

3 200627

24



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

**OBTENCION DE UNA HARINA A PARTIR DE LARVAS
DE MUSCA DOMESTICA, L. COMO FUENTE DE
PROTEINAS Y SU EVALUACION BIOLOGICA.**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BILOGO

P R E S E N T A
FERNANDO ANTONIO MARTINEZ MENDOZA

MEXICO, D.F.

1985



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

Página

CAPITULO I

1.1	Introducción.	3
1.2	Antecedentes.	8
1.3	Generalidades sobre <u>Musca domestica</u> , L.	14
1.4	Biología de <u>Musca domestica</u> , L.	17

CAPITULO II MATERIAL Y METODOS.

2.1	Cultivo y desarrollo de <u>Musca domestica</u> , L.	25
2.1.1	Insectario.	25
2.1.2	Medios para desarrollo.	30
2.1.3	Técnica de cultivo.	32
2.2	Evaluaciones químicas.	35
2.2.1	Laboratorio.	35
2.2.2	Reactivos	36
2.2.3	Determinaciones bromatológicas.	36
2.2.4	Digestibilidad.	38
2.2.5	Análisis de aminoácidos.	38
2.3	Evaluaciones microbiológicas.	39
2.3.1	Laboratorio.	39
2.3.2	Medios de cultivo y reactivos.	39
2.3.3	Determinaciones.	41
2.4	Evaluación biológica.	43
2.4.1	Bioterio.	43
2.4.2	Medios para el desarrollo de las ratas.	44
2.4.3	Elaboración de dietas.	44
2.4.4	Determinación de la Relación de Eficiencia Proteínica (PER).	45

CAPITULO III	RESULTADOS Y DISCUSION	
3.1	Resultados.	46
3.1.1	Cultivo de <u>Musca domestica</u> , L.	46
3.1.2	Análisis bromatológico.	47
3.1.3	Análisis microbiológico.	49
3.1.4	Digestibilidad.	49
3.1.5	Determinación de aminoácidos.	49
3.1.6	Evaluación biológica. Relación de Eficiencia Proteínica (PER).	50
3.2	Discusión.	
3.2.1	Cultivo de <u>Musca domestica</u> , L.	55
3.2.2	Evaluaciones de la harina de larva de <u>Musca domestica</u> , L.	57
3.2.3	Estimación de costo y rendimiento.	63
CAPITULO IV	CONCLUSIONES	65
APENDICE I	ANALISIS ESTADISTICO	66
CAPITULO V	BIBLIOGRAFIA	68

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCION.

Situación alimentaria en México.

La alimentación del mexicano se ha caracterizado desde épocas muy remotas, por las deficiencias nutricionales en la mayoría del pueblo. Desde entonces hasta ahora, el maíz ha sido el cereal que ha predominado en su alimentación, - siendo éste un grano desbalanceado en su composición de nutrimentos y que de alguna manera se ha logrado complemen--tar con frijoles, chile, jitomate y otra variedad de ali--mentos.

Durante la conquista, los principales alimentos que se introdujeron a México fueron: el café, azúcar y productos de trigo que no son muy valiosos nutricionalmente hablan--do. Los alimentos de origen animal fueron consumidos en mayor cantidad por los criollos que por los nativos.

El problema actual de la desnutrición en México, se debe principalmente a la mala distribución de los alimentos geográfica y económicamente hablando así como al uso, en - cierta manera inadecuado de las tierras cultivables y no - tanto a la producción. Cabe decir que ésta, de todas mane--ras, no va en aumento conforme lo hace la población.

Los niveles socioeconómicos elevados no tienen problemas en lo que se refiere a la disponibilidad y adquisición de - alimentos, de hecho rebasan los requerimientos calóricos y proteínicos necesarios para un buen desarrollo y salud, a - grado tal, que el exceso los lleva a padecer enfermedades -

como la obesidad, arterioesclerosis, hipertensión y otras - (10).

Las clases socioeconómicas de escasos recursos consumen dietas hipocalóricas e hipoproteínicas, a las cuales se --- adaptan y que son apenas suficientes para sobrevivir. El -- sector rural es el que se encuentra más afectado dado su ba jo poder adquisitivo.

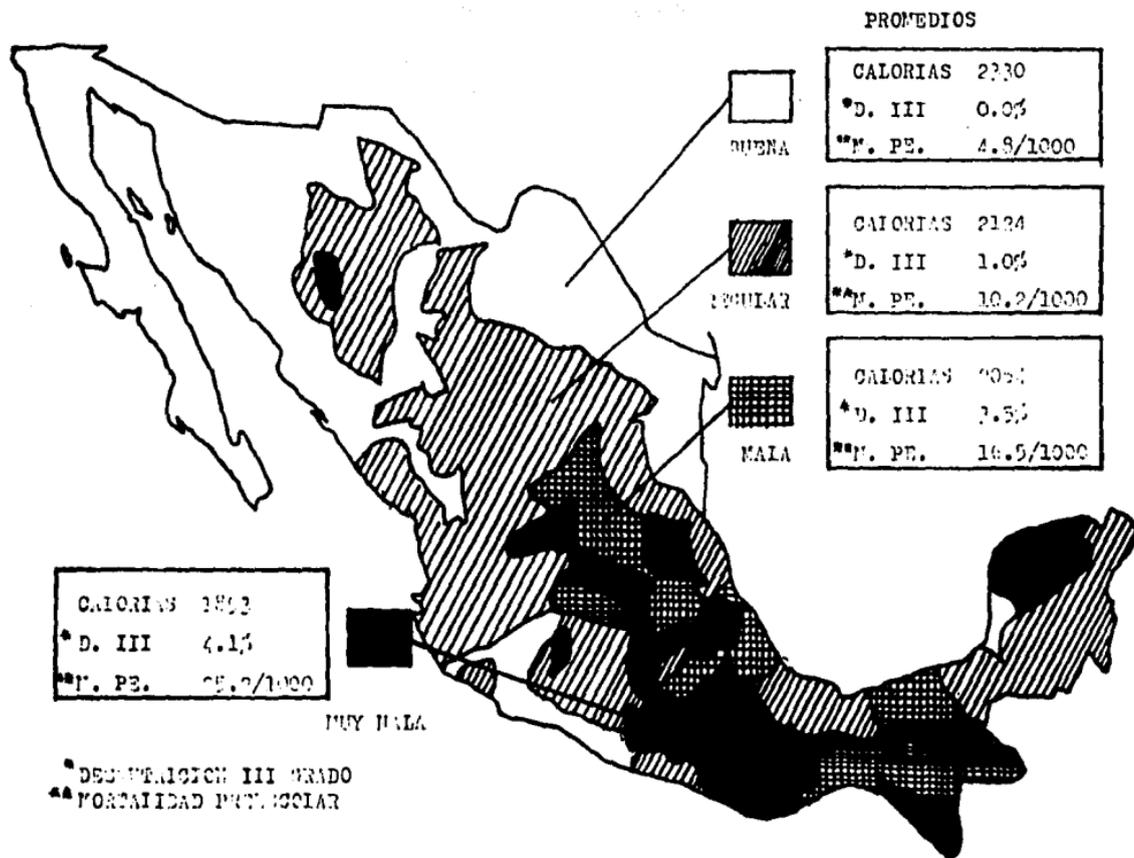
En la figura 1 se ilustra la situación nutricional de la República Mexicana por regiones geoeconómicas.

Este mapa se realizó con datos de encuestas acumuladas - entre 1960 y 1975 y será actualizado por el Instituto Nacio nal de la Nutrición con información reciente pero parece -- ser que cambiará muy poco porque las diferencias regionales están dadas más por las características socioeconómicas de las poblaciones y su composición por estratos sociales que por su localización geográfica por lo que no pueden esperar se mejorías. En la misma medida que las diferencias económi cas tienden a agravarse, se ahondan las diferencias en nu- trición y salud (9).

La estructura de la demanda de alimentos está cambiando rápidamente debido a que por un lado, las grandes ciudades crecen desmesuradamente en población y en poder adquisitivo y por otro al crecimiento de grandes compañías procesadoras de alimentos, sobretudo forrajes, que absorben más de la -- tercera parte de granos disponibles (9).

En los últimos años se ha presentado una crisis agrícola, sobretudo en lo relativo a la producción de maíz y frijol -

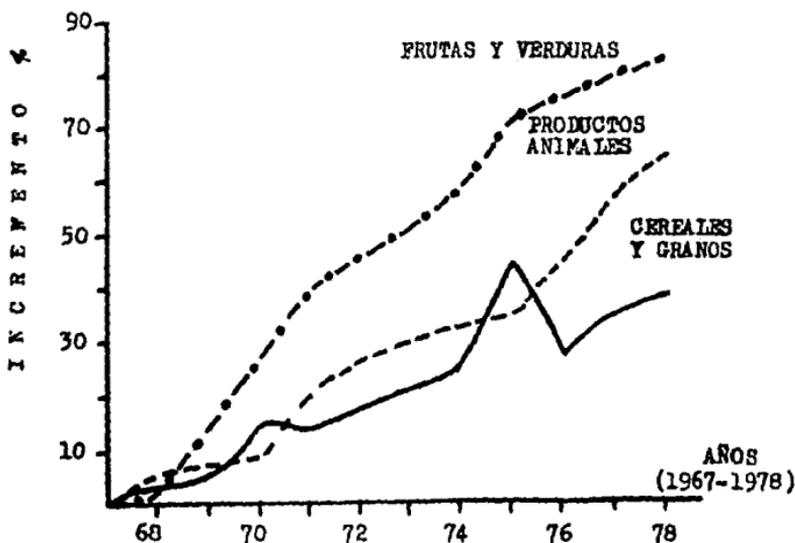
FIGURA 1. SITUACION NUTRICIONAL EN LA REPUBLICA PERUANA.



que agudiza las tendencias al cambio. Al faltar granos básicos se promueve el consumo de otro tipo de productos como pan y pastas.

Aunque por el momento las importaciones han logrado cubrir la demanda global de granos básicos, en la gráfica 1 se ve claramente que las tendencias de las disponibilidades de alimentos no son favorables a los sectores sociales más pobres (9).

GRAFICA 1. DISPONIBILIDAD DE ALIMENTOS PARA CONSUMO HUMANO.



La clase trabajadora es la que más ha cambiado sus hábitos alimentarios y lo sigue haciendo. En los últimos quince años han dejado las tortillas y los frijoles por el pan y las pastas; son los grandes consumidores de alimentos industrializados "pacotilla" y lo único que han hecho es cambiar el tipo de desnutrición. Su futuro alimentario es muy incierto porque la dirección en la que van no tiene futuro ya que sus productos favoritos cada vez serán de menor calidad nutricional y cada vez más caros (10).

Se ha calculado que para la producción de carne, leche y huevo, se están utilizando más de cinco millones de toneladas de cereales, un millón de toneladas de soya, más de 200 mil toneladas de harinas de pastas de oleaginosas, harinas de pescado y carne y cantidades no determinadas, pero seguramente grandes, de alfalfa y otros tipos de pastos que ocupan gran parte de las mejores tierras cultivables (9).

De los 1.6 millones de toneladas de proteína que se muelen en México para forrajes, 0.6 de cereales, 0.6 de concentrados (soya, pastas oleaginosas y harina de pescado principalmente) y 0.4 de alfalfa y otros pastos, sólo se obtienen 260 mil toneladas de proteína animal.

En 1982, se molieron 9 millones de toneladas de granos para producir 400 mil toneladas de proteína de buena calidad.

La conversión de productos agrícolas en alimentos animales, reduce por lo menos treinta veces la disponibilidad energética y seis veces la proteínica, esto quiere decir -- que de treinta calorías de forrajes sólo se obtiene una caloría pecuaria y de seis gramos de proteína vegetal se obtiene una animal.

En el momento actual en México existe una disponibilidad per capita de 28 gramos de proteína animal por persona y -- por día, lo que perfectamente alcanzaría para todos si la mayoría consumiera la cantidad óptima necesaria (9).

1.2 ANTECEDENTES.

Con el fin de obtener fuentes que aporten proteínas, se empleó la mosca común (Musca domestica, L.) cuyo manejo per mitió, en base al cultivo masivo controlado de adultos, la obtención de las larvas correspondientes. Estas se transformaron en harina que sirvió de base para la realización de las evaluaciones químicas, microbiológicas y biológicas, pu diendo así determinar la calidad de la proteína y la estima ción de su costo, así como su posible utilización como fuen tes de enriquecimiento o fortificación proteínica.

Los materiales que tradicionalmente aportan las proteínas en las dietas son provenientes por ejemplo de: animales como leche, huevos y productos cárnicos y de vegetales terreg tres y acuáticos, por nombrar los más importantes. En fe--- chas más recientes se ha venido estudiando la biomasa de mi croorganismos vegetales y de levaduras, el suero de leche y la sangre de bovinos como posibles fuentes de proteínas.

En nuestro planeta, la población animal más extensa, está constituida por los insectos y dada su gran capacidad re productiva se pensó que de ellos podría derivarse la capta ción de materias primas, fundamentalmente proteínas para in corporarlas a las dietas alimentarias tradicionales del ser humano (31).

Para darse una idea de la gran cantidad de insectos que

habitan el planeta, baste decir por ejemplo que las reinas de ciertas abejas producen de 1000 a 2000 huevecillos diarios - un huevo por minuto - y las termitas ovipositan de 6000 a 7000 huevecillos diariamente. El número de individuos por colonia fluctúa en: hormigas de 240 a 630 mil, abejas de 30 a 200 mil y termitas de 750 mil a 3 millones (Anon. 1980). En general su ciclo de vida es muy corto, algunas parejas - de estos artrópodos procrean más de 47 millones de individuos al mes, con un promedio de 25 generaciones al año -- (Ramos, J. 1978).

La entomofagia no es una actividad nueva en nuestra cultura, desde la época precolombina los indígenas mexicanos, en determinadas épocas del año, se alimentaban de insectos cubriendo parte de sus requerimientos proteínicos. Algunos de los insectos que empleaban fueron: gusanos blancos (larvas de lepidópteros, coleópteros y otros) y el *acauhtli* -- - huevecillos de hemípteros - conocidos como "mosco de agua" (Sahagún, B. de 1946).

Dicha alimentación no ha sido exclusiva de México, ya -- que se ha sucedido desde tiempo inmemorial en diferentes - partes del mundo; practicada en calidad de suplemento o como parte de una dieta básica. Diversos países consumidores de insectos son: Rodesia, Australia, Singapur, Assam y --- otros. Por ejemplo en Cantón, China se consumen escarabajos (coleópteros) y pupas del lepidóptero conocido como gusano de seda (Hoffmann, W.E. 1947).

En la publicación de Ramos J. y Bourges, H. (1977), se - mencionan un gran número de insectos pertenecientes a diversos órdenes, géneros y especies, con calidad comestible y - que se encuentran distribuidos en México y en el mundo entero.

En México se consumen algunos insectos, en calidad de alimentos humanos, tales como: jumiles (Guerrero), chapulines (Guerrero, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Morelos, Puebla y Oaxaca), gusanos de maguey (Estado de México, Hidalgo y Tlaxcala), hormiga chicatana (Veracruz y Oaxaca).

Dichos antecedentes históricos-culturales, indican que los insectos pueden ser utilizados como alimento de manera cotidiana por el hombre.

Estudios realizados para conocer el valor nutritivo de los insectos, aportan un fundamento para pensar en ellos -- como una fuente alimentaria como se ilustra en la tabla I.

TABLA I

Contenido de proteínas en algunos insectos comestibles de México (% en base seca).

<u>Atzies tazcoensis</u> (jumil de Taxco)	70.3
<u>Sphenarium histrio</u> (chapulín)	62.0
<u>Cossus redtenbachi</u> (gusano rojo de maguey)	71.0
<u>Atta mexicana</u> (hormiga chicatana)	58.3
<u>Liommetopum apiculatum</u> (escamoles)	66.9
<u>Corisella mercenaria</u> (axayacatl)	68.7

Fuente: Ramos, J. 1977. Valor nutritivo de ciertos insectos comestibles de México y lista de algunos insectos comestibles del mundo. An. Inst. Biol. Univ. Nat. Autón. México 48, Ser. Zoología (1): 165- 186.

La tabla II nos muestra la composición aminoacídica de las proteínas de algunos insectos comparándola con el patrón FAO. Se puede apreciar que algunos de los insectos superan a dicho marco de referencia.

TABLA II

Contenido en aminoácidos esenciales de la proteína de diferentes conjuntos de especies de insectos utilizados como alimento (mg/16 mg de N).

	A	B	C	D	E	F
LIS	3.5	4.3	3.8	3.6	5.2	4.2
TRE	4.0	4.4	2.8	3.3	4.9	2.8
VAL	6.0	5.5	4.8	4.7	5.4	4.2
MET	1.5	1.6	1.5	1.0	0.8	2.2
ISO	5.0	5.9	4.5	4.9	4.6	4.2
LEU	8.0	8.0	6.2	5.2	6.4	4.8
PEN	3.4	3.2	2.5	3.7	3.6	2.8
TRY	1.1	1.6	1.5	0.9	1.0	1.4

A. Ahuautle; B. Axayacatl; C. Jumiles; D. Gusanos de maguey; E. Chapulines; F. Patrón FAO 1957.

Fuente: Ramos, J. 1977. Valor nutritivo de ciertos insectos comestibles de México y lista de algunos insectos comestibles del mundo. An. Inst. Biol. Univ. Nal. - Autón. México 48, Ser. Zoología (1): 165- 186.

La pregunta lógica que se nos plantearía es : ¿Por qué - de entre todos los insectos se escogió a la mosca común, si

ésta presenta el inconveniente natural de ser uno de los ma yores vectores transmisores de diferentes enfermedades?

Tomando en cuenta que dicha mosca es factible manejarla en su ciclo biológico, ya que se desarrolla con rapidez, su oviposición es elevada y sus larvas no contienen después de aisladas e higienizadas toxinas ni tampoco microorganismos patógenos para el hombre, se decidió establecer un modelo - zootécnico al respecto para determinar si podría por su propia abundancia y frecuencia en el medio ambiente, pasar de un organismo considerado como negativo a un aportador positivo de proteínas inócuas para el consumo humano.

Un par de moscas adultas y fértiles, son capaces de producir unos 190 billones de ejemplares en el período de abril a septiembre; así, tomando el peso de una larva totalmente desarrollada como 0.023 gramos (base húmeda), 190 billones de larvas pesarían aproximadamente 4 400 toneladas en base húmeda, es decir, 1 200 toneladas en base seca, dándonos eg to aproximadamente 600 toneladas de proteínas (Abdel-Gawaad, 1979).

Ante la creciente demanda de alimentos en el sentido estricto de la palabra y haciendo a un lado los prejuicios, - se podrán utilizar a las moscas como una fuente natural de alimento.

La deficiencia de proteínas animales de elevado valor -- biológico en el mundo es grande y se agudiza más el problema en los países en vías de desarrollo como se muestra en - la tabla III que relaciona la población mundial con el consumo de proteínas, su disponibilidad, niveles de producción y el déficit calculado para los países desarrollados y poco desarrollados.

TABLA III

	1975	1990	2000
POBLACION (expresada en miles de millones de individuos).			
Países:			
- Desarrollados	1.0	1.1	1.15
- Subdesarrollados	3.0	4.3	4.85
	4.0	5.4	6.00
CONSUMO PROTEINICO (expresado en toneladas métricas por año).			
Países:			
- Desarrollados	33	36	38
- Subdesarrollados:			
• Requerimientos	55	61	91
Disponibilidad	47	52	52
Déficit	8	29	39
Producción	80	88	90

* Para alcanzar el requerimiento mínimo necesario por día.

Fuente: Williams, R. 1975. Synthetic Proteins. Chem. Tech. (1): 45- 46.

La obtención de proteínas a partir de moscas y en general las de origen entomófilo, pueden ser una buena expectativa para aumentar la producción y disponibilidad de proteínas - útiles sobretudo para los países en vías de desarrollo.

1.3 GENERALIDADES SOBRE Musca domestica, L.

La especie Musca domestica, L. es un díptero que se encuentra distribuido por todo el mundo con excepción de las regiones árticas y altitudes mayores, donde debido a las bajas temperaturas se excluyen todo tipo de animales poiquilo-termos. Su ubicuidad se facilita por sus hábitos alimentarios dado que puede alimentarse de una gran variedad de material orgánico en descomposición tanto de origen vegetal - como animal. La Musca domestica es casi tan omnívora como - el hombre y comparte con él gran parte de sus comidas (Hecht, O. 1970).

Dicho insecto puede estar infestado, en forma general, - con microorganismos patógenos productores de más de veinte enfermedades humanas (fiebre tifoidea, diarrea de verano, - amibiasis, disentería bacilar, cólera, poliomielitis, diferentes gusanos parásitos y otras); sin embargo, debe entenderse que la mosca común no es el único vector de las enfermedades citadas.

Esta mosca tiene uno de los ciclos de vida más cortos conocidos entre los insectos, ya que desde su estadio de huevecillo hasta el de adulto joven puede verificarse en un -- lapso de tiempo de seis a veinte días dependiendo de las - condiciones físicas del medio ambiente.

<u>HUEVECILLO</u>	<u>LARVA</u>	<u>PUPA</u>	<u>ADULTO A HUEVECILLO</u>
8 a 30 horas	5- 14 días	3- 10 días	2.25- 23 días

FECUNDIDAD.

Probablemente la característica más impresionante de la mosca es su gran capacidad reproductiva, aunque hay pérdida

de huevecillos y larvas debido a la deshidratación, inanición, parasitosis, depredadores y otros factores, la emergencia de moscas adultos es en números muy elevados.

Howard (1911) asumiendo un período de 10 días para el desarrollo total de cada generación de moscas en verano (en la latitud de Washington) calculó que si una sola mosca fecundada ovipositaba 120 huevecillos en abril 15, teóricamente será responsables de la emergencia de cinco billones quinientos noventa y ocho mil setecientos veinte mil millones de moscas adultas en o antes del 10 de septiembre. Sin embargo, muchas hembras viven lo suficiente para ovipositar no sólo un paquete de huevecillos sino más de uno, lo que hace que su número sea muchísimo mayor.

Este incremento afortunadamente no se lleva a cabo en la naturaleza debido a que solamente un número limitado de individuos puede encontrar las condiciones adecuadas para sobrevivir independientemente de que el medio ambiente sea -- adecuado.

Kuzina (1936) encontró que los huevecillos de la mosca sufrían un 2.23% de mortandad en el laboratorio y 11.33% en el insectario. Para las larvas la mortandad fue de 17.33% en el laboratorio y de 20.58% en el insectario. Para las pupas fue del 8.65% y 17.60% en el laboratorio e insectario respectivamente. A pesar de esto, la capacidad de la mosca para reproducirse es asombrosa.

ALIMENTO PARA LARVAS.

A pesar de que las larvas presentan capacidad de migración, ésta se encuentra limitada ya que tiene que ver más -

con la selección de un lugar adecuado donde se efectúe la pupación que con la búsqueda de alimento.

Las moscas hembras eligen los lugares indicados donde ovipositar, los cuales deben ser ricos en nutrimentos para que las larvas puedan desarrollarse adecuadamente. Generalmente dichos sitios son en el estiércol de animales domésticos (materiales en estado de putrefacción o fermentación). Las moscas fecundadas ovipositan sólo en respuesta a la presencia de compuestos producidos por dichas fuentes. Un medio de desarrollo larval sobrepoblado trae como consecuencia la emersión de moscas adultos pequeñas.

Lórinz y Makara (1935) encontraron que mientras más avanzada se encuentre la fermentación del medio de desarrollo larval, se requerirá un período más largo para que la larva se desarrolle completamente.

Las larvas sólo pueden alimentarse de líquidos, ya que no tienen la capacidad de masticar, además los medios en que se desarrollan se licúan con facilidad. Los microorganismos ayudan en el proceso de licuefacción, junto con las enzimas que segregan las larvas, y también pueden ser alimento para ellas.

ALIMENTO PARA LA MOSCA ADULTO.

El alimento para la mosca adulto es importante porque:

- sirve para mantener los procesos del cuerpo y en consecuencia la vida del organismo.
- para que los órganos sexuales maduren y se haga posible la perpetuación de la especie.

Para la mosca común los carbohidratos como los almidones, la sacarosa y otros azúcares son necesarios para una longevidad normal. Además de éstos, las proteínas juegan un papel importante en la producción y oviposición de huevecillos.

1.4 BIOLOGIA DE Musca domestica, L.

Clasificación taxonómica:

Reino	Animal
Phylum	Artrópoda
Clase	Hexápoda (Insecta)
Orden	Díptera
Suborden	Cyclorrhapha (Athericera)
Familia	Muscidae
Género	Musca
Especie	<u>M. domestica</u>

Morfología.

La mosca mide normalmente de 0.6 a 0.8 centímetros de largo, su color es gris y está compuesta por tres partes principales: cabeza, tórax (con tres pares de patas y un par de alas) y abdomen (constituido por cinco segmentos).

La cabeza es prominente y tiene un par de ojos compuestos relativamente grandes, un par de antenas y el aparato bucal. Las antenas se encuentran localizadas en la parte frontal de la cabeza, entre los ojos y son los órganos sensoriales principales. Las porciones bucales que se proyectan hacia abajo de la parte inferior de la cabeza, son de tipo esponjoso, así por ejemplo, el labium consiste en una estructura esponjosa suave y se puede retraer o extender según lo requiera la mosca. El labelum, que es una especie de cojincillo --

con alfileres, ancho y aplanado, se encuentra en la punta de la proboscis.

El tórax o porción media del cuerpo, está compuesto por tres segmentos, cada uno de los cuales alberga un par de patas. Visto por arriba, presenta cuatro rayas negras angostas y únicamente el segmento torácico medio (que es el más largo) soporta el único par de alas que presenta el insecto. En cada uno de los lados del tórax, además del par de alas, se encuentran dos espiráculos u orificios respiratorios. De bajo de las alas se localiza otra estructura que se proyecta hacia afuera, el "halter", que es un par de alas no desarrolladas que se utilizan como un órgano de equilibrio. En la parte inferior de cada segmento torácico, se proyecta -- un par de patas compuestas por ocho partes o secciones móviles. En la punta de cada pata o último segmento tarsal, se encuentra una uña especial integrada por dos espinas sólidas de forma curva, un empodium central con forma de gancho y dos cojincillos adhesivos con vellosidades o pulvilli.

El abdomen es relativamente largo y está compuesto por segmentos cilíndricos; el posterior (en la punta), contiene los órganos genitales que generalmente se encuentran retráidos, fuera del alcance de la vista.

La característica más definida de la morfología externa de la mosca, es la diversidad de espinas y pelos que cubren su cuerpo. Van desde espinas de una consistencia dura, afiladas y con forma de pico, que son utilizadas como protección y para asirse o asir algún objeto, hasta unos pelos finos sensitivos y espinas ordenadas como un muro que son realmente órganos sensoriales especializados. Algunas de éstas se encuentran en los tarsos de las patas, proboscis y

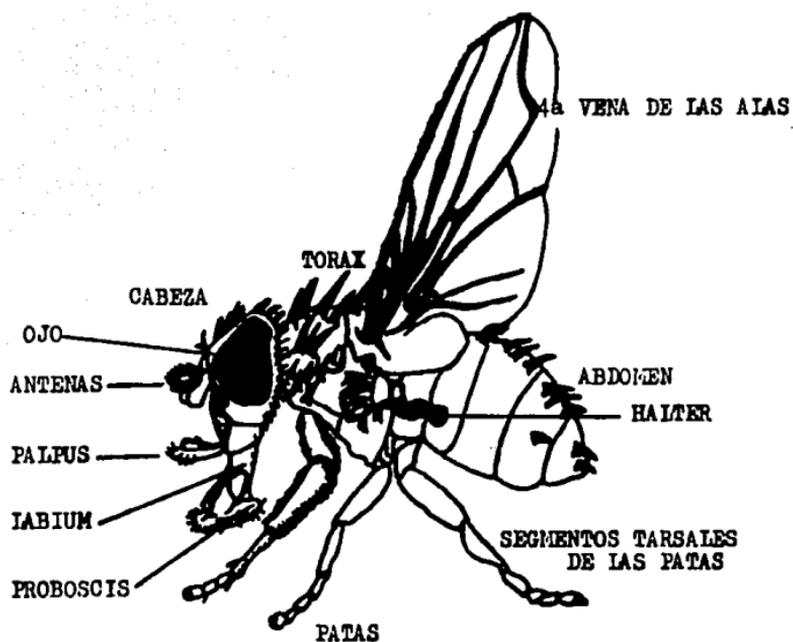


FIGURA II. ESTRUCTURA DE Musca domestica, L.

antenas, que tienen la característica de ser quimiosensibles (detectoras de olores y sabores). Los pelos finos de las antenas o arístae, son muy sensibles a los cambios de presión, lo cual previene a la mosca de los objetos que van cayendo sobre ella, lo que permite que escape de ellos.

La mosca adulto llega a su madurez sexual en tres o cuatro días después de su emersión y la oviposición se efectúa de cuatro a ocho días después de la copulación. Generalmente las oviposiciones cesan a una temperatura de diez grados centígrados.

La hembra camina sobre las superficies donde va a ovipositar, buscando grietas o hendiduras en donde los huevecillos se encuentren protegidos de la deshidratación, de la luz y de depredadores. Cuando encuentran un lugar adecuado, pone en funcionamiento determinados músculos del abdomen (el cual comprime) lo que ocasiona que el ovipositor salga introduciéndolo dentro de la grieta para que queden bien protegidos - los huevecillos.

El número de huevecillos que maduran en los ovarios de la hembra al mismo tiempo, varía entre 100 y 150 con un promedio cercano a 120. Durante su vida adulta, la hembra es capaz de efectuar de dos a siete oviposiciones alcanzando normalmente un promedio de quinientos huevecillos durante su vida. Requiere de casi todo el día para ovipositar y puede tomarle más tiempo si es interrumpida. La cantidad de huevecillos ovipositados va decreciendo conforme aumenta de edad la hembra y la máxima producción se logra en el segundo o tercer día de la oviposición.

Los machos adultos empiezan a morir a los tres o cuatro

días después de la emersión, pero la mayoría muere a los -- diez días después de iniciada la oviposición, aunque algunos pueden vivir hasta veinte días. La muerte de las hembras se inicia a los tres días de efectuada la oviposición y una pequeña porción de hembras logra vivir un máximo de cuarenta días.

Ciclo Biológico.

La Musca domestica, L. pasa por tres diferentes estadios biológicos antes de alcanzar la etapa de adulto:

- HUEVECILLO
- LARVA
- PUPA

Huevecillo.

Los huevecillos son de un color blanco perla y de forma ovoidal alargada. Miden aproximadamente un milímetro de largo, el diámetro mayor mide un poco más de un cuarto de su longitud. Ambos extremos son redondeados pero el anterior es más delgado y ahusado. La parte dorsal del huevecillo se reconoce fácilmente por la presencia de dos surcos longitudinales y curvos.

El tiempo requerido para que se efectúe el desarrollo embrionario varía mucho con respecto a la temperatura pero generalmente la eclosión se presenta veinticuatro horas después de efectuada la oviposición con temperaturas que van desde los quince grados hasta los veinte grados centígrados.

Larva.

La larva pasa a través de tres estadios de desarrollo para llegar a ser una larva madura. Se presentan cambios distintivos en su estructura en cada ecdisis (muda). No se presenta más división celular sino únicamente crecimiento corporal. Todos los estadios presentan en su estructura doce segmentos en donde el segundo o postral es realmente un segmento doble.

La larva no presenta ojos, patas, antenas u otros apéndices en ninguna de sus etapas de desarrollo. En el primer estadio larvario, solamente presentan dos espiráculos posteriores en la parte final truncada de su estructura y cada uno de ellos consiste en un par de pequeñas aberturas en forma de incisión ubicadas en una ligera prominencia. Después de la primera muda, las aberturas se alargan y se hacen más notorias. Los espiráculos posteriores del tercer estadio, tienen cada uno, tres aberturas de consistencia dura rodeadas por un anillo fuertemente quitinizado que se extiende hacia adentro.

El primer estadio larvario, después de la eclosión, se sucede en unas veinticuatro horas a cuatro días, dependiendo de las condiciones ambientales. El segundo, requiere de veinticuatro horas a varios días, mientras que el tercero de tres a nueve días antes de que la larva pupa.

Pupa.

El proceso de pupación consiste en una contracción del integumento de la larva para formar un puparium cilíndrico de unos 6.3 milímetros de largo en especies normales. La --



ESPIRACULOS
TRASEROS

FIGURA III. LARVA MADURA DE Musca domestica, L.
(APROXIMADAMENTE NUEVE VECES SU
TAMAÑO ORIGINAL).



FIGURA IV. PUPA DE Musca domestica, L.

pupa muestra un incremento gradual en su diámetro del frente a la parte trasera, los extremos de la pupa son redondeados y sin punta. El proceso completo puede efectuarse en seis - horas durante el cual el integumento gradualmente se oscurece hasta alcanzar un tono café oscuro. Indudablemente de be existir un estímulo hormonal que induce a la larva en su tercer estadio a que pupue.

El desarrollo pupal es un poco más lento que el de la - larva debido a que hay una tendencia de las larvas maduras en buscar un lugar más fresco y seco en donde realizar este proceso de metamorfosis. A temperaturas constantes de trein ta y cinco grados centígrados emergen moscas adultos en 3.5 días después de la pupación. En la naturaleza cinco días -- son los normales para que se produzca la emersión, en condi ciones adversas--se lleva varias semanas.

La emersión de las moscas adultos de la pupa se lleva a cabo por cambios en la presión sanguínea y retracciones de músculos especializados que no perduran en el adulto maduro. Las moscas recién emergidas caminan rápidamente mientras -- sus alas se desdoblán y su exoesqueleto se endurece. Por me dio de la eliminación de flúidos, las alas se despliegan y se tornan planas, delgadas y rígidas sostenidas por las ve nas longitudinales y las transversales. La quitina del cuer po se va oscureciendo para que finalmente cada parte tome su coloración característica.

El ciclo biológico de la mosca puede realizarse en ocho días si todos los estadios encuentran las condiciones óptimas para su desarrollo. En verano el promedio de su ciclo - es de diez días y en lugares más templados de dos semanas.

CAPITULO II MATERIAL Y METODOS

2.1 Cultivo y desarrollo de Musca domestica, L.

El material biológico del cual se partió para el establecimiento de la colonia de mosca fueron larvas de M. domestica, L. recolectadas en el estercolero del rancho "El Tejocote" localizado en Texcoco, Estado de México.

2.1.1 Insectario.

Se utilizó el insectario del laboratorio de Entomología del Departamento de Zoología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional.

- Equipo humidificador y de control de temperatura.
- Termómetro (0.5°C).
- Higrotermógrafo.
- Tres jaulas con armazón de madera y paredes y techo de --tela plástica y piso de madera -desarmables- de 0.45 x 0.48 x 0.45 metros (Basden, E.B. 1947. Figs. V).
- Cajas de Petri de plástico.
- 15 cubetas de plástico de 30 cm de altura y 25 cm de diámetro.
- 5 frascos de vidrio de 20 cm de altura y 15 cm de diámetro.
- 6 charolas de peltre de 30 x 20 x 5 cm.
- 3 charolas de aluminio de 50 x 35 x 7 cm.
- 2 tamices de 40 x 90 cm sobrepuestos con tela metálica de 3 mm de luz (Fig. VI).
- Recipiente para la cuantificación de huevecillos de 3 cm de altura y diámetro de 7 mm con divisiones cada 0.5 cm y el fondo de tela metálica de 1 mm de luz.

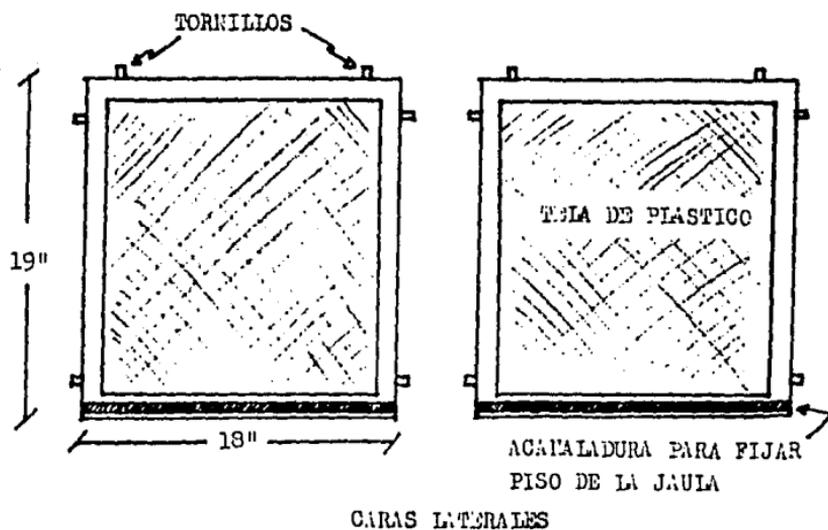
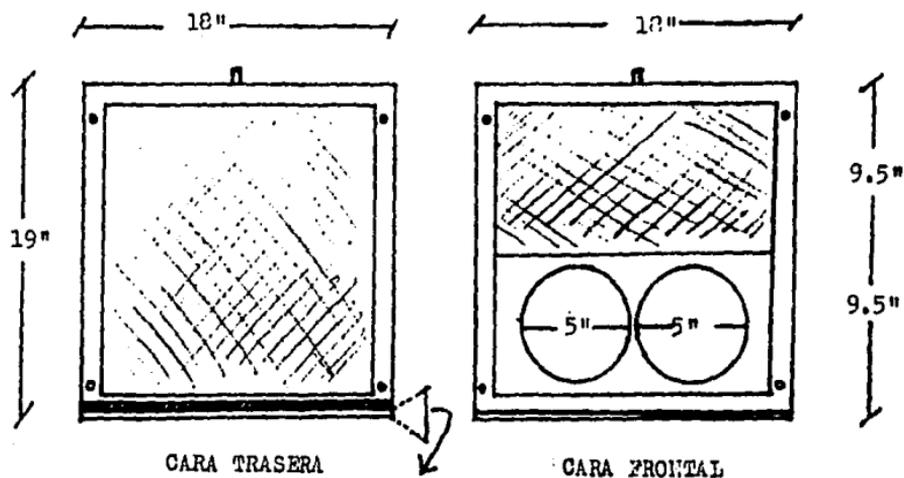


FIGURA V. PARTES COMPONENTES DE LA
JAULA PARA OVIPOSICION

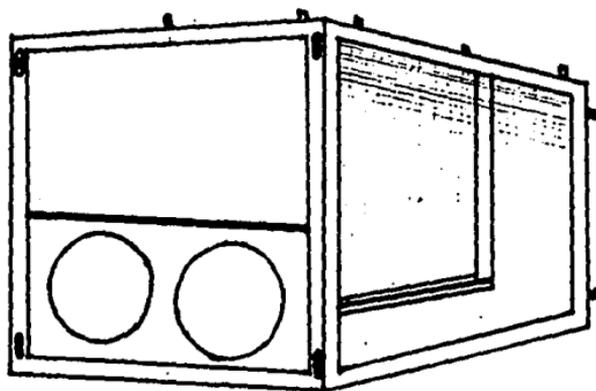
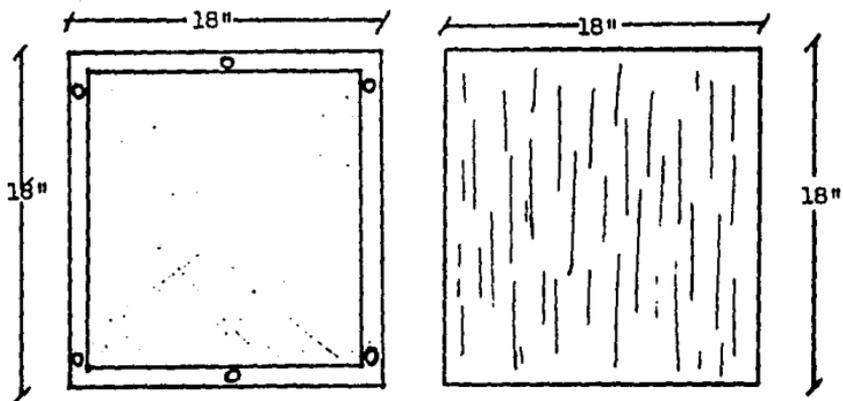


FIGURA V. VISTA FRONTAL DE LA JAULA
PARA OVIPOSICION.

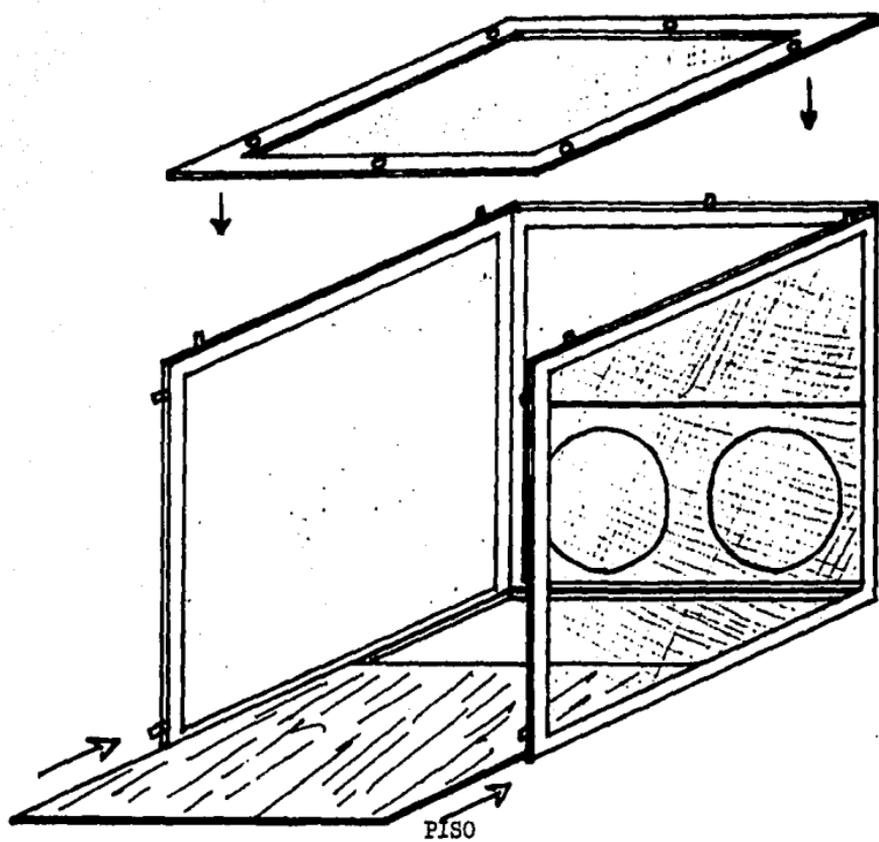


FIGURA V. JAULA PARA OVIPOSICION DESARMABLE.

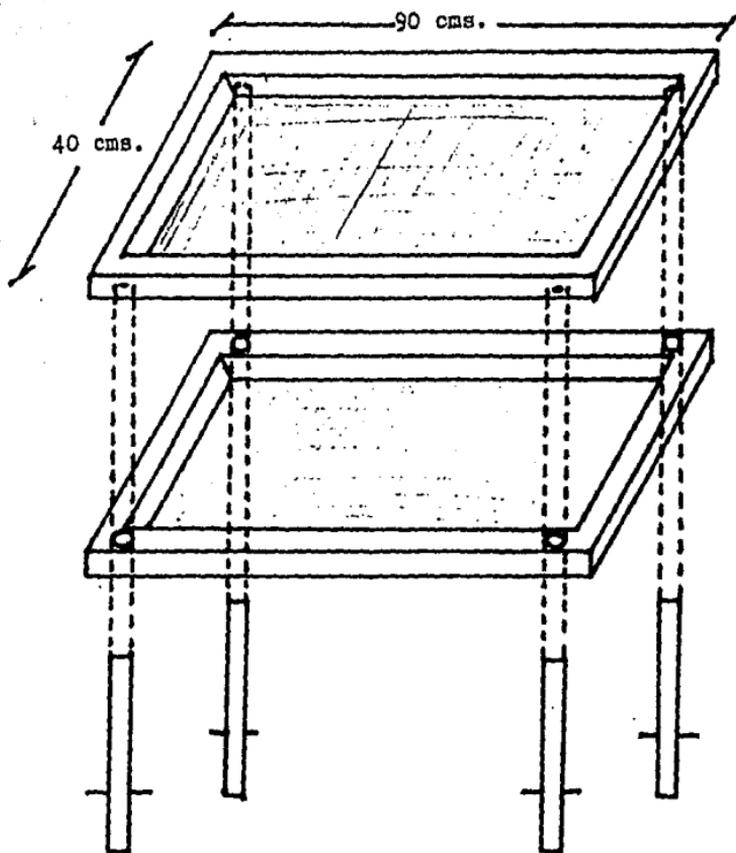


FIGURA VI. TAMICES SOBREPUESTOS PARA LA COSECHA DE LARVAS.

- 2 pinceles delgados y una brocha de 3.5 cm.
- Tela de organza, algodón y ligas de hule.

2.1.2 Medios para el desarrollo de Musca domestica, L.

Las materias primas utilizadas para la alimentación y de sarrollo de la mosca en sus diferentes estadios biológicos fueron para:

a) Larva:	SALVADO DE TRIGO	29.70%
	PILONCILLO	0.78%
	*LEVADURA DE CERVEZA	0.73%
	AGUA	68.79%

*Levadura deshidratada granulada (Saccharomyces cerevisiae).

b) Adultos:	LECHE DESCREMADA EN POLVO
	PILONCILLO
	AGUA

Estos últimos se proporcionaron en forma separada.

A continuación se describen otras dietas que se utilizaron sin éxito alguno con el fin de sustituir la dieta para adultos mencionada:

i) Azúcar y desperdicios de frutas.- Esta dieta no arrojó - buenos resultados debido a que este medio no proporcionó la cantidad de proteínas necesarias para un buen desarrollo de su sistema reproductor lo cual afectó la oviposición. Además este medio resultó ser muy susceptible a la contaminación -- con la mosca Drosophila melanogaster y con hongos.

ii) Espirulina y azúcar.- Esta tentativa tampoco dio resultado debido a que las oviposiciones efectuadas en base a -- esta dieta no fueron abundantes en número ni en cantidad de

huevo-cillos (únicamente se presentaron dos oviposiciones). Aparentemente el medio resultó ser atractivo para las moscas pero insuficiente para un buen desarrollo.

iii) Prothidex.- Nombre comercial de un hidrolizado de proteínas vegetales con una elevada concentración de cloruro de sodio. No resultó ser atractivo para las moscas debido a la gran cantidad de sal que contiene (Lodge, O.C. 1918) además, por ser un producto muy higroscópico, la mortandad dentro de la colonia aumentó notablemente ya que el medio, al adquirir una consistencia pegajosa quedaban las moscas atrapadas en él.

iv) Excremento de bovino.- Este medio se obtuvo de la granja experimental de la Universidad Autónoma de Chapingo y se esterilizó durante 15 minutos a 121°C con el objeto de destruir ácaros y huevo-cillos de otros insectos que pudieran contaminar el cultivo. Las observaciones realizadas sugirieron que el excremento no es un medio eficaz para la alimentación de moscas adultos porque solamente se presentó una sola oviposición y además escasa en huevo-cillos la cual se efectuó trece días después de la emergencia (siendo que normalmente se verifica tres o cuatro días después). A pesar de dichos resultados no se puede afirmar que este medio no es eficaz dado que es uno de los principales sustratos de donde estos insectos se alimentan y se desarrollan sus larvas.

v) Excremento de conejo.- Las heces fecales de conejo resultaron ser una buena fuente de alimentación y desarrollo para las moscas pero el principal problema que se tuvo fue el de la manipulación.

vi) Desperdicios de alimentos caseros.-- Este tipo de alimento resultó ser muy atractivo para la mosca presentándose en poco tiempo la oviposición. Los huevecillos se dejaron en el mismo medio pero el desarrollo de las larvas fue deficiente lo que dio como resultado la obtención de adultos pequeños. Se infiere que probablemente por lo avanzado de la composición del medio, su contenido desbalanceado de nutrientes y el pH influyeron en el escaso desarrollo alcanzado por las larvas. El empleo de estos desperdicios puede ser interesante siempre y cuando se logre llegar a una estandarización de los componentes nutricionales ya que como se trata de desperdicios alimenticios, no siempre son los mismos.

2.1.3 Técnica para el cultivo de Musca domestica, L.

En una jaula para oviposición se colocaron:

- 2,000 pupas de aproximadamente la misma edad (provenientes de las larvas recolectadas).
- Fuente de agua consistente en una caja de Petri conteniendo un algodón el cual se humedecía cada vez que fuera necesario.
- Alimento para adultos en cajas de Petri plásticas.

Después de siete a ocho días de iniciada la pupación emergieron los dípteros jóvenes y transcurridos tres o cuatro días más los adultos alcanzaron la madurez sexual.

El medio ambiente del insectario se mantuvo con temperaturas fluctuantes entre 14 y 27°C y la humedad relativa fue en promedio del 71%.

Manejo.-- La fuente de agua se utilizó como medio de ----

oviposición por lo que se dejaba en la jaula durante 24 horas y transcurrido este tiempo se inspeccionaba para verificar si se había efectuado la oviposición. Cuando no se llevaba a cabo se introducía nuevamente el medio a la jaula por otras 24 horas (de ser necesario se cambiaba el algodón por uno limpio). Cuando se realizaba, se colocaba dentro de la jaula una nueva fuente de agua y la ovipositada se ponía -- en una charola de peltre conteniendo agua y con ayuda de un pincel y una aguja de disección se realizaba la separación de los huevecillos de las fibras del algodón. Posteriormente se filtraba el agua a través de una tela de trama cerrada y los huevecillos se depositaban, con la ayuda del pincel, -- dentro del recipiente en donde se cuantificaban los huevecillos para luego sembrarlos en el medio de desarrollo larval contenido en una cubeta de plástico o frasco de vidrio. En la tabla IV se puede observar el número de huevecillos a -- sembrar en diferentes cantidades de medio.

TABLA IV. CANTIDAD DE HUEVECILLOS A SEMBRAR
EN DIFERENTES CANTIDADES DE ALIMENTO.

CANTIDAD DE HUEVECILLOS	ALIMENTO (GRANOS)	
	BASE SECA	BASE HUMEDA
100	40.38	126
500	201.90	630
1,000	403.80	1,260
1,500	605.70	1,890
2,000	807.60	2,520
2,500	1,009.55	3,150

Se cuidó de distribuir uniformemente los huevecillos en el sustrato. Los recipientes se taparon con tela de organza ajustándola a la boca de éstos por medio de una liga para evitar que las larvas escaparan del medio.

Incubación.- Una vez sembrados los huevecillos se dejaron incubando bajo las condiciones de temperatura y humedad relativa expresadas. Transcurridas de 12 a 36 horas se presentó la eclosión.

Desarrollo larval.- En promedio se permitió que las larvas se desarrollaran durante siete u ocho días después de la eclosión y al término de este tiempo se realizaba la cosecha de las mismas impidiendo con esto que puparan. Se estuvieron registrando las temperaturas del medio de desarrollo larval para evitar que ésta subiera de 45°C.

Cosecha de larvas.- Se efectuó vertiendo el medio contenido en los recipientes sobre dos tamices sobrepuestos y se colocó bajo una fuente de luz infrarroja.

Debido al fototropismo negativo de las larvas, éstas se introdujeron en el medio pasando a través de las mallas y se recolectaron en unas charolas de aluminio situadas por debajo de los tamices. Para separar los residuos de alimento que llegaban a fluir junto con las larvas el material se cribaba nuevamente. Las larvas limpias se colocaron en un recipiente que contenía agua hirviendo para matarlas.

Las larvas, una vez muertas, se dejaron secar a temperatura ambiente en charolas de plástico y una vez deshidratadas se molieron. La harina resultante se sometió a una serie de análisis químicos, microbiológicos y biológicos.

Parte de las larvas cosechadas (las de cinco recipientes destinadas a la producción de adultos) se dejaban en las -- charolas recolectoras con el objeto de que continuaran con su ciclo biológico. Al pasar las larvas al estadio de pupa, se tuvo cuidado en no manejar bruscamente a éstas para que no sufrieran daño alguno, lo cual hubiera podido repercutir en la obtención de adultos sanos. Las pupas se introdujeron en las jaulas para oviposición contenidas en una caja de -- Petri y transcurridos de 15 a 17 días, desde la oviposición, emergían los adultos dando principio a un nuevo ciclo.

2.2 Evaluaciones químicas.

2.2.1 Laboratorio.

- Macrokjeldhal (digestor y destilador).
- Soxhlet con cartuchos para extracción.
- Digestor para determinación de fibra cruda.
- Analizador de aminoácidos Beckman 120 B.
- Estufa de cultivo y mufla.
- Balanza granataria y eléctrica.
- Embudo Büchner.
- Cápsulas de aluminio con tapa para determinación de humedad.
- Crisoles de porcelana.
- Papel filtro Whatman # 7 sin cenizas.
- Papel tornasol.
- Perlas de ebullición.
- Cristalería: matraces Kjeldhal de 500 ml, vasos de Berzelius de 500 ml, matraces Kitazato de 500 ml y material -- básico.

2.2.2 Reactivos:

- Mezcla catalizadora de selenio.
- Acido sulfúrico concentrado.
- Solución de hidróxido de sodio al 40% (P/V).
- Granalla de cinc.
- Solución de ácido bórico al 4% (P/V).
- Indicador de Wasselow (2 partes de una solución alcohólica al 0.1% de rojo de metilo y una parte de una solución alcohólica de azul de metileno de igual concentración).
- Acido clorhídrico 0.1 N (valorado).
- Asbesto preparado (método 7.062-c del AOAC, 13a Ed. 1980).
- Solución de ácido sulfúrico al 1.25% (P/V).
- Solución de hidróxido de sodio al 3.25% (P/V).
- Solución ácida de pepsina (0.2% de pepsina -actividad de 1:10,000- en ácido clorhídrico 0.075 N).
- Acido clorhídrico 6 N.
- Solución amortiguadora de pH 2.2.

2.2.3 Determinaciones bromatológicas.

i) Humedad.- Se pesaron dos gramos de muestra de harina de larva y se colocaron en una cápsula de aluminio con tapa -- previamente puesta a peso constante y se deshidrató en estufa a una temperatura de 100-110°C hasta peso constante.

ii) Cenizas.- Se determinaron según la técnica 7.009 del -- AOAC, 13 Ed. 1980.

iii) Proteína cruda.- Se pesó aproximadamente un gramo de muestra en un papel libre de nitrógeno y se colocó en un matraz Kjeldhal. Se añadieron perlas de ebullición, tres gramos de mezcla catalizadora de selenio y 25 ml de ácido ---

sulfúrico concentrado.

Se colocó el matraz en la parrilla del digestor y se mantuvo en calentamiento hasta que la solución se tornó clara y sin ningún punto negro. Se dejó enfriar durante 30 minutos, se agregaron 400 ml de agua destilada para disolver completamente la mezcla sólida. Se estratificó por las paredes del matraz la cantidad de 80 ml de hidróxido de sodio al 40% y se adicionaron granallas de cinc.

Se procedió a destilar tapando rápidamente el matraz y agitando su contenido. El destilado se recibió en un matraz Erlenmeyer de 500 ml conteniendo 50 ml de ácido bórico al 4% y cinco gotas del indicador de Wasselow. Se destilaron aproximadamente 250 ml de la solución problema. El exceso de ácido bórico se tituló con ácido clorhídrico 0.1 N hasta el vire de color (a violeta). Se calculó el porcentaje de nitrógeno en la muestra y se multiplicó por el factor correspondiente para obtener la cantidad de proteína cruda.

iv) Extracto etéreo.- Método 7.056 del AOAC, 13a Ed. 1980.

v) Fibra cruda.- Método Kennedy modificado. Este análisis se realizó en el Departamento de Graduados en Alimentos de la ENCB del IPN.

En un vaso de Berzelius se colocaron aproximadamente de 0.5 a 1.0 gramos de muestra seca y desengrasada y se añadieron 0.1 gramos de asbesto preparado además de 50 ml de ácido sulfúrico al 1.25% hirviendo. Se dejó digerir la muestra durante 30 minutos, posteriormente se adicionaron 50 ml de una solución de hidróxido de sodio al 3.25% hirviendo y se

dejó digerir nuevamente durante 30 minutos.

La muestra digerida se filtró en caliente a través de un papel Whatman # 7 libre de cenizas y de peso conocido utilizando un embudo de Büchner. Se lavó el residuo con agua caliente hasta eliminar el álcali. Se añadió ácido sulfúrico al 1.25% hasta alcanzar ligera acidez al papel tornasol (para eliminar sustancias que pudieran haber precipitado con el álcali) y se lavó con agua destilada hasta que la muestra digerida quedó libre de acidez.

Se pasó cuantitativamente el papel filtro conteniendo el residuo a un crisol previamente puesto a peso constante. Se restó el peso del papel filtro al peso del crisol y se incineró la muestra con mechero para después calcinarla en mufla a 550°C hasta peso constante.

Cálculos.- La pérdida de la masa corresponde a la fibra cruda en la muestra desengrasada.

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{\text{gramos de fibra cruda}}{\text{peso muestra}} \times 100$$

vi) Carbohidratos asimilables.- Se obtuvieron por diferencia.

2.2.4 Digestibilidad.

La digestibilidad de la harina de larva de mosca se determinó conforme la técnica 43.215 del AOAC, 13a Ed. 1980.

2.2.5 Análisis de aminoácidos.

En una ampolleta de vidrio se pesaron 50 miligramos de muestra seca y desengrasada; se añadió 1 ml de ácido ----

clorhídrico 6 N. Se selló la ampollita al vacío con calor - y se dejó digerir la muestra durante 24 horas en estufa a una temperatura de 100-105°C. Transcurrido el tiempo, se sacó la muestra de la ampollita y se pasó a través de una pipeta Pasteur rellena con fibra de vidrio para eliminar los residuos de carbón. Posteriormente se secó durante 12-14 horas en un desecador al vacío. Una vez seca la muestra se le añadió 1 ml de una solución amortiguadora de pH 2.2 y se volvió a pasar a través de una pipeta Pasteur rellena con fibra de vidrio (limpia). De la muestra filtrada se inyectaron 10 microlitros al analizador de aminoácidos.

Sobre la base de este último análisis se calculó la cuenta química de la harina de mosca tomando como referencia el patrón aminoacídico de la FAO utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Cuenta química} = \frac{\text{mg de a.ac. en 1 g de proteína exp.}}{\text{mg de a.ac. en 1 g de proteína ref.}} \times 100$$

2.3 Evaluaciones microbiológicas.

2.3.1 Laboratorio.

- Estufa de cultivo, autoclave, asa y portasa.
- Frascos de vidrio de una capacidad de 200 a 250 ml con tapón de rosca, tubos de ensaye de 13 x 100 mm.
- Pipetas graduadas de 1 a 10 ml.
- Cajas de Petri de 100 x 15 mm.

2.3.2 Medios de cultivo y reactivos.

- Agar de soya tripticase (manual BBL No. cat. 11042).
- Agar de bilis y rojo violeta (manual BBL No. cat. 11806).
- Agar de Levine EMB (manual BBL No. cat. 11220).

- Agar de citrato de Simmons (manual BBL No. cat. 11619).
- Medio de SIM (manual BBL No. cat. 11577).
- Caldo de MRVP (manual BBL No. cat. 11382).
- Agar de papa-dextrosa (manual BBL No. cat. 11583).
- Solución amortiguadora diluyente:

KH_2PO_4 34 g
 Agua destilada 500 ml

Se disolvió el fosfato en agua destilada y se ajustó el pH a 7.2 con hidróxido de sodio 1 N. Se aforó a un litro -- con agua destilada y se esterilizó durante 20 minutos a --- 121°C. Se conservó en refrigeración. Se tomó una alícuota - de 1.25 ml de la solución patrón y se llevó a un litro con agua destilada (esta fue la solución de trabajo). Se distribuyeron en porciones según se requirió y se esterilizó a -- 15 lb/plg² durante 15 minutos. El pH después de esterilizada la solución fue de 7.2.

- Reactivo de Kovac:

p-dimetil-aminobenzaldehído 5 g
 Alcohol amílico 75 ml
 Ácido clorhídrico concentrado ... 25 ml

Se disolvió el p-dimetil-aminobenzaldehído en el alcohol amílico y se le añadió luego el ácido clorhídrico concentrado lentamente. Se conservó en un frasco ámbar.

- Indicador rojo de metilo:

rojo de metilo 0.1 g
 alcohol etílico 300.0 ml
 agua destilada 500.0 ml

- Solución de hidróxido de potasio al 40%.

hidróxido de potasio 40.0 g
 agua destilada aforo a 100 ml

- Solución de alfa naftol:

alfa naftol 5.0 g
alcohol etílico 100.0 ml

2.3.3 Determinaciones microbiológicas.

i) Cuenta total de mesofílicos aerobios.- Se hizo por conteo en placa utilizando como medio de cultivo agar de soya triplicase. Se tomó un gramo de muestra y se hicieron las diluciones necesarias. Se transfirió un ml de cada dilución a cajas de Petri esterilizadas y se añadió a cada una de ellas de 10 a 12 ml del medio de cultivo esterilizado y enfriado a 45°C. Se homogenizó bien el medio con el inóculo. Se dejó solidificar el medio y se incubaron las cajas durante 48 horas a una temperatura de 35-37°C; pasado este tiempo se cuantificaron las colonias.

ii) Coliformes.- Se determinaron por conteo en placa usando agar bilis y rojo violeta. Se realizaron las diluciones necesarias con un gramo de muestra. Se tomaron de 1 a 3 ml de las diluciones preparadas y se transfirieron a cajas Petri esterilizadas. Se adicionaron a éstas 10-12 ml del medio de cultivo a 45°C, ya esterilizado, y se homogenizó el inóculo por medio de agitación suave. Se dejó solidificar y se añadió una segunda capa del mismo medio de aproximadamente -- 5 ml. Se incubaron las cajas a 35°C de 18 a 24 horas y se hizo el conteo de las colonias.

Identificación de Escherichia coli.

Un número representativo de las colonias desarrolladas en el medio anterior, se sembraron en agar de Levine MIB para la identificación de E. coli. Las cajas se incubaron -

18-24 horas a una temperatura de 37°C.

A las colonias sospechosas se les identificó bioquímicamente por medio de las reacciones del IMViC;

- Agar citrato de Simmons.- Se distribuyó este medio en volúmenes de 2 a 3 ml en tubos de ensaye y se esterilizó a 121°C durante 15 minutos; se dejó enfriar en posición inclinada. El medio se inoculó por estría y se incubó durante 96^h 2 horas a 35°C.

- Medio de SIM.- Se distribuyeron de 2 a 3 ml del medio en tubos de ensaye y se esterilizaron a 121°C durante 15 minutos; se dejó solidificar en posición vertical. Los tubos se inocularon por medio de picadura y se incubaron durante 24 horas a 35°C. A los tubos que presentaron crecimiento se les añadió el reactivo de Kovac (0.2 a 0.3 ml) para verificar la producción de indol.

- Medio RMVP.- Se distribuyó el medio en tubos de ensaye en cantidades de 3 ml y se esterilizaron a 121°C durante 16 minutos. Inoculado el medio se incubó durante 48 horas a 35°C; posteriormente se realizó la prueba de Vogues-Proskauer. - Otros tubos se dejaron incubar 96 horas y en los cuales se realizó la prueba de rojo de metilo.

Para la prueba de Vogues-Proskauer se transfirió a un tubo de ensaye un mililitro del cultivo que se desarrolló durante 48 horas y se le adicionaron 0.6 ml de la solución de alfa naftol y 0.2 ml de la solución de hidróxido de potasio al 40%. Se agregaron también unos cristales de creatinina. Transcurridas cuatro horas se llevó a cabo la lectura.

La prueba del rojo de metilo se realizó pasando a un tubo de ensaye 2 ml del cultivo desarrollado durante 96 horas al cual se le agregaron 2-3 gotas de la solución de rojo de metilo para hacer la lectura correspondiente.

iii) Hongos y levaduras.- Se realizó por conteo en placa -- utilizando agar de papa-dextrosa. Se tomó un gramo de muestra y se realizaron las diluciones necesarias. Estas se -- transfirieron en cantidades de un mililitro a cajas de Petri esterilizadas y se añadieron 10-12 ml del medio de cultivo a una temperatura de 45°C previamente esterilizado, se homogenizó el inóculo y se dejó solidificar. Se incubaron las $\frac{1}{2}$ placas a temperatura ambiente durante cinco días; transcurridos éstos se cuantificaron las colonias.

2.4 Evaluación biológica.

2.4.1 Bioterio.

Se estableció en un cuarto de 3 x 1.5 x 2 metros ubicado en una casa habitación.

- 12 ejemplares de rata Wistar (Rattus norvegicus) recién - destetadas de 21 a 28 días de edad.
- Radiador eléctrico.
- Ventilador.
- Termómetros (0.5°C).
- 12 jaulas metabólicas con comederos y bebederos.
- Balanza granataria para ratas.
- Batidora manual de plástico.
- Probeta de 100 ml.
- Vasos de precipitados.
- 2 charolas de peltre de 40 x 30 x 2.5 cm.

2.4.2 Medios para el desarrollo de las ratas.

- Caseína libre de vitaminas.
- Harina de larva de Musca domestica, L.
- Aceite de maíz. Arancia Aceites La Gloria, S.A. de C.V. Guadalajara, Jal. México.
- Fécula de maíz "Maizena". Productos de Maíz, S.A.
- Azúcar comercial (sacarosa).
- Celulosa en polvo. Cat. No. 160390. Teklad Test Diets. Madison, Wisconsin, E.U.A. Distribuido por Industrias Niza, S.A., México, D.F.
- Mezcla de minerales. Mineral Mix Rogers-Harper. Cat. No. 170760. Teklad Test Diets. Madison, Wisconsin, E.U.A. -- Distribuido por Industrias Niza, S.A., México, D.F.
- Olavite-M Therapeutic Vitamins and Minerals. Walgreen Laboratories Inc. Chicago, Ill.

2.4.3 Elaboración de dietas.

a) Dieta problema.- Se preparó conforme lo establece la técnica 43.212 del AOAC, 13a Ed. 1980. A esta dieta se le determinó proteína cruda (sección 2.2.3).

b) Dieta de referencia.- Se elaboró según el método 43.212 del AOAC, 13 Ed. 1980. La caseína utilizada se analizó bromatológicamente y a la dieta preparada se le determinó proteína cruda (sección 2.2.3).

Los componentes de las dietas se manejaron de la siguiente manera:

- Todos los ingredientes en polvo (las vitaminas se pulverizaron) se mezclaron perfectamente en un recipiente de plástico.

- A la mezcla anterior se le incorporó el agua y luego - el aceite. Con una batidora manual de plástico se homogenizó perfectamente la mezcla.

El alimento que no se utilizaba al momento se mantuvo en refrigeración.

2.4.4 Determinación de la relación de eficiencia proteínica (PER).

Se realizó conforme la técnica 43.215 del AOAC, 13 Ed. - 1980.

CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Resultados.

3.1.1 Cultivo de Musca domestica, L.

Duración promedio del ciclo biológico:

<u>ESTADIO</u>	<u>TIEMPO EN DIAS</u>
HUEVECILLO	1 a 2
LARVA	6 a 7
PUPA	5 a 6

El ciclo biológico abarcó en promedio de 12 a 15 días -- desde la etapa de huevecillo hasta la de adulto joven.

La vida promedio del adulto fue de 18 a 19 días (la muerte de estos fue inducida retirándoles el alimento con el objeto de poder seguir manejando los recién emergidos).

La obtención de adultos y larvas para la elaboración de la harina abarcó cuatro meses y en este tiempo se produjeron un promedio de 10 a 11 oviposiciones manejándose un total de cuatro generaciones de las cuales se desechó una por mal manejo.

Se sembraron un total de 119 500 huevecillos aproximadamente y la cosecha de las larvas se realizó por lo general a los ocho días de sembrados los huevecillos, obteniéndose la materia prima adecuada para elaborar la harina (tomando en cuenta su ciclo biológico) evitando que puparan. Se obtuvieron un total de 2.302 kilogramos de larvas (aproximadamente 100, 100 larvas) de las cuales se produjeron la canti

dad de 630.74 gramos de harina (base seca) lo que nos da un total de 401.213 gramos de proteína. Se utilizaron en forma aproximada 16,000 moscas adultos durante todo el período de experimentación.

La harina obtenida presentó un color café- amarillo y su olor fue parecido al de camarón seco. Al degustarse se percibió un sabor salado y de ninguna manera fue desagradable o repulsivo.

Las temperaturas registradas en el insectario fueron de 14 a 27°C. La temperatura promedio registrada en los medios para el desarrollo larval fue de 36°C. La humedad relativa del aire en promedio fue de 71%.

3.1.2 Análisis bromatológicos.

TABLA V. ALIMENTO PARA DESARROLLO LARVAL

CONCEPTO	BASE HUMEDA (%)	BASE SECA (%)
HUMEDAD	69.6	-
CENIZAS	1.9	6.3
PROTEINA CRUDA ₁	2.9	9.5
EXTRACTO ETereo	0.3	1.0
FIBRA CRUDA	3.2	10.5
CARBOHIDRATOS ₂	22.1	72.7

1 Factor de conversión 5.25

2 Carbohidratos asimilables calculados por diferencia.

TABLA VI. CASEINA PARA DIETA DE REFERENCIA.

CONCEPTO	BASE HUMEDA (%)	BASE SECA (%)
HUMEDAD	5.7	-
CENIZAS	2.0	2.2
PROTEINA CRUDA ₁	91.36	96.88
EXTRACTO ETereo	-	-
FIBRA CRUDA	-	-
CARBOHIDRATOS ₂	0.94	0.92

1 Factor de conversión 6.38

2 Carbohidratos asimilables calculados por diferencia.

TABLA VII. LARVA Y HARINA DE LARVA DE Misca domestica, L.

CONCEPTO	LARVA ₃	HARINA	
	bh (%)	bh (%)	bs (%)
HUMEDAD	72.6	6.0	-
CENIZAS	1.7	5.7	6.1
PROTEINA CRUDA ₁	17.4	59.8	63.61
EXTRACTO ETereo	4.7	16.1	17.1
FIBRA CRUDA	2.4	8.2	8.7
CARBOHIDRATOS ₂	1.2	4.2	4.49

1 Factor de conversión 6.25

2 Carbohidratos asimilables calculados por diferencia.

3 Datos calculados. Humedad a partir de literatura.

3.1.3 Análisis microbiológico.

TABLA VIII. HARINA DE LARVA DE Musca domestica, L.

DETERMINACION	MICROORGANISMOS POR GRANO DE ALIMENTO
Cuenta total de mesofílicos aerobios	16 x 10 ⁶
Coliformes totales	2 x 10 ⁵
Coliformes patógenos	negativo
Hongos	120
Levaduras	negativo

3.1.4 Digestibilidad.

La digestibilidad de la harina de mosca fue del 91.85% mientras que la de la caseína de la leche de vaca es de --- 96.3% (FAO, 1970).

3.1.5 Determinación de aminoácidos.

TABLA IX. COMPOSICION AMINOACIDICA DE LA PROTEINA DE LA LARVA DE Musca domestica, L.

AMINOACIDO	g/100 g DE PROTEINA	PATRON FAO
Acido aspártico	6.9933	-
Serina	2.1486	-
Acido glutámico	10.6713	-
Prolina	2.1023	-
Glicina	3.1360	-
Alanina	3.3666	-

(continuación)

Cisteína	0.0933	-
Tirosina	5.3952	-
Histidina	3.2015	-
Arginina	4.2644	-
Treonina	2.7172	4.48
Valina	3.3556	6.72
Metionina	2.1673	3.52
Isoleucina	2.8833	6.72
Leucina	5.2728	7.68
Fenilalanina	7.0996	4.48
Lisina	7.4877	6.72

La harina presentó un índice químico de 42.8% siendo su aminoácido limitante la isoleucina (esto es sin tomar en cuenta el triptofano debido a que este no fue posible cuantificarlo).

3.1.6 Evaluación biológica (PER).

TABLA X. COMPOSICION DE LAS DIETAS PARA LA DETERMINACION DEL P.E.R.

CONCEPTO	DIETA EN BASE A:	
	LARVA DE MOSCA (g)	CASEINA (g)
AGUA	3.9	4.4
MINERALES	4.0	4.8
VITAMINAS	1.0	1.0
GRASA	5.3	8.0
CELULOSA	1.3	1.3
FUENTE PROTEINICA	16.7	11.2
CARBOHIDRATOS ₁	67.8	69.3

1 Fécula de maíz (70%) y sacarosa (30%).

Se determinó proteína cruda en cada una de las dietas -
obteniéndose 10.04% para la dieta de referencia y 10.08% -
en la dieta experimental.

TABLA XI. ALIMENTO CONSUMIDO Y PESOS PROMEDIO DE LAS RATAS.

DIA EXPERIMENTO	ALIMENTO CONSUMIDO (GRAMOS)				PESO RATAS (GRAMOS)			
	DIETA A ₁		DIETA B ₂		DIETA A ₁		DIETA B ₂	
	<u>*sd</u>	<u>*sd</u>	<u>*sd</u>	<u>*sd</u>	<u>*sd</u>	<u>*sd</u>	<u>*sd</u>	<u>*sd</u>
0	-	-	-	-	46.2	8.4	44.9	3.0
4	28.6	3.6	31.9	1.1	55.5	9.0	57.7	5.4
7	61.1	4.2	62.5	2.0	69.7	9.8	69.5	3.3
11	103.9	12.1	113.4	15.1	81.7	10.9	89.5	11.0
16	161.3	23.9	176.5	31.8	87.2	21.3	106.2	16.8
21	224.1	39.5	246.6	48.5	101.8	27.1	124.2	22.0
25	281.4	46.3	305.1	56.8	114.5	38.1	141.5	22.7
28	314.1	51.5	350.7	64.5	129.6	31.1	159.8	33.8

1 DIETA A en base a caseína.

2 DIETA B en base a larva de Musca domestica, L.

*sd desviación estandar.

TABLA XII. RELACION DE EFICIENCIA PROTEINICA PARA LA
DIETA EN BASE A CASEINA.

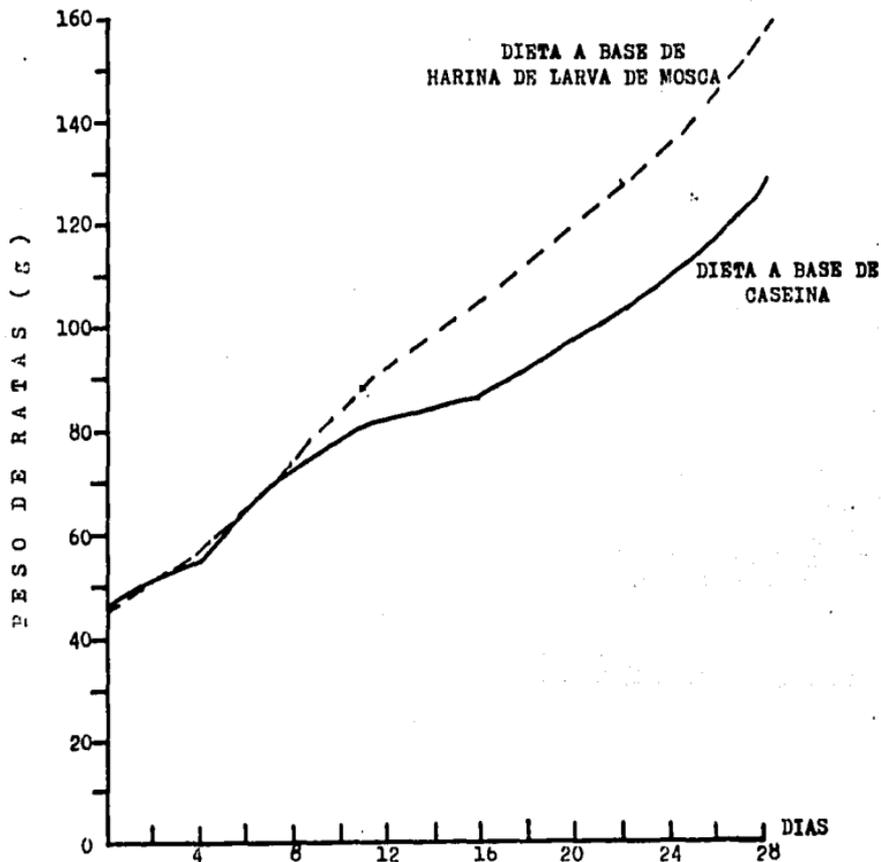
RATA	ALIMENTO CONSUMIDO (g)	PROTEINA CONSUMIDA (g)	INCREMENTO EN PESO (g)	PER
I	268.8	26.9	63.3	2.34
IV	352.0	35.3	107.2	3.03
V	307.9	30.9	83.1	2.68
VI	247.2	24.8	44.6	1.79
VIII	322.6	32.4	94.7	2.92
XI	386.1	38.7	107.8	2.78
	$\bar{x} = 314.1$ sd = 51.49	$\bar{x} = 31.5$ sd = 5.16	$\bar{x} = 83.5$ sd = 25.29	$\bar{x} = 2.59$ sd = 0.45

TABLA XIII. RELACION DE EFICIENCIA PROTEINICA PARA LA
DIETA EN BASE A LA LARVA DE MOSCA.

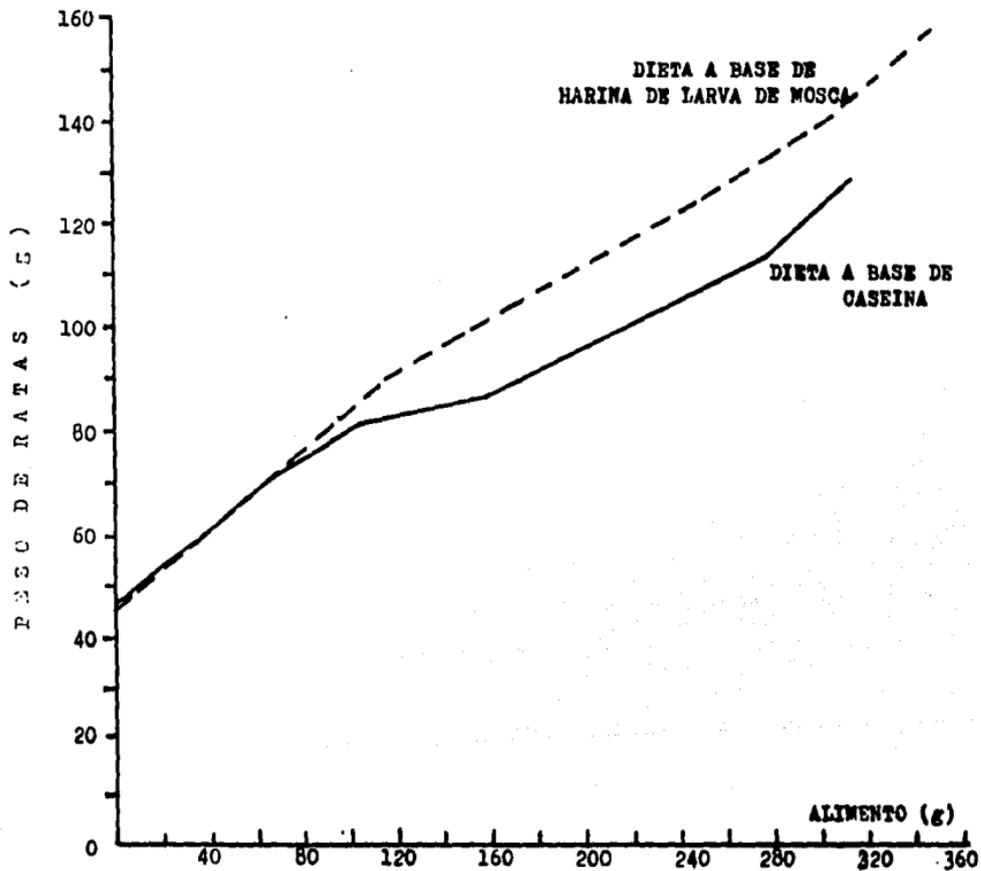
RATA	ALIMENTO CONSUMIDO (g)	PROTEINA CONSUMIDA (g)	INCREMENTO EN PESO (g)	PER
II	450.6	45.4	162.1	3.57
III	322.6	32.5	108.9	3.35
VII(1)	-	-	-	-
IX	373.0	37.5	120.8	3.21
X	325.5	32.7	106.3	3.24
XII	281.8	28.4	76.0	2.67
	$\bar{x} = 350.7$ sd = 64.51	$\bar{x} = 35.3$ sd = 6.5	$\bar{x} = 114.8$ sd = 31.16	$\bar{x} = 3.21$ sd = 0.33

(1) Estos datos no se consideraron porque la rata murió.

GRAFICA II. CURVA DE CRECIMIENTO DE RATAS



GRAFICA III. RELACION PESO RATA-CONSUMO DE ALIMENTO



3.2 DISCUSION.

3.2.1 Cultivo de Musca domestica, L.

Dentro del insectario se presentaron problemas en cuanto al control de la humedad relativa del aire y la temperatura, de ahí que hubiera tanta variación en estos parámetros con respecto a las condiciones teóricas de 27°C de temperatura y una humedad relativa de 70%. En ocasiones el humidificador automático se descomponía teniendo que ser sustituido por un humidificador de tipo doméstico y de la misma manera, cuando el termostato no funcionaba adecuadamente, se cubría esta deficiencia con un par de radiadores eléctricos. A pesar de estos inconvenientes se logró mantener el medio ambiente del insectario, sino en condiciones óptimas, sí en rangos aceptables. Esto, sin embargo, influyó directamente en la duración del ciclo biológico de la mosca de una manera negativa. La duración de este ciclo a las condiciones teóricas de humedad relativa y temperatura mencionadas es de ocho días contra los doce a quince días que se registraron prácticamente.

Es necesario contar con un equipo adecuado para obtener un estricto control sobre dichas variables, dado que éstas son de gran importancia porque influyen directamente en el desarrollo de las moscas adultas y las larvas.

La temperatura de los medios de desarrollo larval que se registró como promedio fue de 36°C, la cual tampoco fue la óptima que es de 40 a 42°C. La temperatura mínima alcanzada fue de 28°C y la máxima de 45°C. Esta variación de temperatura repercutió en el tiempo de desarrollo larval (Wilkes, 1948). Estas fluctuaciones podrían evitarse acondicionando

dentro del medio un serpentín por el cual circulara agua cu ya temperatura pudiera ser controlada para así lograr un ma yor control de este parámetro a lo largo de la fermentación del medio y por tanto optimizar el proceso.

Otro de los problemas que se presentaron durante el esta blecimiento de la colonia de mosca fue el medio de oviposición. Originalmente la técnica señalaba que la oviposición debería realizarse en el mismo medio a utilizar para el desarrollo larval, sin embargo, sucedió que se tuvo la necesidad de cuantificar los huevecillos a sembrar para evitar la sobrepoblación del medio de desarrollo. Debido a esto, la separación de los huevecillos del medio se dificultó porque se encontraban mezclados con éste impidiendo su cuantificación. Esto originó que el medio de oviposición original se sustituyera por un algodón empapado con agua (fuente de --- agua) basándose en la observación del comportamiento de estos dípteros, logrando así una fácil separación de los huevecillos ovipositados. Cuando la oviposición llegó a ser es casa, los huevecillos quedaban atrapados entre las fibras del algodón por lo que bajo estas circunstancias se tuvo -- que prescindir del conteo y sembrar directamente los huevecillos en el medio con todo y algodón.

En lo que se refiere a la separación de las pupas del me dio de desarrollo larval por medio de flotación, ésta resultó ser eficiente siempre y cuando se trate de grandes cantidades de pupas por lo que tuvo que cambiarse la técnica de trabajo, empleando en lugar de la flotación, la separación de larvas, una vez alcanzada su madurez (antes de pupar), a través de dos tamices superpuestos y una fuente de luz infrarroja. Una vez separadas las larvas del medio de desarrollo a parte de ellas se les dejó continuar su ciclo biológico.

La separación de las larvas por este medio resultó, en cierto modo, práctico pero tiene el inconveniente de que no todas las larvas del medio traspasan las telas metálicas -- por lo que fue preciso revisar en forma manual el sustrato lo cual resultó ser tardado y tedioso. El sistema de separación se podría mejorar utilizando otros tamices más selectivos para lograr que la cantidad de alimento que lograra pasar junto con las larvas fuera la mínima. También se podría pensar en adaptar un vibrador de baja intensidad para favorecer el paso de las larvas a través de las mallas.

Se probó otra técnica para la cosecha de larvas basada en la capacidad de migración de las mismas que están por pupar a medios más secos (Ascher, K.R.S. 1961). El medio de cultivo en donde se encontraban las larvas totalmente desarrolladas se sobrehumidificó para que éstas salieran del mismo y del recipiente que las contenía y cayeran en una charola recolectora. Los resultados obtenidos no fueron satisfactorios ya que, aunque sí se presentó el fenómeno de migración, una gran cantidad de larvas permaneció en el medio y perecieron ahogadas.

La deshidratación de las larvas se realizó a temperatura ambiente en un período de aproximadamente cuatro o cinco días debido a que no se contaba con una estufa de laboratorio en el insectario, pero aún así, la harina presentó solamente un 6% de humedad. Además, durante este tiempo no se presentaron problemas en lo que a descomposición de las larvas se refiere.

5.2.2 Evaluaciones de la harina de larva de Musca domestica.

El contenido proteínico de la harina de larva de mosca -

según el análisis bromatológico realizado es de 59.8% en base húmeda y de 63.61% en base seca por lo tanto es una buena fuente de proteínas.

Si comparamos este resultado con el obtenido por Teotia y Miller (1974) analizando pupas de mosca doméstica, vemos que estas últimas presentan 61.4% de proteínas existiendo una diferencia del 1.6% entre ambas muestras. Esta diferencia no se considera de importancia debido a que parte del nitrógeno cuantificado en las pupas forma parte de una proteína llamada esclerotina la cual es dura y resistente a la mayoría de las enzimas y agentes químicos (West, L. 1951).

Comparando la composición proteínica de la harina en estudio con diferentes alimentos convencionales encontramos que en algunos casos éstos son superados por la harina de larva de mosca. Por ejemplo, la leche entera en polvo contiene 27.6% de proteínas y el pescado seco salado 81.8% contra el 63.6% de proteínas de la harina. Aunque cuantitativamente sea mejor la proteína de esta última, con respecto a la proteína de la leche entera en polvo, no quiere decir que sea más nutritiva que ésta.

En un estudio realizado por del Valle, F.R. (1978) se analizó a la larva de la mosca mexicana de la fruta (Anastrepha ludens). La cantidad de proteína de ésta resultó menor a la contenida en la larva de Musca domestica, L.

TABLA XIV. COMPOSICION BROMATOLOGICA DE LARVAS DE DIFERENTE GENERO.

	<u>Anastrepha ludens</u>		<u>Musca domestica</u> , L.	
	% bh	% bs	% bh	% bs
HUMEDAD	79.5	-	72.6	-
CEJIZAS	2.3	10.9	1.7	6.1
PROTEINA	9.6	47.8	17.0	63.6
GRASA	6.2	30.4	4.7	17.1
FIBRA CRUDA	2.2	10.9	2.4	6.6

También del Valle determinó el PER de Anastrepha siendo éste del 1.63 el cual nos indica que la calidad de la proteína no fue suficiente para que las ratas alcanzaran un buen desarrollo. En éste sentido la proteína de Musca domestica también es superior ya que el rango de eficiencia proteínica en este caso fue de 3.2.

A pesar de tratarse de proteínas del mismo origen (larvas de mosca) los resultados no son en nada parecidos y estas diferencias se deben tal vez a sus hábitos alimenticios.

Al observar la curva de crecimiento de ratas (gráfica II) obtenida en este estudio, encontramos que la diferencia entre los pesos máximos alcanzados por las ratas con las diferentes dietas es de 30.2 gramos lo que demuestra que las ratas alimentadas con la dieta a base de larvas de mosca presentaron una ganancia en peso del 18.9% más con respecto a las alimentadas con la dieta en base a caseína. Se ve también que a partir del séptimo día de iniciado el experimento comienza a hacerse más notable el aumento en peso de las ratas que recibieron la dieta experimental, lo cual nos dice que el incremento en peso se logró en menor tiempo con dicha dieta que con la de referencia.

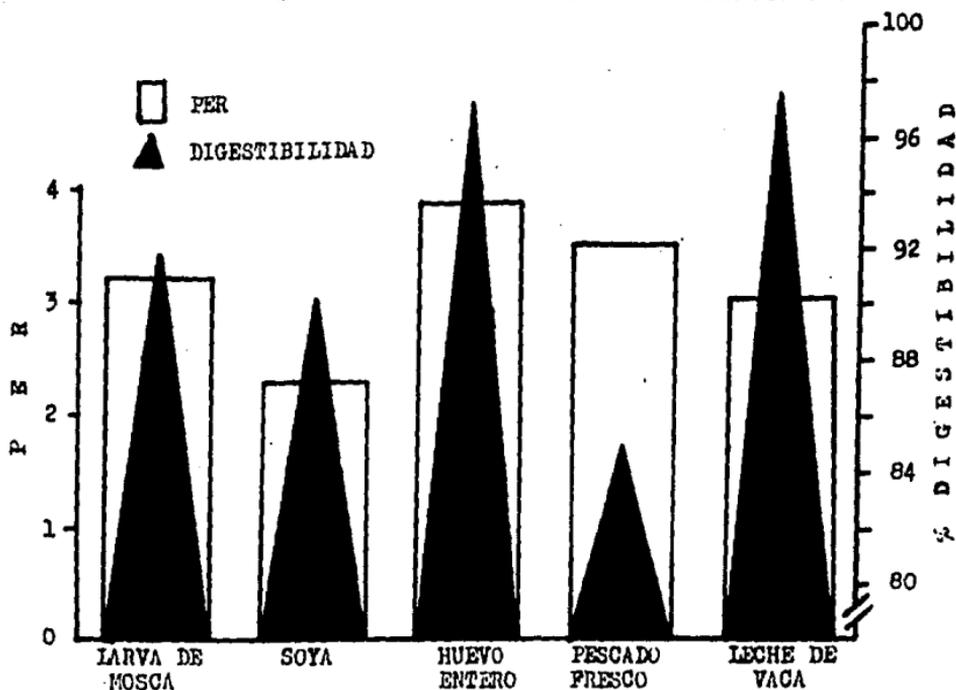
En la gráfica III se observa que las ratas que se alimentaron con la dieta en estudio consumieron en promedio una mayor cantidad de alimento que las de la dieta testigo lo cual es un indicio de que la primera presentó una mayor palatabilidad.

Los resultados del rango de eficiencia proteínica para -

ambas dietas se sometieron a un análisis estadístico en don de se determinó que con un nivel de confianza del 95% --- ($\alpha = 0.05$) la diferencia de PER entre las dietas es significativa lo cual nos demuestra que existe suficiente evidencia para suponer que la dieta a base de larvas de mosca doméstica presenta una calidad proteínica mayor que la dieta a base de caseína (Apéndice I).

La digestibilidad de la proteína evaluada fue de 91.85% es decir, que de los 63.1 gramos de proteína que contienen 100 gramos de harina, se digirieron 58.43 gramos lo cual es un indicador de que la mayor parte de la proteína puede llegar a ser asimilada y utilizada por el organismo.

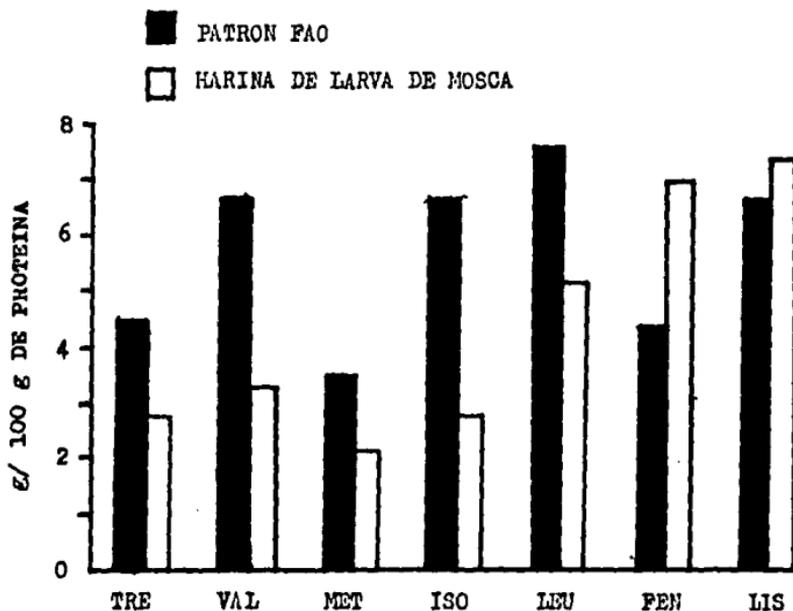
GRAFICA IV. COMPARACION DE RANGOS DE EFICACIA PROTEINICA Y DIGESTIBILIDAD EN DIFERENTES ALIMENTOS.



En la gráfica se puede apreciar que el IER para la harina de larva de mosca es ligeramente superior al de la leche de vaca fresca y que la digestibilidad de la proteína en estudio es mayor que la del pescado fresco y de la soya.

En lo que se refiere a la composición aminoacídica en la gráfica V observamos la concentración de aminoácidos esenciales (con excepción del triptófano) que conforman la proteína de la harina de larva con respecto a la del patrón -- FAO.

GRAFICA V. CONCENTRACION DE AMINOACIDOS ESENCIALES DE LA HARINA DE MOSCA DOMESTICA CON RESPECTO AL PATRON -- FAO.



Esto nos muestra que la larva de la mosca presenta un contenido elevado en fenilalanina y que es una buena fuente de lisina que es uno de los aminoácidos limitantes en la dieta mexicana. Estos dos aminoácidos se encuentran por encima del patrón establecido por la FAO (1957) mientras que en todos los demás se encuentran por debajo de éste.

Abdel-Gawaad, A.A. (1979) realizó un estudio en pollos destinados para consumo humano a los cuales alimentó con una dieta basada en la mezcla de dos diferentes géneros de larva de mosca (Musca domestica, L. y Phormia terrae novae) concluyendo que dicha dieta resultó ser una buena aportadora de proteínas y casi equiparable a la dieta a base de soya. Este autor clasifica a la harina de estas larvas de mosca entre la de pescado y la de soya.

El análisis de aminoácidos reportado por este mismo autor no concuerda con el obtenido en este estudio. Posiblemente las diferencias se deben a los medios utilizados para el desarrollo larval y a errores de manipulación en el desarrollo de las técnicas analíticas.

En lo que toca al aspecto microbiológico se puede decir que a pesar de que se obtuvieron cuentas elevadas de microorganismos mesofílicos aerobios y de coliformes no hubo presencia de coliformes patógenos y esto también se pudo observar en las ratas utilizadas para la determinación del PER ya que a lo largo del estudio no presentaron ningún síntoma de trastorno digestivo ni de otra índole. Estas cuentas microbianas pueden ser disminuídas llevando un estricto control higiénico sobre el material y equipo utilizado.

3.2.3 Estimación de costo y rendimiento.

Durante la obtención de larvas y el mantenimiento de la colonia de Musca domestica, L. se utilizaron las siguientes cantidades de sustratos:

CONCEPTO	CANTIDAD TOTAL	COSTO (\$)
salvado de trigo	63.26 Kg	1771.28
piloncillo	2.00 kg	180.00
levadura deshidratada	1.55 kg	1085.00
leche descremada en polvo	0.50 kg	229.00
agua	146.52 kg	3.81
TOTAL	213.83 kg	\$ 3269.19

La cantidad de proteína producida a partir de la mosca - fue de 401.21 gramos por lo que, tomando como base el costo total del alimento proporcionado a las moscas el gramo de - proteína tiene un costo de \$8.14 (moneda nacional) el cual es muy elevado comparado con el costo por gramo de proteína del huevo y de la carne de res que es de 1.75 y \$3.97 (moneda nacional) respectivamente. Sin embargo hay que tomar en cuenta que la proteína obtenida a partir de la larva de mosca, se realizó a nivel laboratorio y debido a falta de espacio y tecnología adecuada, no se pudieron manejar todos los huevecillos ovipositados y además, se llegó a desechar una generación de larvas por mal manejo. Estos factores contribuyeron a que el rendimiento obtenido, tomando como base la cantidad de alimento utilizado y el total de larvas obtenidas, en peso, fuera bajo, del 1.07%.

También hay que considerar que en este estudio no se logró implementar una dieta más barata para la alimentación - de las moscas por lo que si se llegara a desarrollar esta -

dieta, utilizando por ejemplo desperdicios de alimentos, -- el costo de la proteína disminuiría.

Por medio del establecimiento de tecnología adecuada y a nivel industrial se podrían obtener cantidades elevadas de proteínas a menor costo y utilizando superficies de terreno no muy extensas como en el caso de la agricultura y en la cría de ganado de cualquier especie.

CAPITULO IV. CONCLUSIONES.

La harina elaborada a partir de larvas de Musca domestica, L. contiene un elevado porciento de protefna animal de una calidad biológica aceptable por lo que dicho díptero re sultó ser una fuente proteínica no convencional con grandes posibilidades de explotación.

Su aplicación inmediata puede desarrollarse en la elaboración de alimentos para animales, logrando de esta manera, que se utilizaran menos granos básicos para la elaboración de dichos alimentos y fueran destinados al consumo humano. Sin embargo, puede pensarse también, el incluir esta fuente proteínica en la dieta humana, ya fuera como enriquecedor o como fortificador. Dichas proposiciones se podrán llevar a la práctica una vez realizados los estudios de tipo toxicológico para asegurarnos que se trata de un alimento inócuo a la salud.

Es muy importante y definitivo, para la producción de éste tipo de protefna, elaborar una dieta rica en nutrimentos y barata para el desarrollo y alimentación de las moscas -- con el fin de bajar costos y no distraer ningún tipo de alimento que pueda ser utilizado por el hombre.

Es recomendable el establecimiento de un sistema de cultivo de mosca más práctico para manejar cantidades mayores de estos insectos de una manera eficiente lo que redituaria en una mayor producción de harina en menor tiempo con el -- consiguiente decremento del costo de la protefna.

APENDICE I

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD PROTEINICA DE LAS DIETAS

Análisis de varianza: Distribución de Fischer.

$$H_0: S^2_c = S^2_l$$

$$H_1: S^2_c \neq S^2_l$$

$$\alpha = 0.05$$

$$F = \frac{S^2_c}{S^2_l}$$

$$F = \frac{0.20}{0.11}$$

$$F \text{ cal.} = 1.8$$

$$\nu_c = n_c - 1 \quad \nu_l = n_l - 1$$

$$\nu_c = 6 - 1 \quad \nu_l = 5 - 1$$

$$\nu_c = 5 \quad \nu_l = 4$$

$$F \text{ tab.}(0.05, 5/4) = 6.25$$

en donde: S^2_c = varianza del PER en la dieta a base de caseína.

S^2_l = varianza del PER en la dieta experimental.

ν_c = grados de libertad del PER de la dieta de referencia.

ν_l = grados de libertad del PER de la dieta experimental.

F cal. = Distribución de Fischer calculada.

F tab. = Distribución de Fischer de tablas.

H_0 = Hipótesis nula.

H_1 = Hipótesis alternativa.

n_c = número de muestras en la dieta de referencia.

n_l = número de muestras en la dieta experimental.

α = nivel de significancia.

No hay diferencia significativa entre ambas varianzas por lo que se acepta la hipótesis nula.

Contraste de medias: t de Student.

H_0 : la calidad proteínica de la dieta de referencia \geq a la calidad proteínica de la dieta experimental.

H_1 : la calidad proteínica de la dieta de referencia $<$ a la calidad proteínica de la dieta experimental.

$\alpha = 0.05$

$$t_{\text{cal.}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_c}{\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_c} \left(\frac{(n_1-1)S^2_1 + (n_c-1)S^2_c}{n_1 + n_c - 2} \right)}}$$

$$t_{\text{cal.}} = \frac{3.21 - 2.59}{\sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{6} \left(\frac{(5-1)0.11 + (6-1)0.20}{5+6-2} \right)}}$$

$$t_{\text{cal.}} = 2.5$$

$$t_{\text{tab.}} = 1.833$$

en donde: $t_{\text{cal.}}$ es la t de Student calculada.

$t_{\text{tab.}}$ es la t de Student de tablas.

\bar{x}_1 es la media del PER de la dieta experimental.

\bar{x}_c es la media del PER de la dieta de referencia.

n_1 es el número de muestras en la dieta experimental.

n_c es el número de muestras en la dieta de referencia.

S^2_1 es la varianza del PER de la dieta experimental.

S^2_c es la varianza del PER de la dieta de referencia.

α es el nivel de significancia.

Si hay diferencia significativa entre las "t" de Student calculada y la de tablas por lo que se rechaza la hipótesis nula.

CAPITULO V. BIBLIOGRAFIA.

1. Abdel-Gawaad, A.A. 1979. Insect protein as a possible source of protein to poultry. *Zeitschrift fue Tierphysiologie, -- Tierernaerung und Futtermittelkunde.* 42 (4): 215-222.
2. Altschul, A.M. 1965. Proteins. Their chemistry and politics. Basic Books, Inc. Pub. New York, N.Y. Capítulos 8 al 10.
3. Altschul, A.M. 1969. Food proteins for humans. *Chem. Eng. - News.* 47 (49): 68-81.
4. A.O.A.C. 1980. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 13a. Ed. Washington, D.C.
5. Ascher, K.R.S. 1961. Houseflies in Israel. Sonderdruck aus *Z. ang. Entomologie* Bd. 48 H. 2, S. 115-162.
6. Basden, E.B. 1947. Breeding the house fly (*M. domestica*, L.) in the laboratory. *Bull. Entom. Res.* 37: 381-387.
7. Bodwell, C.E. 1977. Problems in the development and application of rapid methods of assessing protein quality. *Food -- Technol. Jun.* p. 73-77.
8. Canolty N.L. 1977. Evaluating protein quality by estimating weigh gain coefficients. *J. Food Sci.* 42 (4): 1130-1131.
9. Chávez, A. 1982. La alimentación y los problemas nutricionales. Pub. L -39, División de Nutrición, I.N.N. México, D.F.
10. Chávez, A. 1982. Perspectivas de la nutrición en México. -- Pub. L -50, División de nutrición de comunidad, I.N.N. México, D.F.
11. Feldman-Muhsam, B. 1944. A note on the conditions of pupation of *Musca domestica vicina* (Diptera) in Palestine. and its application. *Proc. R. Ent. Soc. (A)* 19 Pts. 10-12, p. 139-140.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

12. Fisher, P. y Bender, A. 1978. Valor nutritivo de los alimentos. Ed. Limusa. México, D.F.
13. Frings, H. 1948. Rearing houseflies and blowflies on dog -- biscuits. Sci. Jun. 107: 629-630.
14. Hernández, J.R. et al. 1975. La crisis de alimentos en México. Un análisis de la situación alimentaria en los últimos años. Pub. L - 23, Departamento de Epidemiología de la Nutrición, Sección de Economía, I.N.N. México, D.F.
15. Hernández, M. et al. 1983. Valor nutritivo de los alimentos mexicanos. Pub. L -12, 9a. ed., División de Nutrición, I.N.N. México, D.F.
16. Hecht, O. 1970. Ecología y comportamiento de las moscas domésticas. Laboratorio de Entomología, Departamento de Zoología. ENCB, IPN. México, D.F.
17. Hoffman, W.E. 1947. Insects as human food. Entom. Soc. Wash. 49 (9): 233-237.
18. Iammartino, N.R. 1974. Fabricated protein foods. Chem. Eng. 81 (16): 50-54.
19. Jelliffe, D.B. 1976. Nutrición infantil en países en desarrollo. 3a. ed. Ed. Limusa. México, D.F.
20. Johnston, B.F. 1969. Manual on food and nutrition policy. - FAO, Rome. p. 42-53.
21. Lachance, P.A. et al. 1977. Shorter protein bioassays. Food Technol. Jun. p. 82-84.
22. Lodge, O.C. 1918. An examination of the sense-reactions of flies. Bull. Ent. 9: 141-151.
23. Loeza Elgueros, R. 1965. Uso de Drosophila melanogaster en la enseñanza de genética en zootecnia. Tesis profesional. - UNAM, MVZ. México, D.F.

24. Metcalf, G.L. 1980. Insectos destructivos e insectos útiles. Ed. Continental, S.A. México, D.F. p. 1170-1174.
25. Miller, B.F. 1969. Digestion of poultry manure by Diptera. Poul. Sci. 48: 1844-1845.
26. Miller, B.F. 1974. Digestion of poultry manure by Musca -- domestica. Br. Poul. Sci. 15: 231-234.
27. Miller, G.A. 1973. Protein: chemistry and nutrition. Food - Prod. Develop. 7 (10) 23-33.
28. Mitchell, H.S. et al. 1978. Nutrición y dieta de Cooper. 3a. ed. Nueva Ed. Interamericana, S.A. de C.V. México, D.F.
29. Ramos, J.E. 1977. Valor nutritivo de ciertos insectos comes- tibles de México y lista de algunos insectos comestibles -- del mundo. An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México. 48, -- Ser. Zoología (1): 165-186.
30. Ramos, J.E. 1978. Los insectos como una fuente de proteínas en el futuro. Ciencia y Desarrollo. (23): 111-113.
31. Anon. 1980. Los insectos: fuente de alimentación para el fu- turo. Inf. Cientif. y Tecnol. 2 (22): 25-38.
32. Richardson, H.H. 1932. An efficient medium for rearing house flies throughout the year. Sci. 76 (1972): 350-351.
33. Sahagún, B. de. 1946. Historia general de las cosas de la - Nueva España. Ed. Nueva España. México.
34. Satterlee, L.D. et al. 1977. Rapid in-vitro assays for ---- estimating protein quality. Food Technol. Jun. p. 78-81.
35. Servicio de Ciencia y Política de la Alimentación, Dirección de Nutrición, FAO. 1970. Contenido en aminoácidos de los -- alimentos y datos biológicos sobre las proteínas. Roma, -- Italia.

36. Teotia, J.S. 1974. Nutritive content of house fly pupae and manure residue. Br. Poul. Sci. 15: 177-182.
37. Tinsley, A.M. et al. 1984. Housefly meal as a protein source for controlled environment aquaculture shrimp. Nutrition -- Reports International. 29(2): 405-410.
38. Wallis, R.C. 1962. Common Connecticut flies. The Connecticut Agricultural Experiment Station Bull. 650: 15-23.
39. West, L.S. 1951. The housefly. Comstock Pub. Co. Ithaca, - N.Y.
40. Wilcke, H.L. 1979. Soy protein and nutrition. Academic --- Press. New York, N.Y.
41. Wilkes, G.E. et al. 1948. Studies on the housefly (Musca - domestica, L.). The biology and large scale production of - laboratory populations. Canad. J. Res. 26: 8-26.
42. Williams, R. Jr. 1975. Synthetic proteins. Chem. Technol. - (1): 45-46.