



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales  
" I Z T A C A L A "

BO 462/87  
Ej. 3

**EVALUACION DE LA CALIDAD PROTEICA  
DE LARVAS DE MOSCA DESARROLLADAS  
EN ESTIERCOL DE CERDO Y VALORACION  
DE SU ACTIVIDAD COMO  
BIODEGRADADORAS DEL DESECHO**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**B I O L O G O**

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

Guadalupe Del Refugio Andrade Maldonado

Iztacala, Méx.

1987



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

A mis padres

Guadalupe y Carlos por su  
amor y comprensión.

A mis hermanos

Julio Carlos, Luz Ana, Tere  
y Gustavo.

A la más pequeña de mi familia

Karla

A Leonel

El presente trabajo se llevó a cabo en el Departamento de Ingeniería y Biotecnología del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.

## C O N T E N I D O

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	
2.1. Métodos de tratamiento del desecho.	3
2.2. Alternativas para su uso.	6
2.3. Datos biológicos de la mosca.	13
2.4. Objetivos generales y de trabajo.	15
III. MATERIALES Y METODOS	17
IV. RESULTADOS	28
4.1. Pruebas de producción.	28
4.2. Análisis químico.	29
4.3. Prueba biológica.	30
4.4. Análisis microbiológico.	31
V. DISCUSION	52
5.1. Productividad y estabilización del estiércol.	52
5.2. Análisis químico.	54
5.3. Prueba biológica	57
5.4. Análisis microbiológico	59
VI. CONCLUSIONES	61

	Página
VII. RECOMENDACIONES	63
VIII. ANALISIS DEL TRABAJO	64
IX. BIBLIOGRAFIA	66
X. APENDICE	74

## I N T R O D U C C I O N

Uno de los problemas que enfrentan los países con altas tasas de producción porcina es la excesiva acumulación de desechos sólidos, debido principalmente a los sistemas de confinamiento en la producción de cerdos. Los altos costos de recolección, almacenamiento y transporte hacen difícil un manejo adecuado de estos materiales.

De los países con mayor producción porcícola se encuentran los E.U.A. y el Reino Unido por ese motivo se producen anualmente 90.1 y 9.1 millones de toneladas de excretas respectivamente (45,16).

En México la cría de cerdos se encuentra distribuida principalmente en 6 zonas: Noroeste, Noreste, Bajío, Centro, Sureste y Peninsular, de las cuáles la zona de mayor actividad es la del Bajío, principalmente en el estado de Michoacán en donde se calcula que se genera  $1.8 \times 10^6$  toneladas de excreta por año. Considerando que la cantidad total de excretas es de 3.5 Kg/día por cada 45.5 Kg de peso vivo del animal y el inventario ganadero de Hernández que reporta 1 461 000 cabezas de ganado porcícola (21,23,52).

Por su alto contenido de materia orgánica estos desechos ocasionan deterioro al medio ambiente, afectando el aire, el agua y el suelo, pues producen sustancias que libe--

ran gases tóxicos y mal olor que atraen diversos insectos nocivos vectores de enfermedades.

Dentro de los gases tóxicos que son liberados se encuentran: amoníaco, bióxido de carbono, ácido sulfhídrico y metano (23), además de compuestos orgánicos entre los que se encuentran ácidos orgánicos, sulfitos, aminas, mercaptanos y escatoles (30).

De estos el más tóxico es el amoníaco que a niveles altos ocasiona irritabilidad e intranquilidad a los cerdos -- por lo que disminuyen de peso (30).

El ácido sulfhídrico les produce fotobia, anorexia, irritabilidad vómitos, nauseas y diarrea (30).

Estos gases son tóxicos para el hombre.

El metano no se considera un gas tóxico pero debe mantenerse a niveles inferiores al 5%, pues de lo contrario puede ocasionar explosiones(30).

Los compuestos orgánicos e inorgánicos ocasionan contaminación a diversos cuerpos de agua, ya sea que se arrojen directamente ó que lleguen indirectamente. Esto ocurre cuando las excretas son diseminadas en el suelo y que debido al agua de lluvia dichos componentes son arrastrados por filtración -- hasta llegar a mantos acuíferos, ríos, lagos, lagunas ó arro--



yuelos (45).

El poder de biodegradación de las aguas es grande, pero si la concentración de las sustancias orgánicas e inorgánicas supera ciertos límites las aguas no pueden regenerarse bajo los efectos de la acción de las bacterias. Por lo que la vida desaparece y los ríos y lagos se convierten en cloacas abiertas.

Se han propuesto tecnologías para que este desecho sea utilizado apropiadamente ya que contiene energía suficiente y nutrientes para que puedan ser reciclados a través de varios sistemas. Sin embargo para que este material pueda ser aprovechado es necesario que tenga un tratamiento previo, ya que es poco práctico, antieconómico y ecológicamente inaceptable el disponer de las excretas en su forma original.

#### MÉTODOS DE TRATAMIENTO

Algunos de los métodos que se utilizan actualmente para el tratamiento de las excretas son: la incineración, el secado, la dispersión sobre la tierra y el almacenamiento en pilas ó lagunas. Pero estos tratamientos no son satisfactorios debido a sus altos costos.

Uno de los aspectos más importantes en el control de la contaminación ocasionada por estos desechos es el uso del nitrógeno que puede ser transformado en iones amonio, am

níaco, nitritos, nitratos y nitrógeno en forma de gas.

Los iones amonio, nitratos y nitritos se mueven con el agua que corre, llegando a contaminar así otros cuerpos de agua.

El nitrógeno se pierde durante el proceso de desnitrificación por la presencia de bacterias como Thiobacillus denitrificans, Serratia y Pseudomonas, que bajo condiciones anaerobias ó de baja concentración de oxígeno reducen los nitratos a nitritos y a su vez estos a nitrógeno molecular en forma de gas. Este proceso se lleva a cabo tanto en el agua como en la tierra (45).

Los métodos que se utilizan para el tratamiento de estos desechos se clasifican como biológicos, físicos, químicos y mecánicos.

Dentro de los métodos biológicos para el tratamiento del estiércol de cerdo se encuentra el tanque de oxidación que es de los más efectivos para reducir el olor y almacenar el estiércol. Puede reducir el contenido de nitrógeno hasta en un 60 %, con el inconveniente de que la liberación de este gas está dada en forma de amoníaco y produce daño a los organismos circunvecinos (45).

Las lagunas aerobias y anaerobias se cuentan también como tratamientos biológicos, proveen almacenamiento al estiér

col y estabilización de la materia orgánica, pero requiere de altos costos de construcción y mantenimiento y grandes extensiones de terreno (30).

Los filtros de alta tasa biológica han tenido bastante aceptación, ya que estabilizan la materia orgánica y disminuyen el olor de los desechos, pero el efluente de estos sistemas requiere de otro tratamiento posterior, un tanque de sedimentación por ejemplo.

El costo de construcción de estos filtros y de su limpieza y mantenimiento son factores adversos; además de que produce olores nauseabundos y atrae a moscas y mosquitos (30).

El ensilaje es el que se ha estudiado más en la actualidad ya que los resultados son bastante alentadores. Por este proceso la mayoría de los microorganismos patógenos mueren por los cambios drásticos en el PH y temperatura. Pero la baja digestibilidad de estos forrajes limita su uso (45).

Otro método para reducir el olor y el desprendimiento de gases tóxicos es el de la reducción de la humedad para inhibir la actividad biológica en las excretas. Para que esta actividad se reduzca se debe de bajar el contenido de humedad a menos del 40 por ciento (30).

Uno de los métodos para reducir la humedad es el tratamiento físico, en el cual se seca el estiércol en forma natu

ral ó artificial con el primero se tiene el problema que durante el proceso de secado hay eliminación de gases tóxicos a la atmósfera, se propicia la proliferación de moscas, y en el período de lluvias hay lixiviación del estiércol lo que puede -- ocasionar que se contaminen cuerpos receptores de agua. El segundo método es incosteable por sus altos costos de energía -- (30).

También se considera para reducir la humedad del estiércol un método biológico, en el cual larvas de diversos insectos principalmente de mosca, se desarrollan sobre este substrato. La humedad contenida se reduce de un 75 a un 50%, debido a la actividad y aereación larval (34).

#### ALTERNATIVAS PARA SU USO

De los métodos biológicos anteriormente citados se están realizando investigaciones para que el producto que se obtenga con la materia orgánica ya estabilizada se utilice en diversas operaciones que redituen un valor económico y así pueda ser costeable su recolección y manejo.

Como alternativas para el uso de estos desechos posterior al tratamiento son las siguientes:

#### Utilización como fertilizante

Esta es la práctica tradicional de disponer de las -

excretas en forma natural y ha sido valorada económicamente -- como fuentes de nutrientes para las plantas y para mejorar -- las propiedades físicas del suelo (33,55). Pero el utilizarlo en forma natural acarrea varios problemas, entre ellos por -- contener una gran cantidad de agua es demasiado voluminoso, -- pesado y difícil de acarrear, tiene una gran variedad en la -- composición de sus nutrientes por lo que algunas veces es le-- tal para las plantas, es difícil que se aplique a la tierra -- en forma uniforme y produce sustancias volátiles de olores -- fuertes que son tóxicos (45).

Para que el estiércol pueda ser aplicado a la tierra requiere de una mineralización y estabilización de la materia orgánica que puede estar dada por algunos de los métodos ante-- riormente citados (54,55).

#### Producción de biogas

Resulta de un tratamiento anaerobio de las excretas, en donde la temperatura, la presión y el PH juegan un papel -- muy importante para mantener los microorganismos que al des-- componer la materia orgánica producen metano. El metano es de gran utilidad y su obtención puede ser una práctica económica-- mente factible para utilizar los desechos pecuarios (24).

#### Alimentación

Existen estudios que muestran que los materiales --

del sedimento del tanque de oxidación, el líquido del tanque de oxidación, las excretas secas y las ensiladas, presentan un valor alimenticio y pueden servir de forrajes a diversos animales tanto monogástricos como poligástricos (3,14,19,20,-25).

#### Substrato para síntesis de protefna microbiana

Se han propuesto otros sistemas en donde las algas, levaduras, bacterias, y hongos utilizan el nitrógeno desechado por el animal (pollos, reses, cerdos, etc.) para convertirlo en protefna ya sea para consumo del ganado, peces y/o aves de corral (8,9).

De éstos sistemas el que se ha estudiado más es el establecido para el crecimiento de algas, ya que la cantidad de nitrógeno convertido a protefna es elevada, y la protefna es de mejor calidad para ser utilizada por el animal (ganado, aves). Las desventajas son la cantidad de espacio requerido para la construcción de las lagunas, además de que hay que tomar en cuenta el clima y la topograffa del lugar (8).

El cultivo de levaduras no se ha estudiado ampliamente por las limitaciones en el uso nutricional de ésta protefna, debido a su alto contenido de ácidos nucléicos que ocasionan transtornos gastrointestinales, y en pruebas de alimentación en pollos a niveles mayores del 15% produce caracterís

ticas peculiares en las heces como son pegajosidad y les dá una textura babosa (8,9).

En lo que concierne al uso de bacterias y cultivo de microorganismos desarrollados sobre desechos de animales, parece ser un sistema prometedor en la conversión de nitrógeno desechado en las heces a nitrógeno protéico. Sin embargo, la potencialidad de su uso ha sido limitado por las siguientes razones: estandarización de substratos, problemas tecnológicos en el diseño del equipo apropiado, factores limitantes en sistemas continuos y la selección de un tipo adecuado de bacterias (9).

Los hongos han revestido bastante importancia en los sistemas para utilizar desechos con alto contenido de carbohidratos vegetales con una aparente alta tasa de conversión. Actualmente no hay sistemas que utilicen el crecimiento de hongos sobre excretas animales para la obtención de un suplemento alimenticio para los mismos animales, pero la calidad de la proteína producida por otros substratos sugiere que las excretas animales pueden ser un substrato adecuado para la producción de proteína, y no hay razón para que no pueda ser probado este tipo de sistema (9).

#### Substrato para síntesis de proteína de lombrices de tierra

En este caso las investigaciones han sido extensivas, en donde se ha visto que estos invertebrados en especial

Eisenia foetida (39) y Lumbricus terrestris (15) pueden desarrollarse y reproducirse acelerando la descomposición de substratos como los desechos orgánicos, que incluyen desechos alimenticios, el estiércol, y otros como el fango y el papel.

Los análisis químicos que se han practicado demuestran que el contenido de proteína de las lombrices va del 60- al 70%, siendo esta proteína rica en lisina (16).

Entre las desventajas que se pueden mencionar es el que estos organismos presenten un ciclo de vida largo, como es el caso de E. foetida cuyo ciclo de vida va de 6 a 8 semanas (27). Otra desventaja es que su potencialidad reproductiva es bajo.

#### Substrato para síntesis de proteína de insectos

El estiércol de cerdo puede servir también como substrato para el cultivo de insectos y en especial de Dípteros - que crecen en una gran variedad de medios.

Las larvas, que son la etapa en la cual estos organismos se desarrollan en el estiércol, toman de éste sus requerimientos alimenticios mediante la digestión aerobia del - desecho, y dependiendo de la densidad poblacional dejan las - excretas en una forma más estable y con una disminución muy - notable en su olor y humedad.

A este respecto se han llevado a cabo algunas inves



tigaciones sobre la digestión de la gallinaza por larvas de Musca doméstica (34, 35, 36, 37, 38), con resultados muy satisfactorios realizando también pruebas de producción de larvas bajo diferentes condiciones (6,7,47,48,49); estos mismos estudios se han llevado a una escala mayor, utilizando de 10- a 12 toneladas de gallinaza con los mismos resultados que en los ensayos de laboratorio (38).

Por otro lado sobre el valor nutritivo de las pupas, se encontró que contienen 61% de proteína que presenta todos los aminoácidos esenciales a excepción del triptófano. Y bioensayos han mostrado que mantiene el crecimiento de pollos de iniciación (4,5,6,7,8,9,37,48,50).

En México se han llevado a cabo estudios preliminares sobre análisis proximal y pruebas de alimentación en pollos con larvas de M. doméstica desarrolladas en estiércol de cerdo (42,44). Estos bioensayos muestran en primer término -- una gran aceptación de estos insectos por las aves, y por otro lado no existe diferencia significativa en la conversión alimenticia del tratamiento control y el de la harina de larva de mosca. Lo que significa que puede ser un buen sustituto protéico para alimentación de pollos en etapa de crecimiento. El análisis proximal mostró un contenido protéico del 40 y 42%, y para extracto etéreo de 29 y 28% para Pacheco(42) y Reyes (44) respectivamente.

Pacheco (42) reportó un índice de mortalidad del -- 35%, sin embargo, no se estableció una relación con el tipo -- de alimentación, ya que el autor reportó que quizá la mortalidad se debió a una tensión nerviosa causada por ruidos.

En experiencias de M. doméstica desarrollada sobre -- otro tipo de desechos, se tiene el caso del trabajo realizado por Ocio et al. (41), en donde utilizan desechos orgánicos -- municipales como sustrato para el desarrollo y reproducción -- de las larvas de estos insectos. Posteriormente realizaron -- bioensayos con pollos, teniendo resultados similares a los obtenidos por Miller, Calvert y Teotia (4,48).

Sobre otras especies de mosca se ha trabajado muy -- poco, por ejemplo con la mosca soldado, Hermetia illucens, se ha encontrado que contiene 42% de proteína cruda, 35% de ex--tracto etéreo y 5% de calcio y en pruebas de alimentación de--cerdos el consumo de larva fué mayor que con la harina de so--ya (18,40).

Por lo anterior se consideró utilizar a la Musca -- doméstica para la estabilización de las excretas de cerdo, y--por consiguiente se investigaron algunos datos biológicos de--suma importancia para el crecimiento y proliferación de estos organismos.

#### DATOS BIOLÓGICOS DE LA MOSCA

La Musca doméstica es uno de los Dípteros que más se ha estudiado debido a su alto potencial biológico y por presentar un ciclo de vida muy corto.

El ciclo de vida de la mosca consta de cuatro etapas que son: huevo, larva, pupa y adulto.

La oviposición de la hembra se da de 4 a 8 días después de la copulación y el principal incitante para la puesta de huevecillos son los productos de fermentación, siendo los más importantes el amoníaco y el bióxido de carbono. El número de huevecillos por puesta es de 100 a 150.

La eclosión de los huevecillos varia con la temperatura:

10°C	-----	2 a 3 días
15 a 20°C	-----	24 horas
25 a 35°C	-----	8 a 12 horas

La larva pasa a través de tres estadios en los cuales presenta bien desarrollados; la musculatura y locomoción, el aparato digestivo, las estructuras respiratorias, y el sistema nervioso.

El proceso de pupación tarda de 40 a 80 horas, período en el cual la mayoría de las estructuras del adulto ya

han sido formadas estas estructuras se refieren a la segmentación corporal, alas, patas, probóscide, antenas, y los grandes ojos compuestos.

La relación temperatura-tiempo para que el adulto emerja es la siguiente:

35°C	-----	3.5 días
20 a 30°C	-----	5 días
10 a 15°C	-----	varias semanas

La longevidad va de 2 a 3 semanas en verano y hasta de 3 meses en invierno.

Tienen una gran capacidad para reproducirse y aunque existe pérdida de huevecillos por desecación, muerte por inanición, parasitismo, predación y otros factores, la población de moscas no merma notablemente.

La mosca es omnívora, aunque prefiere azúcares y -- proteínas. El único requisito básico es que el alimento sea líquido ó fácilmente licuable. Pero en la etapa reproductiva, la hembra requiere de una buena alimentación rica en proteínas.

El desarrollo completo se dá de 7 a 8 días en condiciones favorables y a una temperatura de 30°C. Necesitan de una humedad relativa alta que va del 50 al 70%.

La mosca adulta es fototáctica positiva, pues es -- atraída por la luz y muchas veces tienden a congregarse en pa redes iluminadas; en tanto que la larva es fototáctica negati va y evita exponerse a la luz para escapar a la desecación -- (53).

#### OBJETIVOS GENERALES

- I.- Demostrar la utilidad de las larvas de Musca doméstica como medio para la estabilización biológica del estiércol - de cerdo, y
- II.-Determinar la calidad protéica de las larvas obtenidas.

#### OBJETIVOS DE TRABAJO

- 1.- Determinar los cambios físicos del estiércol biodegradado y compararlos con los del estiércol no biodegradado (húme dad, olor y textura).
- 2.- Cuantificar el contenido de nitrógeno de las excretas --- frescas y biodegradadas.
- 3.- Realizar pruebas de productividad de las larvas en el es- tiércol.
- 4.- Obtener larvas de Musca doméstica para pruebas.
- 5.- Realizar análisis proximal a las larvas.
- 6.- Determinar contenido de ácidos grasos.

- 7.- Realizar digestibilidad de las larvas de mosca.
- 8.- Observar y cuantificar el aspecto nutricional y la acepta  
ción de ésta fuente protéica en bioensayos con animales -  
de laboratorio. Prueba de REP.
- 9.- Realizar análisis microbiológico a las larvas.

## MATERIALES Y METODOS

### I.- MATERIA PRIMA

La materia prima para la obtención de las larvas --  
fué la siguiente:

- a) Estiércol de cerdo.- El estiércol fresco de cerdo fué traído de las granjas porcícolas de la Piedad Michoacán.
- b) Pupas de Musca doméstica .- Las pupas fueron donadas por - el Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma de Chapingo, de una colonia pura de Musca doméstica que ha sido mantenida por generaciones.

### II.- REACTIVOS QUIMICOS

En las determinaciones químicas del estiércol de --  
cerdo y larvas se utilizaron reactivos de las marcas Sigma, -  
J.T. Baker y Merck.

Para los análisis microbiológicos se utilizaron ---  
reactivos de las marcas Bioxón y Difco.

En el bioensayo, en la prueba de PER, se utilizaron  
los siguientes reactivos; mezcla de vitaminas mezcla de sales  
minerales celulosa no nutritiva y caseína de la marca Teklad-  
Test Diets, azúcar comercial, almidón de maíz, y aceite comerci  
cial.

### III.- OBTENCION DE LARVAS

Para la obtención de las larvas se hizo lo siguiente:

#### a) Producción de huevecillos.

Se construyó una jaula para moscas adultas con las siguientes dimensiones 90 X 73 X 74 cm ( ver figura 1 ), con dos aberturas al frente de 20 cm de diámetro, cada una provista de una manga de gasa para poder introducir el alimento y sacar los huevecillos evitando que las moscas salgan. Se colocó en el interior de la misma un termómetro y un foco con el fin de mantener la temperatura de la jaula en un rango de 23- a 27°C. La población de moscas se inició con 3000 pupas.

Diariamente se alimentaron las moscas con leche embebida en una gasa que le servía también para la depositación de huevecillos. Así las moscas colocaban los paquetes de huevecillos sobre éste sustrato.

Cuando no se requería de huevecillos se les alimentaba con una mezcla de leche en polvo, levadura, y glucosa en una proporción de 23:5:1 y en un recipiente aparte se les proporcionaba agua.

#### b) Incubación de larvas

Una vez obtenidos los huevecillos se empleó un inó-



culo de 0.75 a 1 g (ver pruebas de productividad) de huevecillos por 500 g de estiércol fresco de cerdo, depositado en charolas a una altura de 2 a 2.5 cm.

Las charolas así preparadas con el inóculo de huevecillos se incubaron a una temperatura de 34°C durante 7 días.

Para obtener un control del credimiento larval se inoculó el estiércol solo con huevecillos del mismo día, evitando con esto el desfase de estadíos larvarios en una misma charola.

#### c) Separación de las larvas.

Las larvas se separaron del estiércol de cerdo al séptimo día de su inoculación mediante el siguiente procedimiento: estiércol de cerdo con larvas se depositaron en un cajón con fondo de malla con una abertura de 3 mm, el cual se colocó en forma sobrepuesta sobre otro cajón cuyo fondo tenía una cubierta de papel aluminio ( ver figura 2 ), ambos cajones se expusieron al sol durante dos horas. Por ser las larvas fototácticas negativas migraban al cajón inferior, y bajo la capa del papel, logrando así su separación del estiércol de cerdo.

La separación de las larvas se efectuó en la etapa final del tercer estadio, es decir, un día antes de la pupación con el fin de que las larvas alcanzaran su máximo tamaño.

d) Secado y almacenamiento

Conforme se obtenían las larvas se colocaban en charolas de aluminio y se secaban en estufa de vacío a una temperatura de 50°C a peso constante.

Posteriormente las larvas se molían y se conserva--ban a una temperatura de - 7°C para los análisis posteriores.

IV.- PRODUCTIVIDAD

Para optimizar el proceso de estabilización de las--excretas y a la vez obtener larvas de buen tamaño, se estable--cieron en base a la experiencia diferentes cantidades de huevecillos para inocularlos en iguales proporciones de estiér--col y así establecer la relación de número de huevecillos y -cantidad de estiércol inoculado.

Para estas pruebas se siguieron los siguientes pa--sos:

- a) Se determinó  $\text{húmedad}^+$  y  $\text{nitrógeno}^+$ , al estiércol fresco.
- b) Se sembraron los huevecillos en las siguientes cantidades:

No. de huevecillos	peso de huevecillos ( mg )	cantidad de estiércol ( g )
900	92.5	100
1200	125.3	100
1500	153.5	100
2000	220.4	100

- c) Para el conteo se tomaron huevecillos frescos, es decir, - del mismo día en que fueron puestos por las moscas, y se - colocaron cuidadosamente en agua jabonosa.
- d) De ahí se pasaron a una caja petri con base cuadriculada. Esta contenía agua para facilitar el conteo de huevecillos y evitar que estos se desecaran.
- e) Los huevecillos se filtraron y sembraron directamente en - el estiércol fresco de cerdo. Para estos hizo una hendidura en donde se depositaron los huevecillos, cubriéndolos - finalmente con estiércol.
- f) Se les incubó a 25°C durante 10 días.
- g) Al término de los 10 días se hicieron las siguientes determinaciones con lo obtenido:
- Se contaron, pesaron y midieron las larvas y pupas.
  - Se determinó humedad<sup>+</sup> y nitrógeno al estiércol que había sido inoculado con 1500 y 2000 huevecillos.
  - Se observaron las características físicas del estiércol-biodegradado: olor y textura.

+ Métodos descritos en el manual de la A.O.A.C. (1)

#### V.- DETERMINACIONES QUIMICAS

Una vez obtenida la cantidad de larvas necesarias - para el estudio, se realizaron los siguientes análisis:

#### HUMEDAD

Para esta determinación se siguió el método de la A.O.A.C. 7.005 /70 (1). Se pesaron 10 g de muestra que se colocaron en un matríz con 100 ml de tolueno. Se destiló y por arrastre de vapores se colectó el agua y el solvente en un depósito especial, en el cual el agua se separó del solvente y su volúmen se leyó directamente.

Este volúmen de agua se relacionó con la cantidad de muestra colocada inicialmente. La húmedad se expresa en porcentaje.

#### CENIZAS

El método utilizado para esta determinación fué el de la A.O.A.C. 7.010/70.(1). Se pesaron 2 g de muestra en un crisol de porcelana puesto previamente a peso constante, se incineró en una placa de calentamiento. Posteriormente el crisol se colocó en una mufla a una temperatura de 550°C durante dos horas. Al término de este tiempo se dejó enfriar el crisol y se pesó.

Las cenizas se relacionan con la cantidad de muestra que se pesó inicialmente y se expresan en porcentajes.

#### EXTRACTO ETereo

Método de la A.O.A.C. 7.048/70 (1).

Se utilizan 2 g de muestra seca, que se envuelve en papel filtro para introducirlo en un cartucho de extracción.- Colocado en el aparato Soxhlet se adiciona eter de petróleo - como solvente dentro de un matr az puesto previamente a peso - constante y se mantienen en reflujo durante 12 horas. Al término se coloca el matr az en una estufa de vacio a sequedad y se pesa.

El peso de la grasa se relaciona con la cantidad de muestra que se peso inicialmente y se reporta en porcentaje.

#### PROTEINA CRUDA ( N X 6.25 ) Macro-Kjeldahl

Método de la A.O.A.C. 7.016/70 (1).

A una muestra seca de 2 g se le agregan 15 g de sulfato de sodio más 0.8 g de sulfato cúprico y por último 20 ml de ácido sulfúrico.

En el macro-kjeldahl la muestra se mantuvo en digestión hasta que tom  un color verde perlino transparente, to--mando 20 minutos más. Ya frío se añaden 200 ml de agua destilada para disolver el precipitado, más 10 granallas de zinc y 100 ml de hidróxido de sodio al 40%.

Posteriormente se destila recogiendo los vapores de hidróxido de amonio en una solución de ácido bórico al 5%.

Finalmente se titula la solución de ácido bórico, -

con ácido clorhídrico 0.1 N.

#### FIBRA CRUDA

Se determinó por el método descrito por J.H. Van de Kamer y L. Van de Ginkel (51).

A 2 g de muestra seca y desengrasada se les adicionó 70 ml de ácido acético, 5 ml de ácido nítrico y 2 g de ácido tricloroacético. Se colocan en un sistema de reflujo a digerir durante 30 minutos a partir de la ebullición.

Al término la suspensión se filtró y lavó varias veces con agua destilada caliente hasta eliminar el olor del ácido acético.

El filtro de vidrio se coloca en una estufa de vacío a 100°C hasta sequedad y se pesa.

El peso de la fibra se relaciona con la cantidad de muestra que se pesó inicialmente y se reporta en porcentaje.

#### EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO

Se obtiene por cálculo sumando los porcentajes de humedad, cenizas, extracto etéreo, fibra cruda y proteína cruda, obtenidos anteriormente. La diferencia a 100 representa el extracto no nitrogenado.

## DIGESTIBILIDAD ENZIMATICA "IN VITRO"

Método de la A.O.A.C. 7.040/70 (1).

A 0.5 g de muestra seca y desengrasada se les adicionó 150 ml de una solución de pepsina (con actividad 1:10 - 000) a una concentración de 2g/lt, en una solución de ácido clorhídrico 0.075 N.

Las muestras y el testigo se colocaron en una estufa de incubación a 45°C con agitación constante durante 16 horas, al final de las cuales la suspensión se separó centrifugandola a 2 900 rpm durante 30 minutos.

Del sobrenadante obtenido se tomaron muestras para la determinación de la proteína cruda.

### VI.- DETERMINACION DE ACIDOS GRASOS

La determinación de ácidos grasos se hizo a partir del extracto etéreo obtenido anteriormente.

La grasa obtenida se saponificó, aciduló y se liberaron los ácidos grasos y metilaron. Posteriormente se determinaron por cromatografía de gases según el método de Metcalf (32), los ácidos grasos presentes.

La muestra metilada se analizó utilizando los siguientes parámetros:

- a) Temperatura detector 300°C
- b) Temperatura inyector 270°C
- c) Temperatura columna 220°C (4)' - 2°C/minuto ---  
250°C (8)'

#### VII.- ENSAYO BIOLÓGICO

Determinación de la relación de la eficiencia pro--  
téica (REP).

Las dietas se prepararon de acuerdo al método 39.1-  
66 de la A.O. A.C. (1), ver composición en la tabla 1. En la  
preparación de estas se utilizaron larvas de mosca como fuen--  
te de proteína y caseína como patrón de referencia. A las die--  
tas se les verificó su nivel de proteína cruda.

En la determinación de REP se utilizaron ratas ma--  
cho raza Wistar recién destetadas de 21 a 23 días de nacidas--  
con un peso aproximado de 48 a 55g, proporcionadas por el Bio--  
terio del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del  
I.P.N.

Se emplearon 2 lotes de ratas de 8 animales cada --  
uno, y se mantuvieron 3 días en período de adaptación. Una --  
vez transcurrido este tiempo cada rata se colocó al azar en--  
una jaula individual con comida y agua "ad libitum" durante --  
28 días, registrando el peso de las ratas y el alimento no --  
consumido.



Al primer lote de ratas se le alimentó con una dieta balanceada cuya única fuente de proteína fué la caseína, y en el segundo lote se le mantuvo con una dieta balanceada y con la harina de larvas de mosca como fuente de proteína.

Las ratas y el alimento se pesaron dos veces por semana.

#### VIII.- ANALISIS MICROBIOLOGICO

Finalmente se hizo un análisis microbiológico a la harina de larvas que se utilizó en la preparación de la dieta. Esto con el fin de conocer las condiciones sanitarias en que se encontraba el producto que fué suministrado a las ratas.

Este análisis se realizó en dos etapas:

- 1).- La primera consistió en cuantificar los microorganismos tales como: hongos, levaduras, mesófilos aerobios, coliformes fecales y totales y clostridium. (ver figura 3)
- 2).- Y en segundo término un análisis cualitativo que nos indicara la presencia de bacterias patógenas. (ver figura 4).

Todas las pruebas se realizaron por duplicado.

## R E S U L T A D O S

### PRUEBAS DE PRODUCCION

Los datos de los cambios físicos observados en el estiércol biodegradado se encuentran en la tabla II (pág 39). Anotan que el olor disminuyó notablemente y que, por otro lado, la textura del estiércol fresco de consistencia pastosa, cambió a una franca textura terrosa.

La humedad contenida en el estiércol fresco tuvo un valor de 73.2% y de 15% para el estiércol biodegradado.

Los resultados del análisis practicado al estiércol fresco y biodegradado aparecen en la tabla III (pág 40).

La pérdida de humedad para el estiércol que contenía 1500 huevecillos fué del 73.2% y para el de 2000 huevecillos presentó un valor de 79.5%.

El contenido de nitrógeno del estiércol fresco fué de 19.4%. Mientras que para el estiércol biodegradado se obtuvieron valores de 2.7 y 2.5%.

En la tabla IV (pág 41) se muestran los resultados de productividad de las larvas, en donde observamos que al sembrar 2000 huevecillos en 100 g de estiércol fresco, se obtienen 4.7 g de larvas, y el tamaño de ésta fué de 5.5 mm.

En el caso de 1500 huevecillos se tuvo una producción de 4.3% y la longitud de la larva de 7.2 mm. Los valores obtenidos para 900 y 1200 huevecillos fueron de 3.5 y 3.6 g respectivamente y el tamaño que alcanzaron fué de 9 mm para ambos casos.

#### ANÁLISIS QUIMICO

El análisis proximal realizado a las larvas se muestra en la tabla V (pág 42). El contenido de proteína cruda -- fué de 54.6%, el de extracto etéreo de 30.27%, las cenizas de 5.9%, la fibra cruda del 7.4% y el extracto libre de nitrógeno 1.8%.

La digestibilidad en la harina de larva de mosca -- fué de 90.6% y para la muestra patrón de caseína de 93.3% --- (ver tabla VI).

El análisis de ácidos grasos que se efectuó al extracto etéreo de las larvas (ver tabla VII), señala que contiene 8 ácidos, de los cuales el ácido palmítico, el ácido -- palmitoléico y el ácido oléico son los que se encuentran en -- mayor proporción, además indica la presencia de ácido linoléi -- co en una proporción de 0.868% y del ácido linolénico con --- 0.688%.

## PRUEBA BIOLÓGICA

Los resultados se exponen en la gráfica (ver fig.6) en la cual se reporta el comportamiento que observaron ambos lotes de ratas. En ella se observa que la relación entre el tiempo y el peso ganado por las ratas es directamente proporcional.

En base a estos datos y a la proteína consumida por las ratas, se calculó el REP para cada una (ver tabla VIII).

Aunque generalmente se promedian las REP de cada lote de ratas, se prefirió realizar un tratamiento estadístico que nos indicara diferencias significativas entre ambos tratamientos. Los resultados se muestran en la tabla IX (ver pág 47).

Posteriormente se analizaron los resultados de ganancia de peso de las ratas por períodos de una semana, y se les aplicó el mismo análisis estadístico. Los resultados se presentan en la tabla XI, XII, XIII y XIV.

Además se realizó otra ANOVA al peso inicial de cada rata, con la finalidad de establecer posibles discrepancias significativas que pudieran alterar los resultados posteriores, tales resultados se muestran en la tabla X.

## ANALISIS MICROBIOLOGICO

El análisis microbiológico cuantitativo dió como resultado que para coliformes fecales la cantidad más baja de microorganismos fué menor de 3 col/g, y para coliformes totales se registró un valor que osciló entre 10 y 22 col/g.

En cuanto a los hongos el número obtenido fué de 23 col/g, y para levaduras 150 col/g. Los valores más altos fueron los observados para mesófilos aerobios y clostridium, donde encontramos 2700 y 1600 col/g respectivamente (ver tabla XV).

En la segunda parte se realizó el análisis microbiológico cualitativo para algunos de los microorganismos patógenos más comunes (ver tabla XVI).

En el medio de cultivo SS se observaron colonias características de Salmonella, aunque las colonias son muy semejantes a las de Shigela. En el medio XLD encontramos colonias características de Salmonella, Shigela y Proteus. Sin embargo, las características coloniales de Shigela son muy semejantes a las de P. morganii y P. rettgeri.

Para el medio de MacConkey se encontraron colonias típicas de Salmonella y Shigela, siendo también ambas muy similares; no obstante Proteus presenta características coloniales muy parecidas a Salmonella.

En el medio de bilis y verde brillante se identificaron características típicas y distintivas para Salmonella y E. Coli; y en ASBi encontramos Salmonella. En el caso del medio EMB para E. coli se vieron características muy particulares.

TABLA I .- Composición de la dieta utilizada en las pruebas -  
biológicas.+

COMPONENTE	PORCENTAJE
Proteína	10.0
Mezcla de sales minerales	5.0
Aceite vegetal	8.0
Fibra cruda	1.0
Almidón de maíz	50.0
Azúcar	25.0
Mezcla de vitaminas	1.0

+ Se prepararon de acuerdo al método 39.166 de la A.O.A.C.

( 1 ).

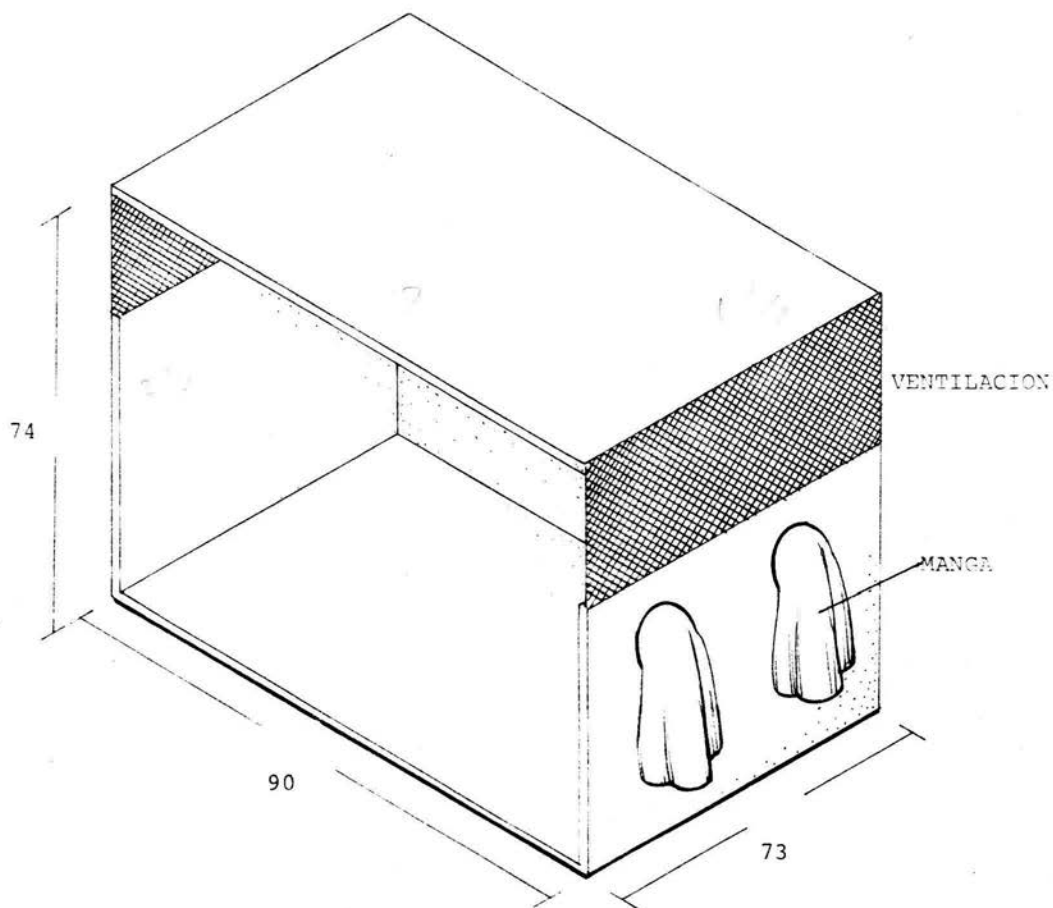


Fig. 1.- Jaula de las moscas utilizada para la producción de huevecillos.



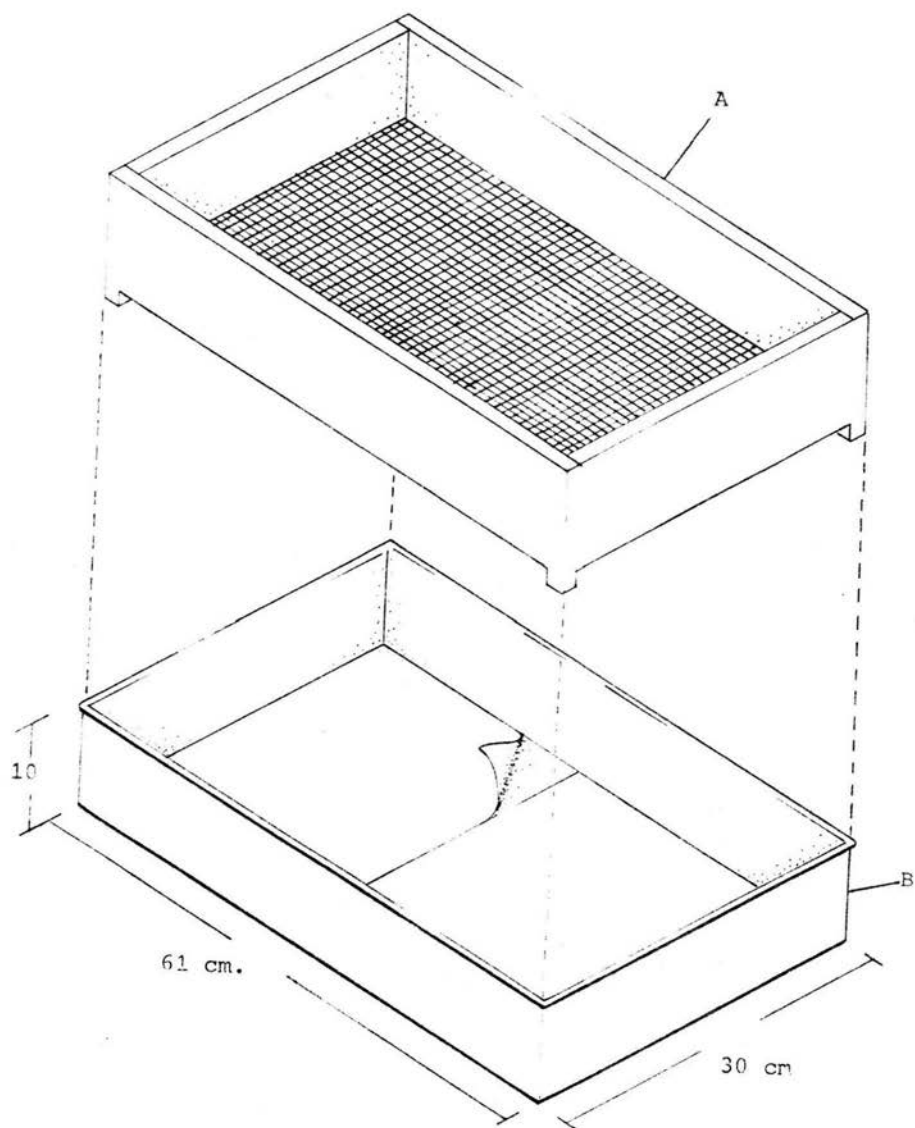


Fig. 2. Dispositivo utilizado para separar por fototactismo negativo las larvas de mosca del estiércol de cerdo. A. Charola de separación. B. Charola de recolección.

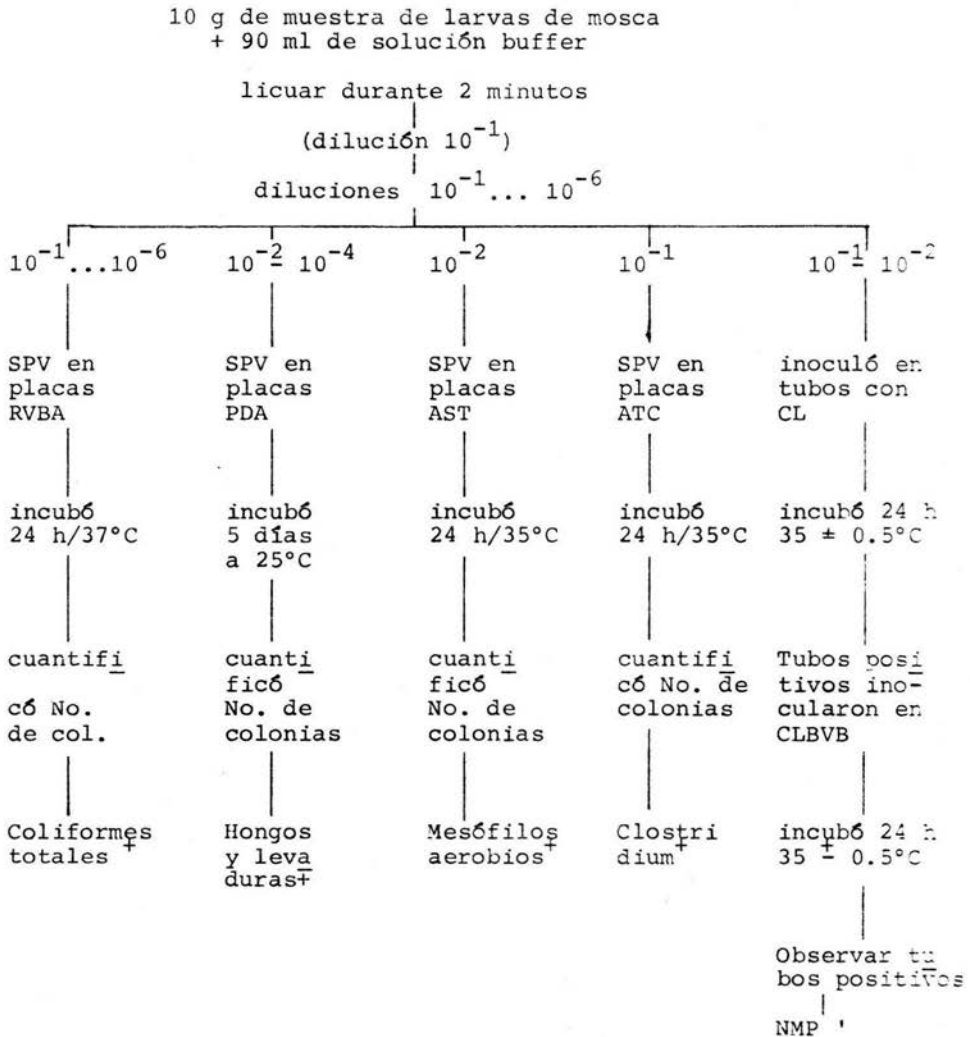


Figura 3.- Esquema que se siguió para la determinación del análisis microbiológico cuantitativo.

SPV - Sembró por vaciado en placa

+ Métodos descritos en el Manual de Microbiología Sanitaria (29).

† Determinación realizada por el método de NMP Standar Methods 46

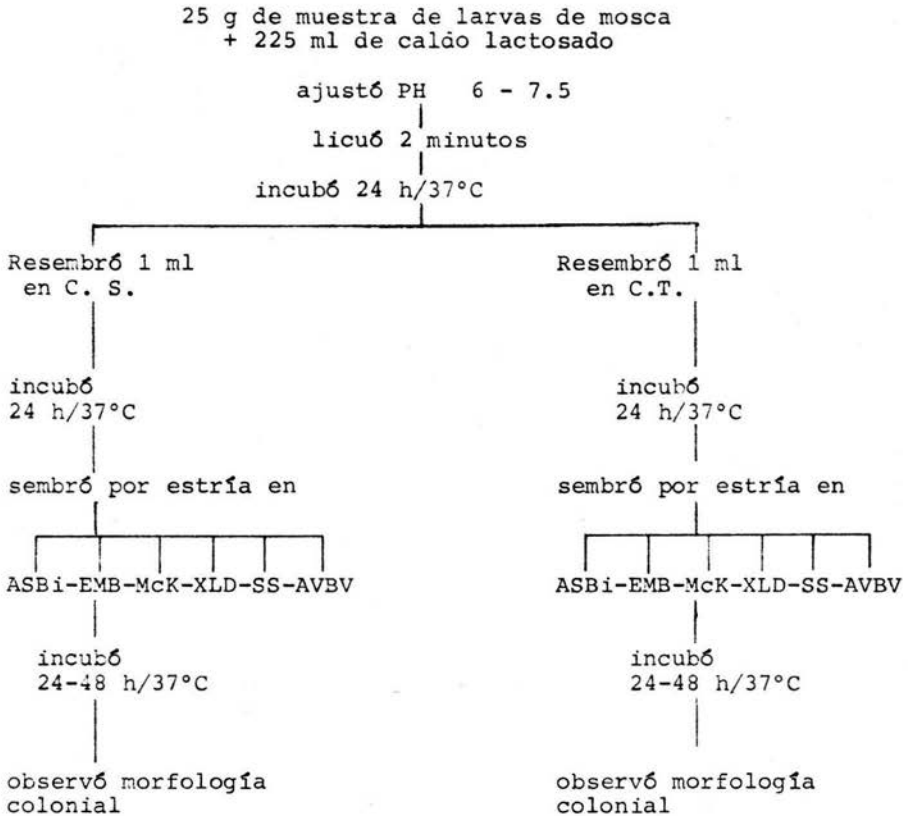


Figura 4.- Esquema que se siguió para la determinación del -- análisis cualitativo para la detección de Shigella, † Salmonella, Proteus y E. coli. † Método de la A.O.A.C. (1). † Técnica del manual de Microbiología Sanitaria (29). † Estas determinaciones se siguieron conforme al Standar Methods (46).

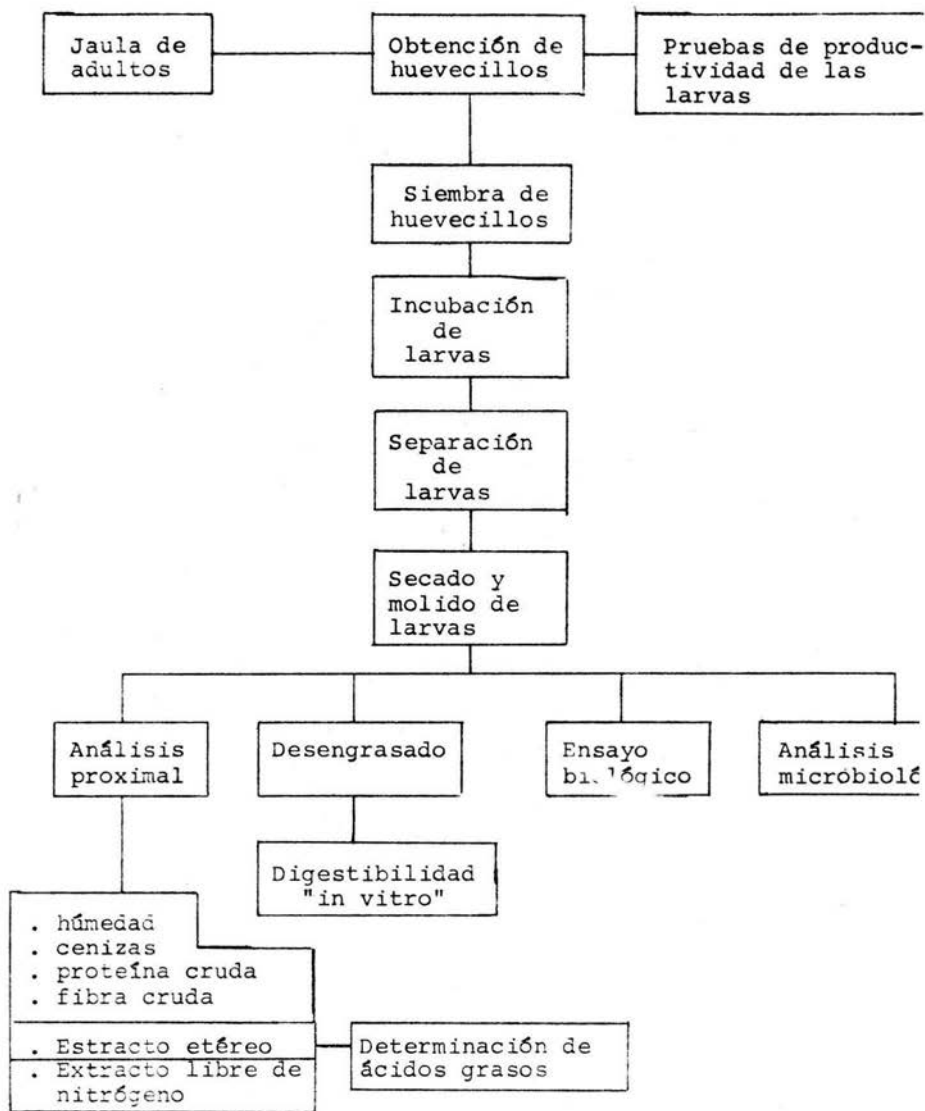


Figura 5 .- Diagrama de flujo de la obtención y procesamiento de la larva de Musca doméstica.

TABLA II.- Cambios físicos observados en el estiércol biodegradado.

Características	Humedad (%)	Olor	Textura
Estiercol fresco	73.2	característico	pastosa
Estiércol seco no biodegradado <sup>+</sup>	54.6	fuerte	piedra
Estiércol biodegradado "	15.0	poco perceptible	terrosa

+ Estiércol que se puso de testigo sin inóculo de huevecillos.

" Estiércol digerido después de 9 días de incubación de las larvas.

TABLA III.- Análisis del estiércol fresco y biodegradado.<sup>+</sup>

No. de huevecillos/ g de estiércol	Pérdida de humedad (%)	Nitrógeno" (%)
15.0	73.2	2.7
20.0	79.5	2.5
estiércol fresco		19.4

+ Después de 9 días del período de incubación.

" Datos reportados en base seca (1).

TABLA IV.- Resultados del porcentaje de larvas, tamaño de la larva y producción para diferentes densidades poblacionales.

No. de huevecillos en 100 g de est.	No. de larvas (%)	Tamaño de la larva (MM)	Producción <sup>+</sup> (%)
900	83.0	9	3.5
1200	64.2	9	3.6
1500	80.5	7.2	4.3
2000	81.7	5.5	4.7

+ Datos reportados en base seca.

TABLA V .- Análisis proximal de las larvas de Musca  
doméstica<sup>+</sup>.

Análisis	Base húmeda (%)	Base seca (%)
Humedad <sup>+</sup>	3.9	---
Proteína cruda <sup>+</sup> ( N X 6.25)	52.5	54.6
Extracto etéreo <sup>+</sup>	29.1	30.3
Cenizas <sup>+</sup>	5.7	5.9
Fibra cruda"	7.1	7.4
E.L.N. <sup>+</sup>	1.7	1.8

+ Se determinaron de acuerdo a los métodos de la A.O.A.C. (1).

" Se determinó por el método descrito por Van de Kamer, and  
Van de ginkel (51).



TABLA VI.- Digestibilidad de la harina de larvas de Musca doméstica.<sup>+</sup>

Producto	Digestibilidad (%)
Caseína	93.3
Harina de larvas de mosca	90.6

+ Método descrito en A.O.A.C. (1).

TABLA VII.- Análisis de ácidos grasos<sup>+</sup> que se realizó  
al extracto etéreo de las larvas.

Acidos grasos	%
Acido mirístico	2.680
Acido palmítico	30.178
Acido palmitoléico	28.109
Acido esteárico	6.948
Acido oléico	25.619
Acido linolénico	0.688
Acido linoléico	0.868
Acido araquídico	0.897
No identificados	4.897

+ Método descrito por Metcalf (32).

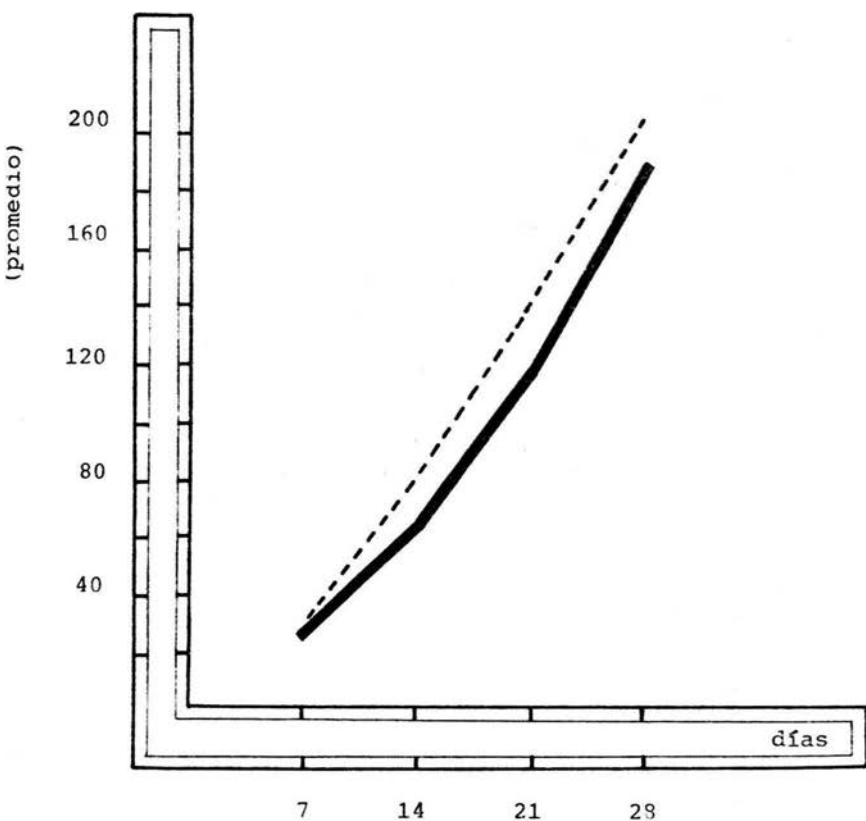


Figura 6.- Curva de crecimiento de las ratas hístar alimentadas con la dieta patrón de caseína (—) y con harina de larva de mosca (---), durante 28 días.

TABLA VIII.- Resultados de los REP para ambos lotes de ratas.

No. de rata	R E P	
	A+	B'
1	2.8	3.7
2	3.0	3.6
3	3.2	3.2
4	3.2	3.3
5	3.3	3.1
6	3.0	3.2
7	3.3	2.9
8	3.2	3.3
Promedio	3.1	3.3
REP corregido	2.5	2.7

+ Tratamiento con dieta basal y caseína como fuente de proteína.

' Tratamiento con dieta basal y harina de larvas de mosca como fuente de proteína.

TABLA IX.- Análisis de varianza realizado a los REP  
de ambos lotes de ratas†

Fuente de estimación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza	Cantidad la cual estima la varianza
Entre clases	0.1063	1	0.1063	2.18
Dentro de clases	0.6837	14	0.0488	
Total	0.7900	15		

† El análisis de varianza se describe en el Applied Numerical Methods (10).

TABLA X.- Análisis de varianza del peso inicial de las ratas.

Fuente de estimación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza	Cantidad la cual estima la varianza
Entre clases	2.0736	1	2.0736	0.14
Dentro de clases	212.468	14	15.1763	
Total	214.5416	15		

TABLA XI.- Resultados del análisis de varianza realizado a la ganancia de peso de las ratas para la -- primera semana.

Fuente de estimación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza	Cantidad la cual estima la varianza
Entre clases	64.8025	1	64.8025	1.09
Dentro de clases	828.535	14	59.1811	
Total	893.3375	15		

TABLA XII.- Resultados del análisis de varianza realizado a la ganancia de peso de las ratas para la -- segunda semana de tratamiento.

Fuente de estimación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza	Cantidad la cual estima la varianza
Entre clases	368.64	1	368.64	2.50
Dentro de clases	2060.60	14	147.18	
Total	2429.	15		

TABLA XIII.- Resultados del análisis de varianza realizado a la ganancia de peso de las ratas para la tercera semana del tratamiento.

Fuente de estimación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza	Cantidad la cual estima la varianza
Entre clases	519.84	1	519.84	1.78
Dentro de clases	4096.98	14	292.64	
Total	4616.82	15		

TABLA XIV.- Resultados del análisis de varianza realizado a la ganancia de peso de las ratas para la cuarta semana del tratamiento.

Fuente de estimación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza	Cantidad la cual estima la varianza
Entre clases	665.64	1	665.64	1.26
Dentro de clases	7410.16	14	529.30	
Total	8075.8	15		

TABLA XV .- Resultados del análisis microbiológico  
cuantitativo efectuado a las larvas.<sup>+</sup>

Organismos	col/g
Levaduras	150
Hongos	23
Coliformes totales <sup>'</sup>	22
Coliformes fecales	< 3
Coliformes totales <sup>"</sup>	10
Mesófilos aerobios	2700
Clostridium	1600

+ El análisis se realizó a la harina de larvas, por lo que ya habían sufrido un tratamiento. Los métodos se describen en el Manual de Microbiología Sanitaria (29).

<sup>'</sup> Determinación de coliformes totales por el método de NMP -- Standard Methods (46).

<sup>"</sup> Determinación de coliformes totales por el método de vaciado en placa, Microbiología Sanitaria (29).



TABLA XVI .- Resultados del análisis microbiológico cualitativo realizado a las larvas.<sup>†</sup>

Medio	Características coloniales			
	Salmonella'	Shigela †	Proteus"	E.coli <sup>+</sup>
SS	ligeramente rosada translúcida	incolora translúcida		
EMB				circular convexa 2 mm de diámetro azul verdoso, brillo metálico.
XLD	rojas con centro negro, 1.3 mm de diámetro, transparentes	rojas transparentes	amarilla transparente.	
McK	ambarinas y transparentes.	pequeñas rosa tenue, transparentes.	incolora transparente.	
ABVB	incolora 1.3 mm de diámetro incolora			zona central morada con halo rosado.
ASBi	grisácea con halo negro, brillo metálico.			

+El análisis se realizó a la harina de las larvas, por lo que no son frescas.

' Se utilizó el método de la A.O.A.C. (1).

" Se siguió la técnica del manual de Microbiología Sanitaria(29)

† Estas determinaciones se siguieron conforme al Standard (46).

D I S C U S I O N

PRODUCTIVIDAD Y ESTABILIZACION DEL ESTIERCOL

La actividad de las larvas trajo como consecuencia una pérdida de humedad en el estiércol, favorecida por la evaporación, que disminuyó la actividad microbiana, esto condujo a una baja en la formación de compuestos volátiles debido --- principalmente a la estabilización de la materia orgánica, lo que finalmente observó una notable disminución del olor.

Cabe notar que no se realizaron análisis para la - determinación de la materia orgánica, pero los resultados en la disminución del olor así lo acusan. Ya que es una de las - manifestaciones de la estabilización de la materia orgánica.

Debido a la pérdida de humedad, ayudada por las enzimas digestivas de la larva y la actividad física de ésta, - queda el estiércol en una forma granular con apariencia terrosa, y a la vez menos pesado y voluminoso.

Es importante enfatizar que la actividad de la larva fué un factor decisivo en la estabilización de la materia- orgánica y de los cambios físicos observados en el estiércol- estabilizado. Esto lo vemos comparando los cambios físicos observados en el estiércol biodegradado con los del testigo --- ( estiércol seco no biodegradado ), en donde en éste último - la disminución de humedad y olor es limitado e insuficiente,-

y por otro lado la textura que presentó fué en forma "de piedra". Por lo cuál el estiércol es más pesado y hace más difícil su utilización y manejo.

Este experimento mostró en primer lugar que las densidades de huevecillos utilizadas no afectaron su eclosión, por lo que la viabilidad del huevecillo se presentó en un 81%.

Por otro lado las inoculaciones más bajas presentaron un bajo rendimiento, no obstante el tamaño de la larva fué el más grande. Pero la estabilización del estiércol no fué completa, ya que quedó más humedo y aún con olor fuerte.

En cambio en los casos en donde se inocularon 1500 y 2000 huevecillos la producción se elevó, pero con una disminución en la longitud de la larva (debido a factores externos limitantes), que en el segundo caso fué más notable, lo cual hacía más difícil su manejo y separación. Sin embargo, en ambos casos el estiércol quedó con una disminución considerable en olor y humedad.

Por lo anterior se consideró que la producción óptima se obtuvo al sembrar un inóculo de 1500 huevecillos, y en donde la biodegradación del estiércol se llevó a una eficaz estabilización.

Es evidente que la disminución de nitrógeno en el-

estiércol biodegradado haya sido alta. Ya que en primer término las larvas remueven el nitrógeno protéico que se encuentra en el desecho, el cual constituye la principal fuente de proteína, y en segundo término fué ayudada por la actividad de microorganismos presentes.

Esto se hizo notar por el desprendimiento de amoníaco en los primeros cuatro días de desarrollo de las larvas, ya que además de ser un producto de desecho de éstas es de vital importancia en los procesos de nitrificación.

#### ANALISIS QUIMICO

El análisis químico practicado a las larvas de mosca acusa un contenido protéico de 54.6%, similar al de la harina de soya que es de 53% (2), y al de la harina de carne, - 55% (13). Ocio (41) reportó 59.05% para larvas de mosca, esta diferencia posiblemente se debió a que en éste caso las larvas se secaron en estufa de vacío, y en el caso de Ocio las larvas se liofilizaron, siendo métodos diferentes de secado.

Pacheco (42) y Reyes (44) obtuvieron valores de 40 y 42.11% de proteína en las larvas de mosca desarrolladas en excretas de cerdo. La diferencia de estos valores con respecto al obtenido en éste trabajo (54.6%) se podría explicar por el hecho de que en el caso de Reyes y Pacheco la separación de éstos vermes se realizó únicamente por la malla, quedando-

las larvas con algo de estiércol residual; mientras que en el presente trabajo además de que las larvas atravezaban el tamiz, también migraban hacia debajo del papel aluminio que se les había colocado para tal fin, dando como resultado que las larvas quedaran completamente limpias y libres de estiércol, en lo posible.

En cuanto a extracto etéreo se observó que las larvas presentan una gran cantidad de grasa, lo que era de esperarse, ya que como estos organismos están en una etapa intermedia de crecimiento tienen bastante alimento almacenado en forma de grasa la cuál le va a proporcionar la energía necesaria para mantenerse durante la etapa de metamorfosis (53). Pacheco (42) y Reyes (44) reportaron resultados similares, 29 y 28% respectivamente.

Dado el alto contenido de extracto etéreo en las larvas, se consideró importante conocer su composición. En este análisis se puede apreciar que los ácidos palmítico, palmítico y oléico son los de mayor proporción en la muestra. Aunque también encontramos el ácido linoléico y linoléico -- que son de suma importancia nutricional.

Calvert (4) es el único autor que reporta análisis de ácidos grasos, y comparándolos con los resultados obtenidos se observa que ambos análisis son muy similares, ya que presentan igual número de ácidos y los mismos, a excepción --

del ácido araquídico que no se presenta en el reporte de Calvert y que en su lugar se encuentra el ácido láurico. Por otro lado tanto el ácido palmítico como el ácido palmitoléico y oléico se encuentran en mayor proporción concordando con lo reportado por Calvert. No así el ácido linoléico en el que -- Calvert reporta 14.9%, que es muy diferente al valor obtenido en este trabajo que fué de 0.868%. Estas diferencias posiblemente se deban a las metodologías utilizadas, aunque Calvert no indica el método utilizado en su determinación.

El contenido de cenizas es muy similar al valor obtenido por Ocio (41) de 7.2%, en tanto que el observado por Reyes (44) de 13.2% y Pacheco (42) de 12.1% es muy disímil, lo cual puede deberse a la forma en que separaron las larvas del estiércol. En este trabajo las larvas quedaron libres de estiércol (como ya se explicó), en tanto que Reyes (44) y Pacheco (42) dejaron a las larvas con estiércol residual.

Aunque no se tiene referencia de otros autores del contenido de fibra cruda en las larvas de Musca doméstica, el valor que se obtuvo en éste trabajo, 5.9%, es similar al de 6.4% obtenido por Hale (18) y al de 7.0% reportado por Newton y colaboradores (40), ambos resultados para la larva de Hermetia illucens, llamada comunmente mosca soldado.

Este contenido de fibra cruda lo compone en su mayoría la quitina, que forma parte de la cutícula de la larva-

y que constituye uno de los principales compuestos del exoesqueleto de la mosca adulta. Este es un polisacárido estructural derivado de la N-acetilglucosamina por lo que es difícil su degradación enzimática.

Para el extracto libre de nitrógeno, que son en su mayoría carbohidratos, se obtuvo un valor de 1.8%, siendo el glicógeno el compuesto predominante de estos hidratos de carbono y que es otra de las reservas energéticas de la larva en la etapa de pupa.

#### DIGESTIBILIDAD ENZIMÁTICA "IN VITRO"

Por otro lado la digestibilidad fue muy aceptable, observando un valor de 90.0% para la larva de mosca, valor -- muy cercano al de la caseína que presentó un valor de 93.3%. Este resultado influyó mucho en las pruebas de REP.

#### PRUEBA BIOLÓGICA REP

Los bioensayos demostraron que el comportamiento alimenticio en el lote de ratas que se alimentó con harina de larva de mosca fue similar al del alimentado con caseína.

Esto nos lo indica la curva de crecimiento (ver gráfica), ya que en ningún momento las ratas alimentadas con la proteína a probar (harina de larvas de mosca) observaron pérdi

da de peso. Inclusive se podría pensar al observar la gráfica que el aprovechamiento fué aún mejor que el que presentaron con la caseína. Esto quizá se debió a un consumo mayor del alimento a probar, pues inferimos que presentaba un olor atractivo para las ratas.

Sin embargo, el análisis estadístico muestra que no existió diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) en el REP de ambos lotes de ratas.

Por otro lado el análisis de varianza que se realizó a la ganancia de peso de las ratas por períodos de una semana, demostró que tampoco hubo diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre el lote patrón y el lote de ratas en experimentación.

Podemos añadir que en el experimento no hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el peso inicial de las ratas, lo cual se ve en el análisis estadístico.

El índice de mortalidad fué de cero, dato diferente al obtenido por Reyes (44) el cual reportó un 10% de mortalidad y Pacheco (42) con un 35% en los bioensayos con aves. Aunque estos autores argumentan que se debió a nerviosismo en los animales ocasionado por ruidos agudos de algunas máquinas que se encontraban cerca.

Finalmente, aunque no fué posible realizar el ami-



nograma, por los datos reportados por Ocio (41) se sabe que la harina de larva presenta todos los aminoácidos esenciales, con excepción del triptófano. Por lo que se considera a la proteína de harina de larva de mosca de buena calidad.

Esto debió influir en gran medida en la prueba de REP, lo cual se advierte con el análisis estadístico de este parámetro, como ya se expuso anteriormente.

#### ANALISIS MICROBIOLOGICO

Como ya se explicó el análisis microbiológico se llevó a cabo en dos etapas la primera fué la cuantitativa y una segunda que fué cualitativa. Cabe mencionar que las larvas que se utilizaron en estos análisis no eran frescas, es decir, ya habían sufrido un tratamiento.

Para la primera etapa se encontró que el número de coliformes tanto fecales como totales fué muy bajo, mientras que para levaduras y hongos se observó un número mayor, y donde encontramos los valores más altos fueron en *Clostridium* y mesófilos aerobios.

Estos resultados se pueden explicar por el hecho de que la muestra que se utilizó para el análisis ya había tenido un tratamiento térmico, se había secado en estufa de vacío a 50° C hasta peso constante y posteriormente se había --

conservado en congelación.

Por tanto los microorganismos coliformes murieron durante el tratamiento, en tanto que las levaduras, hongos, mesófilos aerobios y clostridium crearon estructuras de resistencia (esporas), las cuales soportan temperaturas hasta de -50° C durante mucho tiempo, y que al ponerseles en condiciones favorables crecieron y se desarrollaron.

Así los coliformes que se encontraron se originaron posiblemente por una contaminación posterior al tratamiento.

No obstante el número de microorganismos que se encontraron para levaduras y hongos fué bajo.

En el análisis microbiológico cualitativo se detectó la presencia de Salmonella, Shigela, Proteus, y E.coli, formando colonias características, sin embargo, como no se realizaron pruebas bioquímicas para la completa identificación de estos microorganismos, se considera que su presencia es presuntiva. Para E.coli fué el único microorganismo que sí se confirmó su presencia ya que las colonias de ésta bacteria son muy características en los medios de cultivo señalados.

No se tienen reportes de análisis microbiológico en las larvas de mosca, y en el presente trabajo se realizó con el fin de conocer las condiciones sanitarias de éste producto que se dió como alimento a las ratas.

## C O N C L U S I O N E S

En términos generales podemos decir que este sistema es efectivo para la estabilización de las excretas de cerdo, ya que es notable la disminución del contenido de humedad que propicia la inhibición bacteriana y que trae como consecuencia un descenso en el desprendimiento de gases tóxicos.

A lo anterior se añade que el estiércol con textura terrosa, resultado de la actividad de las larvas, representa menos inconvenientes para su manejo y utilización, que su anterior consistencia pastosa.

En otro aspecto, estimamos la proteína de buena calidad, ya que para un 100% de sustitución sostuvo el crecimiento de ratas de iniciación al mismo nivel que la proteína patrón. Además su REP no presentó diferencia significativa -- ( $P > 0.05$ ) con respecto al de la caseína.

Es importante, aunado a la obtención de proteínas de buena calidad, el utilizar un sistema que ayude a disminuir la contaminación ambiental ocasionada por excretas, dándoles así un uso evitando que sean arrojadas a los cuerpos de agua como es usual en la práctica cotidiana de la industria porcícola.

Finalmente, siendo un método natural, no requiere -

de altos costos de inversión ni de personal especializado ó -  
tecnología sofisticada, por lo que lo hace un proceso de fá--  
cil implementación.

## R E C O M E N D A C I O N E S

Aunque éste trabajo se llevó a efecto a nivel de laboratorio, Calvert (38) trabajó con 12 toneladas de gallina za obteniendo resultados similares a los de laboratorio. Por lo tanto sería recomendable realizar estudios sobre la estabilización de la materia orgánica en excretas de cerdo a una escala mayor mediante el sistema de larvas de mosca.

Por otro lado, es de suma importancia realizar estudios sobre el contenido de nutrientes del estiércol digerido y su disponibilidad para las plantas.

Es conveniente un estudio microbiológico a las larvas recién separadas del estiércol y después del tratamiento a que se les va a someter.

## ANALISIS DEL TRABAJO

El presente trabajo ha tratado de dar una alternativa de uso a los desechos porcícolas para así coadyuvar al inaplazable control de la contaminación ocasionada por estos materiales, siendo esto, el motivo principal del desarrollo de este trabajo.

La contaminación por excretas se puede controlar reciclando estos desechos, ya que de esta manera lo que se consideraba desperdicio ahora representa la materia prima para sistemas biotecnológicos.

Por ello consideramos de vital importancia la utilización de larvas de mosca doméstica como un método para la estabilización biológica de las excretas de cerdo, en donde los productos finales pueden ser utilizados como alimento para animales y como abono orgánico.

Esta alternativa alimenticia proporciona proteína de buena calidad a bajo costo, lo cual resultaría atractivo para los granjeros ya que sería costeable utilizar los desechos pues esto disminuiría los gastos de producción, además estos son productos indirectamente utilizados para la alimentación humana.

De ahí la importancia económica y ecológica que reviste el utilizar estos sistemas, que aunque implican una inversión inicial en los costos de operación, con una visión a largo plazo, estas opciones biotecnológicas reducen el impacto ambiental y prometen el uso sostenido y racional de los -- recursos naturales.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- A.O.A.C. 1974."Official Method Analysis Association of -- Official Analytic Chemist". Washington, D.C., USA.
- 2.- Baduin, Salvador Dergal. 1982. "Química de los Alimentos". Alhambra Universidad.
- 3.- Bhattacharya, A.N. and Taylor, J.C. 1975. "Recycling Animal Waste as a Feedstuff: A Review". Journal of Animal Science, 41(5): 1438-1456.
- 4.- Calvert, C.C., Martin, R.D. and Morgan, N.O. 1969a. "House Fly Pupae as Food for Poultry". Journal of Economic Entomology, 62 (4): 938-939.
- 5.- Calvert, C.C., Martin, R.D. and Morgan, N.O. 1969b. "Dual Roles for House-Flies in Poultry Manure Disposal". Poultry Science, 48:1793.
- 6.- Calvert, C.C., Morgan, N.O. and Martin, R.D. 1970. "House Fly Larvae: Biodegradation of Hen Excreta to Useful Products". Poultry Science, 49:588-589.
- 7.- Calvert, C.C., Morgan, N.O. and Eby, H.J. 1971. "Biodegraded-Hen Manure and Adult House Flies: Their Nutritional Value to the Growing Chick". In Livestock Waste Management and Pollution Abatement. Proceeding of the International Symposium on Livestock Waste. St. Joseph, Michigan. 319-320.



- 8.- Calvert,C.C. 1974. "Animal Waste as Substrate for Protein Production". Federation Proceeding, 33(8):1938-1939.
- 9.- Calvert,C.C. 1979. "Use of Animal Excreta for Microbial- and Insect Protein Synthesis". Journal of Animal Science, 48(1):178-192.
- 10.- Carnahan,B.,Luther,H.a.,Wilkes,J.O. 1969. "Applied Numerical Methods". Copyright.
- 11.- Collins,C.H. and Lyne,P.M. 1976. "Microbiological Methods" Fourth Edition. Butterworths.
- 12.- Chapman,D.F.,Castillo,R. and Campbell,J.A. 1959. "Evaluation of Protein in Foods". Canadian Journal of Biochemistry and Physiology, 37:679-686.
- 13.- Church,D.C.,1977. "Livestock Feeds and Feeding. Copyright.
- 14.- Fontenot,J.P. and Webb,K.E.Jr.,1974. "Poultry Wastes as Feedstuffs for Rumiants". Federation Proceeding, 33(8):- 1936-1937.
- 15.- Fosgate,O.T. and Babb,M.R.,1972. "Biodegradation of Animal Wastes by Lumbricus Terrestris". Journal of Dairy -- Science 55; 870.
- 16.- Gasser,J.K.R.,1984. "Composting of Agricultural and other Wastes". Agricultural and Food Research Councill, London, UK, Elsevier Applied Science Publisher, London and New -- York.

- 17.- Hackler, L.R., 1977. "Methods of Measuring Protein Quality: A Review of Bioassay Procedures". *Cereal Chemistry*, 54(4):984-995.
- 18.- Hale, O.M., 1973. "Dried Hermetia illucens Larvae (Díptera: Stratiomyidae) as a Food Additive for Poultry". *Journal - Georgia of Entomological Society*, 8(1):16.
- 19.- Harmon, B.G., Day, D.L., Jensen, A.H. and Baker, D.H., 1972. -- "Nutritive Value of Aerobically Sustained Swine Excre---ment". *Journal of Animal Science*, 34(3):403-407.
- 20.- Harmon, B.C., Day, D.L., Jensen, A.H. and Baker, D.H., 1973. -- "Nutritive Value of Aerobically or Anaerobically Proce---ssed Swine Waste". *Journal of Animal Science*, 37(2): 510 - 514.
- 21.- Hernández, J.V., 1984. "Aspectos Generales Sobre la Situación de la Ganadería del Estado de Michoacán". *Memoria - de la Reunión Pecuaria en México*, INIP-SFR, pág. 350.
- 22.- House, H.L. and Barlow, J.S., 1958. "Vitamin Requirements - of the House Fly, Musca domestica L. (Díptera: Muscidae). *Annals Entomological Society of America*, 51:299-302.
- 23.- Jensen, A.H. et al., 1972, "Management and Housing for -- Confinement Swine Production". *Copp.Ext.Serv.circular -- 1064*. University of Illinois at Urbana Champaign 35 pag.

- 24.- Klas, D.L., 1984. "Methane from Anaerobic Fermentation". Science, 223(4640):1021-1028.
- 25.- Kornegay, E.T., Holland, M.R., Webb, K.E., Bovard, K.P. Jr. and Hedges J.D., 1977. "Nutrient Characterization of Swine Fecal Waste and Utilization of these Nutrients by Swine". Journal of Animal Science, 44(4):608-619.
- 26.- Leonard, A.M., John, K.L., Harold, f.A. and Richard, G.M., "Nutrición Animal"
- 27.- Lofs-Holmin, Astrid, 1985. "Vermiculture". Swedish University of Agricultural Science, Department of Ecology and Environmental Research. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- 28.- Manual bioxon, 1985. "Medios de Cultivo y Reactivos de Diagnóstico.
- 29.- Manual de Laboratorio, 1983. "Microbiología Sanitaria". Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN.
- 30.- Mariscal, G.L., 1980. "Revisión Bibliográfica sobre Manejo y Utilización de Excretas Producidas en criaderos Porcinos Como Fertilizante y su Producción de Alimentos". División de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. tesis.
- 31.- Massieu G.H., Cravioto, R.O., Cravioto, O.Y. y Figueroa, F. de M., 1959. "Nuevos Datos Sobre el Valor Nutritivo de Algunos Insectos Comestibles Mexicanos". Anais Da Sociedade de Biología de Pernambuco, 16(1):91-104.

- 32.- Metcalf, 1972. "Fatty Acid Determination". Varian Aero--graph.
- 33.- Miller,B.F.,Lindsay,W.L. and Parsa,V.A. 1969. "Use of -- Poultry Manure for Correction of Zn and Fe Deficiencies- in Plants". Proceeding of the Conference on animal Waste Management, Cornell University, Ithaca,N.Y.
- 34.- Miller,B.F.,1969. "Biological Digestion of Manure by Dip tera" Feedstuffs, 41(51):32.
- 35.- Miller,b.F., and Shaw,J.H.,1969. "Digestion of Poultry - Manure by Diptera". Poultry Science, 48-1844.
- 36.- Miller,B.F.,Teotia,J.S. and Thatcher,T.O.,1974. "Diges-- tion of Poultry Manure by Musca doméstica". British of - Poultry Science, 15:231-234.
- 37.- Miller,B.F.,1976. "Manure, Flies and Feed". Animal Scien ce June 3, Colorado University, 6 page.
- 38.- Morgan,N.O.,Calvert,C.C. and Martin,R.D.,1970. "Biodegra ding Polutry Excreta with House Fly Larvae: The Concept and Equipment". United States Departament of Agricultu-- ral, Agricultural Research Service, 33-136.
- 39.- Neuhauser,E.F.,Kaplan,D.L.,Malecki,M.R. and Hartenstein, R.,1980."Materials Supporting Weight Gain by the Earth- worm Eisenia foetida in Waste Conversion Systems". Agri cultural Wastes 2:43-60.

- 40.- Newton,G.L.,Booram,C.V.,Baker and Hale.O.M.,1977 "Dried-  
Hermetia illucens Larvae Meal as a Suplement for Swine".  
Journal of Animal Science, 44(3):395-400.
- 41.- Ocio,E. and Viñaras,R. and Rey,J.Ma.,1979. "House Fly --  
Larvae Meal Grow on Municipal Organic Waste as a Source-  
or Protein Diets". Animal Feed Science and Technology, -  
4(3):227-231.
- 42.- Pacheco,A.A.J.,1980. "Larva de Mosca (Musca domestica).  
Alternativa como fuente de proteína en la cría de codor-  
niz (Cuturnix sp)". Departamento de Zootecnia, Chapingo,  
México, Universidad Autónoma Chapingo. tesis.
- 43.- Ramos,Julieta-Elorduy de Conconi,1982. "Los Insectos Co-  
mestibles de México". Rev.Tecnol.Aliment.México. 17(6) -  
19-22.
- 44.- Reyes,Mendel,R.R.,1980. "Estudio Preliminar de la Larva-  
de Mosca (Musca domestica), como Fuente de Proteína en -  
Dietas Para Pollos". Departamento de Zootecnia, Chapin-  
go, México, Universidad Autónoma Chapingo. tesis.
- 45.- Shuler,M.L.,1980. "Utilization and Recycle of Agricultu-  
ral Waste and Residues". CRC Press.Inc., Boca Raton, Flo-  
rida, Primera edición.
- 46.- Standard Methods, 1975. "For the Examination of Water --  
and Wastewater". APHA-AMWA-WPCF, 14th Edition.

- 47.- Teotia, J.S. and Miller, B.F., 1970a. "Factor Influencing Catabolism of Poultry Manure with Musca domestica". --- Poultry Science, 49:1443.
- 48.- Teotia, J.S. and Miller, B.F., 1970b. "Nutritional Value of Fly Pupae and Digested Manure". Poultry Science, 49:-1443.
- 49.- Teotia, J.S. and Miller, B.F., 1973. "Environmental Condition Affecting Development of House Fly Larvae in Poultry Manure". Environmental entomology, 2(3):329-333.
- 50.- Teotia, J.S. and Miller, B.F., 1974. "Nutritive Content of House Fly Pupae and Manure Residues". British of Poultry Science, 15:177-182.
- 51.- Van de Kamer, J.H. and Van Ginkel, L. 1952. "Rapid Determination of Crude Fiber in Cereal". Cereals Chemistry, 29-(4):239-250.
- 52.- Vega de la, V.f., Doporto, D.J., Quintana, R.F., Peralta, R.C. y Navarro, 1985. "Indices de Producción en el Ganado Porcino". Reunión de Investigación Pecuaria en México. FMVZ--UNAM. pág. 297.
- 53.- West, L.S., 1951. "The House Fly". Comstock Publishing.
- 54.- Wheeler, R.P. and Fiphe, T.D., 1980. "Pollution from Farms". Effluent and Treatment Journal, 20(2):62-65.

- 55.- Wilkinson, S.R., 1979. "Plant Nutrient and Economic Value-  
of Animal Manure". Journal of Animal Science, 48(1): 121  
-133.
- 56.- Young, r.J., 1973. "Symposium: Nutritional Potential for Re-  
cycling Waste". Symposium Presented at the 57th Annual -  
Meeting of the Federation of American Societies for Expe-  
rimental Biology, Atlantic City, New Jersey, April 18.
- 57.- Yúfera, E.P., 1973. "Química Agrícola". Tomo III Alimen-  
tos, Editorial Alhambra.

A P E N D I C E

Fórmulas y expresiones que se utilizaron para procesar la información.

1).- Análisis microbiológico.- Significado de las siglas utilizadas para expresar los medios de cultivo.

RVBA - Agar de vilis y rojo violeta ( Bioxon ).

PDA - Agar de papa y dextrosa (Bioxon, Difco)

ATC - Agar de ciloserina y yema de huevo TSC (29).

AST - Agar de soya y tripticaseína (Bioxon).

CL - Caldo lactosado (bioxon).

CLBVB -Caldo lactosado bilis verde brillante (Bioxon).

EMB - Agar levine con eosina y azul de metileno (Bioxon).

McK - Agar de MacConkey (Bioxon).

XLD - Agar Xilosa-lisina-desoxicolato (Bioxon).

SS - Agar Salmonella y Shigela (Bioxon).

AVBV - Agar de bilis verde brillante (Bioxon).

C.T. - Caldo de tetraciónato (Bioxon).

C.S. - Caldo selenito de sodio (Bioxon).

ASBi - Agar sulfito y bismuto (Bioxon).



2).- Fórmulas utilizadas en el análisis proximal.

$$\text{a) \% Humedad} = \frac{(\text{ ml de H}_2\text{O} )}{\text{peso de la muestra (g)}} \times 100$$

$$\text{b) \% Cenizas} = \frac{\text{peso de las cenizas}}{\text{peso de la muestra (g)}} \times 100$$

$$\text{c) \% Extracto etéreo} = \frac{\text{peso de la grasa}}{\text{peso de la muestra (g)}} \times 100$$

d) Proteína cruda.

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{ml de HCl} - \text{ml blanco}) (\text{normalidad de HCl}) (0.014)}{(\text{ g de muestra})} \times 100$$

$$\% \text{ Proteína cruda} = (\% \text{ de nitrógeno}) \times 6.25.$$

$$\text{e) \% Fibra cruda} = \frac{(\text{peso de la fibra cruda})}{\text{peso de la muestra.}} \times 100$$

f) Digestibilidad enzimática "in vitro"

$$\% \text{ de proteína digerida} = \frac{A - B}{C} \times 100$$

A = Proteína cruda solubilizada de la muestra digerida

B = Proteína cruda de la pepsina (testigo)

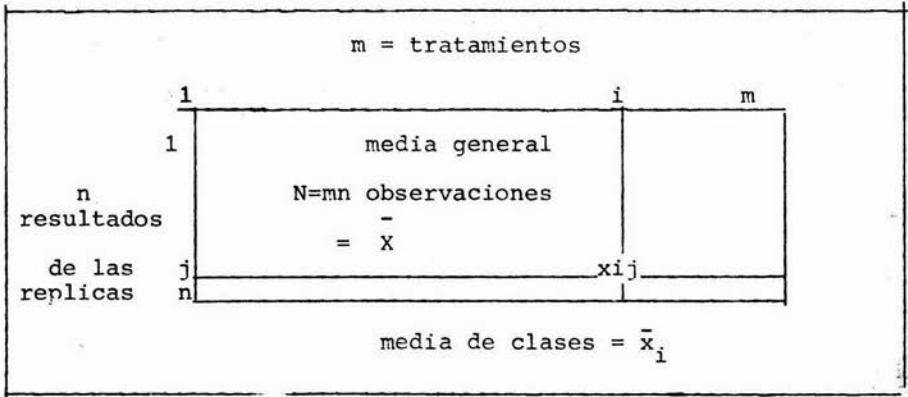
C = Proteína cruda de la muestra

g) Prueba Biológica REP

$$\text{REP} = \frac{\text{peso ganado (g)}}{\text{Proteína consumida (g)}}$$

3).- Expresiones y modelo utilizados en el análisis de varianza para el procesamiento de los datos de la prueba biológica.

MODELO DE ANALISIS DE VARIANZA



ANALISIS DE VARIANZA DE UNA CLASIFICACION CON REPLICAS

Fuente de estimación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza	Cantidad la cual estima la varianza
Entre clases	$S_i = n_i (\bar{X} - \bar{X})^2$	m - 1	$\frac{S_i}{m - 1}$	$\sigma^2 + n \sigma^2$
Dentro de clases	$S_j(i) = \sum_{ij} (x_{ij} - \bar{X})^2$	N - m	$\frac{S_j(i)}{N - m}$	$\sigma^2$
Total	$S = \sum_{ij} (x_{ij} - \bar{X})^2$	N - 1		