano 10%, llevar a volumen con agua destilada y homogenizar.

### **Preparación de Soluciones Estándar.**

A partir de la solución madre de calcio [1000 ppm Ca] hacer las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 2.5, 5.0, 7.5 y 10.0 ppm Ca.

### **Preparación de la Muestra.**

- .1 Colocar 2 g de muestra pesada con exactitud en un crisol de porcelana previamente secado hasta peso constante.
- .2 Calcinar la muestra en una mufla eléctrica a una temperatura de 500-525°C. Cuando se enfríe, disolver las cenizas en 5 mL de ácido clorhídrico 1:4.
- 3 Transferir a un balón volumétrico de 100 mL y llevar a volumen.
- 4 Filtrar a través de papel filtro Whatman, pipetear 25 mL del filtrado a un balón volumétrico de 100 mL. Adicionar 2 mL de cloruro de lantano 10%. Llevar a volumen con agua destilada.

Método.

Aspirar la solución blanco y establecer el cero.

Aspirar la solución estándar de 10.0 ppm Ca y manipular el equipo para que el monitor indique que la lectura corresponde a la concentración del estándar.

Restablecer el valor de cero con el blanco.

Aspirar los estándares intermedios y observar las lecturas obtenidas para confirmar la linealidad del método.

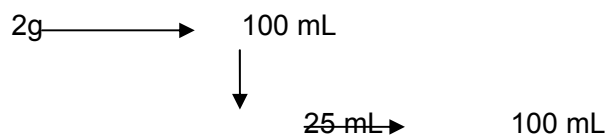
Aspirar las muestras y registrar las lecturas obtenidas (ppm).

NOTA: La adición de sustancias como el oxalato de sodio o el oxalato de potasio al 10% puede mejorar la respuesta obtenida del equipo, todo dependerá de la particularidad de la muestra y de las sustancias interferentes presentes en las mismas.

**. Cálculos.**

Para calcular el porcentaje de calcio en la muestra original multiplicar el valor obtenido en la lectura del equipo por el factor de dilución.

**Factor de Dilución:**



$$FD.: 100 \times 100 / 2 \times 25$$

$$FD: 10,000/50$$

$$FD: 200$$

**Cálculo:**

**Concentración de Calcio en gramo de muestra (ppm):** Lectura del equipo x (200)

Tomado de: Solano N. 2012.



**Anexo6.** Especies que consumen Larvas de *Tenebrio molitor* L.



Suricato ( *Suricata suricatta* )



Mono Rhesus ( *Macaca mulatta* )



Macaca celebe ( *Macaca nigra* )



Mono araña. ( *Ateles geoffroyi* )

Fotografías tomadas en el Parque zoológico Nacional de El Salvador por los autores. Febrero 2011.