

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

EMPLEO DE Periplaneta americana L. (DICTYOPTERA:  
BLATTIDAE) EN EL RECICLAJE DE DESECHOS  
ORGANICOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO.  
DETERMINACION DE SU CICLO DE VIDA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G A

P R E S E N T A :

JULIETA EDUWIGES FAJARDO MARISCAL

CIUDAD UNIVERSITARIA. MEXICO, D.F., JULIO, 1990



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

EMPLEO DE Periplaneta americana L. (DICTYOPTERA:BLATTI  
DAE) EN EL RECICLAJE DE DESECHOS ORGANICOS EN CONDICIONES DE  
LABORATORIO. DETERMINACION DE SU CICLO DE VIDA.

TESIS PRESENTADA ANTE LA  
DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES DE LA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
DE LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE :

B I O L O G A

POR

JULIETA EDUWIGES FAJARDO MARISCAL.

ASESORES :

DRA. JULIETA RAMOS-ELORDUY B.  
M. EN C. J. MANUEL PINO MORENO

INSTITUTO DE BIOLOGIA

A Dios. Por todo lo que me ha dado.  
Por esta hermosa vida.

De Dios vienen los bienes y los males ,  
la vida y la muerte, la pobreza y  
la riqueza  
De Dios son la sabiduría, la disciplina  
y la ciencia de la ley; y del  
mismo son la caridad y las  
obras que hacen los  
buenos.

Ecli. XI, 14-15

A mis **padres**, con amor y agradecimiento

A mi **abuelita**, por tanto amor y cuidados.

A mis **hermanos**, los que han sido ejemplo  
a seguir.

A **Mauricio**, por dar luz a mi vida.

A mis amigas de siempre: Leticia P., Martha N.,  
Ana A. e I.Sonia.

A todas aquellas personas que han com-  
partido conmigo su cariño  
y sus experiencias.

A todos aquellos que siempre han confiado en mí.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México que permitió mi consolidación académica.

Al Instituto de Biología, al Laboratorio de Nutrición y Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y al Instituto de Investigaciones Biomédicas, por todo el apoyo brindado.

A mi directora de tesis, la Dra. Julieta Ramos-Elorduy B., que me guió con sencillez y paciencia durante y hasta la culminación de la misma.

De igual manera a mi asesor, el M.en C. José Manuel Pino Moreno. Por su incommensurable ayuda. Por sus valiosos y acertados consejos.

A la Dra. Nora E. Galindo Miranda, a la M.en C. Graciela Serrano  
Limón y al Biol. Javier García Figueroa, quienes  
accedieron tan gentilmente a revisar el  
manuscrito y formar parte de la  
comisión dictaminadora de  
mi examen.

Muy especial y cariñosamente a Johnny, a Sibi y a Güicho,  
por su ayuda incondicional y constante.

Y finalmente de todo corazón a mis grandes compañeros y amigos :  
Martha N.Godínez O., I.Sonia González S., Gilberto J.  
Matamoros T., Eduardo Porras L., J.Alberto  
Ramírez O., Sara Solís V., Ana A.  
Torres T., Antonio Yañez R.,  
y E.Elizabeth Collins P.

# I N D I C E

## RESUMEN

Introducción.....	1
Objetivos.....	12
Antecedentes.....	13
Materiales y Métodos.....	24
Fase I. Incremento del pié de cría.....	24
Fase II. Reciclaje de desechos.....	27
Fase III. Valoración Nutritiva.....	29
Materia Seca y Humedad.....	30
Sales Minerales (Cenizas).....	30
Proteína Cruda.....	31
Extracto Etéreo.....	32
Fibra Cruda.....	33
Extracto Libre de Nitrógeno.....	34
Proteína Verdadera.....	34
Aminoácidos.....	34
Resultados.....	35
Porcentaje de sobrevivencia de las poblaciones iniciales.....	35
Duración del ciclo de vida.....	37
Porcentaje de reproducción esperado.....	39
Porcentaje de sobrevivencia esperado de la descendencia (F1).....	41
Consumo de alimento.....	43
Biomasa.....	45
Valoración Nutritiva.....	47
Dietas.....	47
Ninfas.....	52
Adultos.....	56
Proteína Verdadera.....	61
Aminoácidos.....	63
Discusión.....	66
Conclusiones.....	89
Literatura Citada.....	91

## Cuadros



## RESUMEN

Se plantea el empleo de Periplaneta americana L. (Dictyoptera: Blattidae) en el reciclaje de desechos orgánicos en condiciones de laboratorio, la determinación de la duración total de su ciclo de vida en estas condiciones, la valoración nutritiva de sus componentes corporales, el establecimiento de un medio de cultivo óptimo para esta especie que dé la pauta en su industrialización, y su posible aprovechamiento en la alimentación de animales que el hombre consume como alimento.

Se ensayaron para reciclar diferentes desechos, tanto de origen animal (Estiércol de Bovino y Excretas de Tenebrio molitor L.), como aquellos de origen vegetal (Desechos Orgánicos Caseros, Contenido Ruminal y Maíz degradado por Tribolium confusum D.), y composta. A algunos de estos desechos se les agregó NH<sub>4</sub>OH al 4% con la finalidad de elevar la cantidad de nitrógeno del sustrato; en otros casos, levadura para proporcionar proteína de buena calidad; y melaza para aumentar la energía de la ración ofrecida a estos insectos. Igualmente se hicieron algunas combinaciones entre ellos.

La valoración nutritiva se llevó a cabo mediante un análisis químico bromatológico, que consiste en la determinación del porcentaje de humedad por el método de secado a peso constante; las sales minerales (cenizas) por calcinación; las grasas (extracto etéreo) por extracción con éter de petróleo; las proteínas por el método de Kjeldal; la fibra cruda por digestiones ácida y alcalina; y los carbohidratos (extracto libre de nitrógeno) calculados por diferencia.

El mayor porcentaje de sobrevivencia de los progenitores (72%), se encontró en la dieta a base de desechos orgánicos caseros combinados con 25% de excretas de T. molitor L.; la duración total del ciclo de vida de P. americana L. en la dieta testigo (Purina) fue de 4 meses 15 días, igualada por la dieta de desechos orgánicos caseros mezclados con 10% de levadura; el mayor porcentaje esperado de reproducción (101.04%) se presentó también en la dieta constituida por desechos orgánicos caseros y 10% de levadura; el mayor porcentaje esperado de sobrevivencia de la descendencia fue de 25.5% y se encontró en la dieta de desechos orgánicos caseros mezclados con 25% de excreta de T. molitor L.; el mayor consumo de alimento (120.0 g) fue para la misma dieta antes señalada; la mayor biomasa obtenida finalmente (92.0 g de peso seco) se encontró en la dieta de purina.

Con la valoración nutritiva de esta especie se afirma que: posee un alto contenido de proteína cruda, que oscila entre el 50 y 70% del peso de su cuerpo; de grasas entre el 7 y 40%; en sales minerales entre el 3 y 6%; y en fibra cruda entre el 4 y 12%

Se cuantificaron los aminoácidos de las proteínas de ninfas alimentadas con algunas de las dietas, encontrándose que como promedio, la cantidad de proteína verdadera que contienen es de 58.02%

Se considera que por el momento el cultivo de P. americana L. a gran escala, es incierto. Sin embargo, con este estudio se da la pauta para su optimización. En vista de los hábitos alimenticios de esta especie, se ha demostrado que podría ser buena recicladora de los desechos orgánicos, preferentemente de los de tipo casero, además de las excretas de T. molitor L. Aunque su proteína no sea de muy buena calidad -por su carencia de triptófano- sí podría ser utilizada en la elaboración de raciones para pollos en vista de su alto contenido en lisina (3.35% en promedio) ya que únicamente de esta manera podría ser empleada en la alimentación.

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

En la actualidad uno de los problemas principales que la humanidad debe afrontar, es el que se refiere a la alimentación.

Se sabe que la alimentación es el cordón que mantiene físicamente unido a un organismo con su ambiente natural.

En el caso de los humanos, existen un conjunto de factores tradicionales y culturales que no dependen exclusivamente de la interacción RECURSOS-HOMBRE-AMBIENTE , porque tienen su origen en el pensamiento humano y se transmiten, junto con sus demás creaciones, a través de las generaciones, por lo que todo estudio centrado en la alimentación y nutrición del hombre reflejará la complejidad de la relación entre la fisiología de la nutrición y las funciones sociales de la comida.

Por otra parte, considerando los altos índices demográficos del género humano a nivel mundial, es evidente que la amenaza de hambruna se hace cada vez más palpable. Esta sobrepoblación ha generado una demanda global y selectiva de alimentos que constituye un reto para la agricultura, la ganadería, la pesca y las industrias transformadoras de alimentos.

En la mayoría de los países latinoamericanos y en gran parte de Asia y Africa, se padece hambre y desnutrición. Con el transcurso del

tiempo, esta situación se agravará incrementando aún más las necesidades alimenticias, lo que tendrá un mayor efecto a nivel mundial (Ramos-Elorduy, J. 1982).

Si consideramos a aquellos países como el nuestro, que aún teniendo una gran riqueza de recursos naturales renovables y no renovables, carecen de una adecuada administración para hacer una explotación racional de estos recursos, y que además no establecen prioridades dentro de esa explotación, los medios económicos así generados, no son suficientes para responder eficazmente en su momento a los problemas de alimentación que se presentan en algunas zonas de nuestra República.

El grado de desnutrición deja huellas imborrables y considerables estragos en el avance de las poblaciones afectadas, debido a que lesiona física y mentalmente a la niñez. Los hábitos alimenticios en algunas partes de nuestro país, no se encaminan hacia un balance de nutrimentos, que se manifiesta principalmente en una deficiente ingestión de proteínas y calorías.

En la República Mexicana se presentan, de acuerdo con Corona, R y Medina, V (1984) 4 regiones geoeconómicas que están en función no sólo de los hábitos alimenticios de los habitantes de la zona, sino también de sus posibilidades económicas. Estas 4 regiones son:

REGION	TIPO DE NUTRICION
Norte y Noroeste	Buena
Partes del Norte y ambas costas	Regular
Centro	Mala
Sur	Muy mala

La dieta del mexicano se ha considerado monótona en vista de que se basa casi exclusivamente en el maíz y sus derivados, algo de leguminosas y chile. Por lo que el Dr. Salvador Zubirán (1975) del Instituto Nacional de la Nutrición, calificó al maíz como " LA FUENTE DE LA DICHA Y LA DESGRACIA DEL PUEBLO MEXICANO ". Ciertamente, el maíz es un sustento energético, pero posee una desequilibrada composición en aminoácidos que provoca frecuentemente una mala nutrición.

Al hablar de una dieta balanceada deben tomarse en cuenta, además del aporte energético que dan las grasas y los carbohidratos, a las vitaminas, a los minerales y principalmente a las **proteínas**. Estas son los sillares de construcción de los tejidos del organismo; su valor nutritivo radica en su composición de **aminoácidos**, y el hombre por cuestiones metabólicas, requiere proteínas de un alto valor biológico (Ramos-Elorduy, J. 1982).

Las proteínas que se ingieren preferentemente, no son las de origen animal a pesar de ser ricas en aminoácidos indispensables como la leucina, lisina, isoleucina, metionina, triptófano, treonina, valina, etc., indispensables para el desarrollo y regeneración de los tejidos, y

cuya carencia, aunada a las enfermedades infecciosas, afecta de manera preponderante a la población en pleno desarrollo incrementando su mortalidad (Zubirán, S. 1975).

Se han llevado a cabo estudios que demuestran que el consumo de proteínas de baja calidad (por el tipo de aminoácidos que las constituyen), o el consumo de cantidades mínimas de aquellas bien balanceadas, disminuye las aptitudes físicas y mentales de los individuos porque éstos no son capaces de desarrollar potencialmente sus actividades, lo que afecta no sólo el presente, sino el futuro de una nación (Ramos-Elorduy, J. 1982).

Las proteínas de origen animal se encuentran más balanceadas en aminoácidos esenciales que las de origen vegetal.

Las fuentes de proteína animal han sido consideradas únicamente como las que provienen del ganado bovino, porcino u ovino, las avícolas y piscícolas. Sin embargo, los insectos, que han sido considerados como un grupo no convencional de alimentos, proporcionarían proteínas de un alto valor nutritivo y que hasta la fecha continúan sin ser explotados.

Así, los insectos podrían funcionar como un aporte de nutrimentos para la alimentación humana, de manera directa o indirecta. De manera directa, en el consumo cotidiano como complemento de la dieta, y de manera indirecta en la elaboración de raciones para la alimentación de ganado, aves de corral o peces de aguas continentales.

El valor nutritivo de los insectos ha sido reportado por

varios autores, quienes señalan una gran riqueza proteínica y vitamínica en su contenido (Cravioto, R. et al 1953; MacHargue, J. 1917; Massieu, G et al 1951; y Ramos-Elorduy, J. et al 1982). En estudios realizados por la Dra. Julieta Ramos-Elorduy del Instituto de Biología de la UNAM, se reporta que el material mexicano estudiado posee elevadas cantidades de proteínas, cuyas cifras oscilan de 30.08% a 72.02% en gramos de producto seco (Ramos-Elorduy, J. y Pino, J.M. 1981).

Por otro lado, si se piensa en la obtención de proteína a partir del ganado, deben considerarse los costos que para su alimentación se requieren. Estos serían elevados ya que gran parte de la ración que con ellos se emplea son derivados de granos de cereales como el maíz, el trigo, el sorgo, la cebada y la avena que poseen un elevado contenido de carbohidratos y aportan principalmente la energía de la ración, pero tienen poca cantidad de proteína y fibra. Además, al alimentarlos principalmente de granos, son competidores para el hombre por un mismo recurso, ya que se tienen que dedicar grandes áreas de cultivo para ellos, que no son aprovechadas directamente por el hombre. Deben tomarse en cuenta también los gastos implicados en la elaboración de las raciones adecuadas para el ganado, donde lo más caro de ellas es la porción de proteína necesaria que contribuya a un mejor y más rápido crecimiento además de protegerlos contra algunas enfermedades, por ello los insectos podrían ser incluidos en la ración, ya que proporcionarían proteína de buena calidad a costos mucho menores durante el proceso de

producción, siendo éste último justificado por lo siguiente: los insectos son desde el punto de vista numérico, el grupo dominante; se han adaptado a todos los ecosistemas; incrementan sus tasas de crecimiento poblacional velozmente y por lo mismo tienden a dominar las fuentes de energía disponibles (Mora, G. 1981); los ciclos de vida de la mayoría son muy cortos y además con un enorme potencial reproductivo, por ejemplo, una hembra adulta de Periplaneta americana L. después de ser fertilizada deposita una ooteca cada semana, que contiene de 13 a 16 huevos, durante su etapa reproductiva que es aproximadamente de un año y medio a dos, lo que representa de 1080 a 1440 descendientes, y éste con una sola vez que haya sido fecundada; además, muchos insectos no compiten con el hombre por sus alimentos, ya que generalmente consumen la vegetación característica de la zona, y cuando llegan a convertirse en plagas de cultivos lo hacen por procesos evolutivos o porque no hay otro alimento disponible. Si a las características anteriormente señaladas agregamos que son organismos con una elevada eficiencia de conversión para incorporar parte del peso del alimento que consumen en peso de su propio cuerpo (Taylor, R. 1975), y que desde el punto de vista energético incrementan su valor como alimento (Bodenheimer, F. 1951) por ejemplo, las termitas proveen de 347 calorías en cada 100 g de producto seco, mientras que la carne de res sólo aporta 127 calorías (Ramos-Elorduy, J. 1986), y que también en cuestión de vitaminas su contenido supera el de algunos alimentos convencionales, por ejemplo los chapulines de la especie Sphenarium histrio contienen 13.61 mg/kcal y el hígado de res únicamente 8.3 mg/Kcal (Ramos-Elorduy, J. 1988),

evidentemente los apuntan como cultivos prometedores en la producción de alimentos.

Es importante señalar también que hasta el momento la ingestión por el ser humano de las especies silvestres de insectos comestibles, no ha reportado algún signo de toxicidad. Por ejemplo, en el género Sphenarium sp, no se ha detectado la presencia de parásitos como las salmonelas, las bacterias aerobias o coliformes fecales (Martínez, S. et al 1985).

En el caso de Periplaneta americana L. a pesar de ser una plaga doméstica en muchas ciudades, de estar asociada a condiciones de hacinamiento y ser por lo mismo un vector de enfermedades infecciosas como la tifoidea, el cólera, la disentería y la tuberculosis (Metcalf, C. y Flint, Q. 1980), se sabe que se consume como alimento exótico en algunas partes de América y Asia (Ramos-Elorduy, J. 1982).

Considerando que los insectos poseen una gran variedad de hábitos alimenticios, se ha pensado en utilizarlos para reciclar materia orgánica de desecho (Papp, L. 1975), evitando así los focos de contaminación por basura (Ramos-Elorduy, J. 1986).

La basura constituye uno de los principales problemas de las sociedades. En ciudades sobrepobladas como la nuestra, New York, Chicago, Tokio, etc., la cantidad de basura generada diariamente es enorme y por lo mismo no alcanza a ser degradada o reutilizada eficazmente.



Como la basura releja los excesos y carencias de la población en el consumo, en un análisis de ésta se observa que existe una porción todavía útil proveniente principalmente de **alimentos** que se desperdician. Mediante un análisis semejante es posible conocer, aunque de manera indirecta, el estado nutricional de la población, el impacto que la publicidad ejerce en el consumo, y la composición de los desechos sólidos que pueden ser reutilizados con diferentes fines ya que no solamente comprenden materia inorgánica como el vidrio, el papel o el metal, sino también materia orgánica de desecho que al ser tirada crea focos de contaminación y propicia problemas de salud pública. Si se conoce lo que se tira es posible predecir el impacto que tendrá en el ambiente. Por lo tanto, si se establecen las características físicas de la basura, existe la posibilidad de diseñar procesos eficaces para reaprovechar, en lo posible, la mayor cantidad de los desechos sólidos, ya que como no se cuenta con espacio suficiente de relleno sanitario, pueden llegar a contaminar los mantos freáticos (Restrepo, I. 1985).

En la actualidad, los desechos sólidos como el vidrio, el metal o el papel se venden por separado, o entran como en el caso del papel, a un proceso de reciclaje a nivel industrial como sucede en algunas ciudades de los Estados Unidos de Norteamérica. Algunos se emplean en la producción de gases como el metano o combustibles sólidos (Ramos-Elorduy, J. 1986).

Ivan Restrepo (1985) en un detallado análisis sobre el consumo y desperdicio de alimentos en el Distrito Federal reporto, que éstos

representan el mayor componente de los desechos sólidos de la basura ( el 44.9% del peso total de la basura colectada), lo que indica una producción diaria de basura por hogar de aproximadamente 2 300 g .

Entre los desechos orgánicos más comunes están los de tipo casero (tortillas, pan, harinas, verduras, frutas, etc.), de los cuales las tortillas, el pan y las harinas son los que más aparecen, quizá por el hecho de estar subsidiadas. Por ejemplo, el desperdicio de tortillas asciende a 90 000 kg al día, el del pan blanco a más de 75 000, y en cuestión de leguminosas, el frijol en una estimación de 35 000 kg al día.

Lo anterior ha inquietado a investigadores que, como la Dra. Ramos-Elorduy del Instituto de Biología de la UNAM han pensado en transformar y reutilizar esos desechos orgánicos de una manera eficiente y realmente adecuada. En 1986, la misma Dra. Ramos-Elorduy propuso como alternativa para solucionar el problema de la basura un método de reciclaje para ésta mediante el empleo de insectos comestibles, que permitiría además de reutilizar la basura, obtener proteína animal de buena calidad a bajo costo (Ramos-Elorduy, J. 1986).

Existe también otro tipo de desecho orgánico proveniente de ranchos ganaderos y granjas avícolas que igualmente resulta problemático de eliminar. Por ejemplo, el **estiércol** de ganado es generado en grandes cantidades y no alcanza a ser reutilizado totalmente como abono, por lo que permanece al descubierto en grande zonas y crea un segundo problema de salud pública. Si este fuera reciclado como los otros desechos

orgánicos, mediante el uso de insectos se tendría una alternativa más no sólo para eliminarlos, sino también para obtener proteína animal a bajo costo que podría ser utilizada en la elaboración de raciones para cerdos, reses, aves de corral o peces de aguas continentales.

Existen reportes de que en el año de 1969 se utilizaron pupas de Musca domestica L. en la alimentación de pollos, encontrando finalmente que por la cantidad de proteína y grasas que éstas contenían, se lograba un crecimiento en los pollos y una calidad de los mismos bastante aceptable (Ramos-Elorduy, J. 1986); Reyes, M. (1979) empleó larvas de Musca domestica L con los mismos fines; Hemsted, W. (1974) utilizó chapulines como suplemento proteico en la alimentación de cerdos, y en los que encontró un crecimiento satisfactorio.

En 1981, la Dra. Julieta Ramos-Elorduy en una investigación para FERTIMEX, recicló gallinaza con Musca domestica L. obteniendo mediante este reciclaje, proteína de buena calidad. Por otro lado, realizó ensayos de alimentación con pollos empleando una mezcla de cucarachas (Blattella germanica L. y Periplaneta americana L.) que fueron bien aceptadas por los pollos y permitieron una ganancia de peso y velocidad de crecimiento a estas aves, lo que condujo a un mayor rendimiento (Ramos-Elorduy, J. 1983).

Se sabe que Periplaneta americana L. en algunas regiones de América se consume como "frituras" y aunque parezca absurdo, esta especie ha sido un ingrediente importante dentro de la medicina popular.

Por ejemplo, molidas y mezcladas con azúcar hasta formar una masa, solían administrarse como un analgésico contra el dolor producido por las úlceras; una emulsión que contenía cenizas de cucarachas se bebía para combatir parásitos del tracto digestivo; pulverizadas se vendían con el nombre de "pulvis takanae" como remedio para la hidropesía; fritas en aceite con ajo se ingerían para ayudar a una mejor digestión (Trías, A. 1986).

Teniendo como antecedente el trabajo realizado en el año de 1983 por la Dra. Ramos-Elorduy utilizando a las cucarachas como un complemento de la dieta de los pollos, y considerando los hábitos alimenticios de estos insectos, creémos que podrían ser cultivados en desechos bajo condiciones de laboratorio, para apreciar por un lado si contribuirían al reciclaje de desechos orgánicos, y por el otro valorar su carácter nutritivo como alimento o complemento de las raciones para pollos o ganado, ya que para ser consumidas de manera directa por el hombre, se necesitaría de un cambio en los hábitos alimenticios de una población, no sin antes encontrar un mecanismo que disminuyera el riesgo de la transmisión de enfermedades infecciosas.

## OBJETIVOS

Por lo anteriormente expuesto, la finalidad de este trabajo consiste en:

- . **Contribuir** al reciclaje de desechos orgánicos mediante el empleo de Periplaneta americana L.
- . **Determinar** la duración total del ciclo de vida de esta especie bajo las condiciones arriba señaladas.
- . **Conocer**, mediante un análisis químico proximal, el valor nutritivo de Periplaneta americana L. alimentada a base de desechos orgánicos, y de esta manera obtener proteína animal a bajo costo.
- . **Proponer** un medio de cultivo óptimo que permita la reducción total de ciclo de vida de la cucaracha americana en condiciones de laboratorio, y que dé la pauta para establecer su optimización con fines industriales.

## ANTECEDENTES

Para clasificar a los insectos se han llevado a cabo numerosas modificaciones en cuanto a las categorías taxonómicas en las que deben ser colocados ciertos grupos de invertebrados.

La mayor parte de las clasificaciones científicas tienden a reflejar las opiniones que cada autor tiene sobre las relaciones evolutivas de los grupos. Desafortunadamente el registro paleontológico no proporciona bases completamente satisfactorias para reconstruir la filogenia de los diferentes grupos de insectos. Sin embargo, se ha aceptado de manera general un sistema de clasificación que agrupa a los Hexápodos en dos grandes categorías, los Apterigota y los Pterigota. Dentro de los últimos, se encuentran dos grupos conocidos como Endopterigota y Exopterigota ; en los Exopterigota, aquellos en los que el desarrollo de las alas es externo, se encuentran los órdenes ortopteroideos, y dentro de éstos, un grupo que reúne a cucarachas y mántidos en un sólo orden, el *Dictyoptera*.

Richard, O y Davis, R (1984) basados en la clasificación propuesta por Princis, K (1960), los dictyopteros sí corresponden a la categoría taxonómica de Orden. Se cree que son descendientes de un orden extinto de insectos que aparecieron en el Carbonífero, a los que se les asignó el nombre de Palineópteros (Sharov, A. 1968), que a su vez dieron origen a los Protoblatoideos (Carbonífero a Jurásico), y

finalmente a los representantes de los Poliphaginae, Blattinae, Blattellinae, Blaberinae, Ectobiinae, etc., los cuales se cree que aparecieron en el Terciario, y cuyos descendientes se han mantenido sin cambios estructurales significativos desde hace 250 000 000 de años aproximadamente.

Rehn, J (1951), al hacer un estudio comparativo entre las alas de un Protoblatoideo encontrado en Europa Occidental llamado Phylomilacris reischachensis de hace 400 000 000 de años, y las de las cucarachas actuales, encontró una semejanza notable en cuanto a la forma, tamaño y nervadura de estos apéndices, demostrando el parentesco que de alguna manera existe entre estos dos grupos. Es importante señalar que en muy pocas ocasiones es posible establecer una correlación tan evidente entre grupos extintos y actuales de cualquier clase de organismos, aún cuando los antecesores hayan aparecido en periodos geológicos más recientes, pero desapareciendo sin dejar rastros claros de sus relaciones filogenéticas.

Estudios como el llevado a cabo por Rehn, J. permiten afirmar que estos organismos desde su aparición, han desarrollado mecanismos adaptativos complejos, que les han permitido conservarse con características bien definidas a través del tiempo y bajo el efecto de diversas presiones selectivas.

En un principio, y aún ahora, para muchos científicos los dictyopteros estuvieron asociados en un solo grupo con los Fásmidos, los Orthopteros Saltadores y los Grilloblatta como el Orden Orthoptera. Sin embargo, la anatomía de las especies actuales revela que en efecto, son

organismos emparentados, pero a pesar de ello, merecen ser agrupados en categorías distintas debido a ciertas diferencias que existen entre ellos. Se sabe que los parientes más cercanos de los Dictyoptera son los Isoptera (Bei-Bienko, G. 1950; Becker, C. 1977; Chopard, L. 1949; Brown, V. 1973; Marks, E. 1962; Ragge, D. 1965; y Roth, L. 1967) y para fines prácticos, en este estudio se ha tomado a los blatidos junto con los mántidos dentro del Orden Dictyoptera.

Las características generales del orden **Dictyoptera** son: Antenas largas, filiformes y con muchos segmentos; piezas bucales mandibuladas; patas similares entre sí o patas anteriores prensoras, coxas largas o muy próximas, tarsos casi siempre con 5 segmentos; alas anteriores modificadas en elitroides (tegmina) más o menos engrosadas y con nervación costal marginal. Los esbozos alares de la ninfa no presentan reversión durante el desarrollo; el ovipositor de la hembra es reducido y está oculto por el un 7º esternón abdominal grande. Los genitales masculinos son asimétricos, protegidos por el 9º esternito abdominal que muestra además un par de estiletes y un par de cercos con muchos segmentos; carecen de órganos estriduladores y auditivos especializados; los huevos completan su desarrollo dentro de una bolsa llamada ooteca (Richard, O. y Davis, R. 1984).

En el orden Dictyoptera, el **Suborden Blattaria** incluye a los organismos que presentan las siguientes características: cabeza cubierta parcial o totalmente por un pronoto ancho y en forma de escudo; 2 ocelos generalmente representados por fenestras; los tres pares de patas



iguales entre sí; el proventrículo dotado de una armadura masticadora.

La clasificación de este grupo a nivel de familias se basa en la nervación de las alas (Rehn, J. 1951), aunque otros autores proponen un esquema basado en genitales, proventrículo y comportamiento durante la oviposición (McKittrick, F. 1964 apoyado en trabajos de Roth, L. 1970). Existen 5 Familias principales que son: Fam. Cryptocercidae, Fam. **Blattidae**, Fam. Blaberidae, Fam. Blattellidae, y Fam. Polyphagidae.

A nivel mundial se han registrado más de 3 500 especies de cucarachas.

Las características morfológicas generales de Periplaneta americana L son: longitud total del cuerpo entre 3.0 a 5.5 cm; exhiben una coloración pardo-rojiza; un pronoto con el borde posterior amarillento y manchas centrales oscuras; alas bien desarrolladas tanto en el macho como en la hembra; y hábitos nocturnos.

Su aparato digestivo le permite la absorción, digestión y excreción de sustancias que han sido ingeridas como alimento. En los insectos está organizado de la siguiente manera: un buche, una molleja (intestino anterior); un estómago (intestino medio); y una región posterior que termina en el ano (intestino posterior). Los túbulos de Malpighio se encuentran asociados a este aparato, además de las glándulas salivales y la microflora. En P. americana L. , el tiempo promedio en el que el alimento recorre todo el tracto digestivo es aproximadamente de 20 horas (Snipes, B. y Tauber, O. 1937).

Dentro de las cucarachas se hayan bacterias simbiotes involucradas en los procesos digestión y nutrición. Dichos simbiotes se

transmiten a la descendencia (Cochran, D. 1979), además, estas bacterias también desempeñan un papel preponderante en la utilización del ácido úrico en esta especie (Cochran, D. 1985). La presencia de microsimbiontes en el tracto digestivo de la cucaracha americana y de Eublaberus posticus, les permite digerir la celulosa (Cruden, D. 1979). En la parte posterior del intestino de P. americana L., el lumen presenta una superficie compleja de filamentos que permiten el establecimiento de colonias de este tipo de bacterias y que actúan para la absorción de sustancias orgánicas que lo recorren (Bignell, D. 1980). Se han detectado en las paredes intestinales de P. americana L. ácidos como el acético, propiónico y butírico que son resultado de la actividad bacteriana.

En cuanto a condiciones nutricionales, es importante señalar que no se sabe mucho de este aspecto en las especies silvestres. Los estudios que se han llevado en relación a esto han sido en especies domésticas, por lo que no serían representativos para las otras cucarachas (Slansky, F. 1987).

En cuanto a sus hábitos alimenticios, la mayoría de las especies son omnívoras, con cierta inclinación hacia los alimentos azucarados y amiláceos, aunque algunas especies silvestres además del consumo de vegetales gustan de materia animal muerta (Slansky, F. 1987).

Se sabe de la existencia de especies que consumen papas, hongos, rosas, guano, animales muertos, raíces, excremento de otros animales, etc. (Schal, C. 1984), y que P. americana L. es depredadora del panal de la termita Macrotermes natalensis y de los adultos de la

mosca Calliphora vomitoria (Bowden, J. and Phipps, J. 1967). Existe también un canibalismo en algunas especies no sólo con la finalidad de regular la densidad de poblaciones, sino también la de suplir alguna deficiencia de nutrimentos en la dieta (Gordon, H. 1959).

Dependiendo de la especie, del estado de desarrollo y de la etapa reproductiva, los requerimientos nutricionales de la cucaracha son diferentes.

Existen ciertas sustancias indispensables en la dieta de las cucarachas, varios aminoácidos, ácidos grasos insaturados, lípidos para la absorción de vitaminas liposolubles, minerales y otros compuestos (Bignell, D. 1981). También se ha encontrado que P. americana L. puede crecer normalmente en ausencia de  $\beta$ -carotenos y vitamina A (Metcalf, C. y Flint, Q. 1980).

En algunas ocasiones la deficiencia en cantidad o calidad de diversas sustancias nutritivas en la dieta de estos insectos puede afectarlos solamente de manera indirecta, y su efecto se aprecia hasta generaciones posteriores (Gordon, H. 1959). Además, las cucarachas necesitan recorrer grandes distancias para localizar su alimento, y sobre todo, el más adecuado en etapa reproductiva de las hembras, ya que se ha observado que las cucarachas experimentan cambios importantes de alimentación cuando está en maduración el oocito (Cochran, D. 1983; Schal, C. and Bell, W. 1982). Estos últimos autores reportan también que las hembras pueden desplazarse continuamente de un lugar a otro para satisfacer sus requerimientos nutricionales principales de acuerdo al

estado de maduración de los gametos. En cualquier otra etapa de desarrollo, las hembras y los machos son capaces de sobrevivir en condiciones extremas en carencia de alimentos.

Se sabe que estos insectos poseen un amplio poder de adaptación a la escasez de agua en el ambiente, modificando la permeabilidad de su cutícula y reduciendo sus actividades (Appel, A. et al 1983).

En el cuerpo graso de las cucarachas existe un metabolismo intermediario para la degradación e interconversión de carbohidratos, lípidos y algunos aminoácidos, que permiten la desintoxicación de los tejidos (Downer, R. 1981). En P. americana L. no hay una excreción de uratos, sino que se retienen en el cuerpo graso cuando su alimentación es rica en compuestos nitrogenados (Cochran, D. 1985). Estos uratos también se incorporan a las ootecas (Schal, C. and Bell, W. 1982), y las bacterias simbiotas desempeñan un papel importante en la utilización de estos compuestos.

Estos insectos presentan órganos receptores en los ojos compuestos, las antenas y los cercos.

Al medir el efecto del D.D.T en el sistema nervioso periférico de P. americana L., se observa que este insecticida provoca alteraciones en la conducción de los impulsos del axón, e inhibe a la enzima encargada del metabolismo de los derivados proteicos (Fell, D. et al 1979). Este mismo insecticida altera el ritmo circadiano provocando una parálisis muscular y finalmente la muerte (Valente, M. 1979).

En relación a su comportamiento, la cucaracha americana presenta un fototactismo negativo que puede ser considerado como una conducta evasiva; posee un reflejo de posición correcta del cuerpo cuando se coloca boca arriba en una superficie lisa y llana.

Tindall, A et al (1968) proponen que dicho reflejo involucra la torsión del cuerpo hacia un lado, movimientos exploratorios de las patas de ese mismo lado y la extensión de una de las patas posteriores del lado opuesto que les permite en el sustrato para girar a la posición correcta (Vera, G. 1982). Además, muestran un comportamiento de limpieza que lleva la secuencia de antenas, a patas, después a cercos y finalmente a palpos. Vera, G. (1982) observa un comportamiento de trofalaxis y una conducta mutua de limpieza entre los organismos de una misma población.

La localización de las fuentes de alimento está condicionada a la percepción de sustancias volátiles que provienen de esos mismos alimentos. En P. americana L. las antenas permiten la identificación de alcoholes, cetonas, terpenos, ácidos grasos, aminas, etc., que están asociadas a las necesidades nutritivas de esta especie (Seelinger, G. and Tobin, T. 1981).

En P. americana L., como en muchas otras especies, se presenta un ritmo de consumo del alimento, y se sabe que en condiciones de laboratorio estas cucarachas llevan un patrón diario de consumo, que es generalmente nocturno (Sutherland, D. 1981).

Las cucarachas poseen una gran capacidad de adaptación a diferentes habitats. Lo mismo podemos encontrarlas en espacios abiertos de vegetación, que en cuevas (Nocticola sp), o desiertos, zonas urbanas,

escombros y hasta en las despensas de los hogares.

Algunas especies tienen hábitos diurnos, por lo que su coloración es clara y a veces hasta brillante, y con alas bien desarrolladas para el vuelo; las otras tienen hábitos nocturnos, presentando una pigmentación parda o muy oscura, poca aptitud para el vuelo.

En general, los blátidos son un grupo de formas predominantemente tropicales, y las especies de zonas templadas son menos diversificadas pero numericamente más abundantes bajo determinadas condiciones. Muchas especies se han distribuido y establecido ampliamente con rapidez, gracias a la intervención del hombre. Por ejemplo, las especies domésticas son verdaderas plagas, como Blatta orientalis , Blattella germanica L. y Periplaneta americana L.

La mayoría de estos insectos cuenta con pocos enemigos naturales, debido a una serie de mecanismos de defensa que involucran desde aspectos endócrinos (secreción de sustancias viscosas, incoloras y de olor repugnante), hasta un acentuado tigmotactismo para detectar la presencia de un posible predador (Becker, C. 1977) y una gran coordinación de los apéndices locomotores que les permite huir rápidamente.

En referencia a sus hábitos de reproducción, encontramos que hay especies ovíparas, ovovivíparas y vivíparas (exclusivamente Diploptera punctata Roth, L. y Willis, E. 1965). En estos tres tipos de reproducción el apareamiento se da después de un cortejo relativamente simple.

En las hembras de la cucaracha americana existe una marcada relación entre la reproducción y la disponibilidad de nutrimentos. Se ha observado que en una etapa previa a la ovogénesis, la hembra, de acuerdo a la calidad nutritiva de la dieta depositará una cantidad determinada de ootecas.

Los cristales de urato formados durante la excreción, también son incorporados a las ootecas al igual que las bacterias simbiotes de los progenitores, que son las encargadas de movilizar estas partículas durante el desarrollo embrionario (Slansky, F. 1987; Cochran, D. 1979).

Las glándulas colaterales de las hembras son las encargadas de formar la ooteca. En P. americana L., la glándula izquierda produce una proteína que se amolda hasta formar la ooteca, mientras que la glándula derecha segrega una sustancia difenólica que se convierte en un agente quinónico que endurece el material de la ooteca (Brunet, P. 1951; y Brunet, P. y Kent, P. 1955).

Las dimensiones promedio de la ooteca de P. americana L. son 8 mm de largo por 5 mm de ancho; el periodo de incubación de los huevos dentro de ella varía de 35 a 100 días, dependiendo de la estación del año (Metcalfe, C. y Flint, Q. 1980); una hembra adulta tiene un periodo de longevidad aproximado de un año y medio, con capacidad para depositar una ooteca cada semana.

Los huevos son depositados en esa bolsa incubadora llamada ooteca, donde se acomodan en dos hileras. Posteriormente, las ninfas emergen de ellas para mudar periódicamente hasta alcanzar el estado

adulto. Cada huevo ocupa una cavidad dentro de la ooteca (16 en Blatta, 13-16 en Periplaneta, o 40 en Blattella). De acuerdo con Griffiths, J. y Tauber, O (1942), P. americana L., presenta 11 intermudas ninfales en la hembra, y una más en el macho, a 29 °C de temperatura e invirtiendo de 250 a 270 días en completar el ciclo.

Todas las cucarachas en su desarrollo, especialmente las especies domésticas, requieren un rango óptimo de temperatura que oscila entre los 20 y 30 °C. Sin embargo, tienen cierta tolerancia a cambios de temperatura marcados, pudiendo soportar temperaturas tan altas como los 47 °C, o tan bajas como -10 °C (Becker, C. 1977).

La tasa de crecimiento de los estadios juveniles se ve afectada por una conducta presocial en este grupo de insectos, ya que se ha observado que el desarrollo se acelera cuando éstos se encuentran agregados, pero además por la calidad y tipo de alimentación a la que sean sometidos. Izutsu, M. et al (1970), indica que este comportamiento en Blattella germanica L., está en función del sistema endócrino.



## MATERIALES Y METODOS

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Entomología del Instituto de Biología de la UNAM, bajo la dirección de la Dra. Julieta Ramos-Elorduy B. y el M. en C. José M. Pino Moreno.

Se contemplaron tres fases de estudio, ambas llevadas a cabo en el laboratorio. La primera de ellas fue una fase de **entrenamiento** y **aprendizaje** del manejo de los organismos, para incrementar las poblaciones del pié de cría; en la segunda fase, fueron montados los cultivos experimentales con cada una de las diferentes dietas de **desechos orgánicos**; y en la tercera y última fase, se procedió a la **valoración nutritiva** de las dietas empleadas y a la de los organismos cultivados en cada una de ellas.

### FASE I INCREMENTO DEL PIE DE CRÍA

En esta parte del trabajo se procedió a trazar un método de manipulación para estos insectos, observando primeramente su conducta y requerimientos para poder adaptarlos a un cultivo adecuado. Posteriormente se determinaron las condiciones bajo las cuales permanecerían los contenedores, tanto de **reproductores**, como de **experimentales**, así mismo el mecanismo **periódico de revisión** en cada uno de ellos.

Es importante señalar, que tanto los cultivos de mantenimiento, como los experimentales se formaron a partir de una cepa o pié de cría con la que ya contaba este laboratorio y que se ha mantenido en cámaras de cultivo bajo condiciones controladas de temperatura ( $29 \pm 1$  °C), humedad relativa (80%), fotoperiodo (12 h luz/12 h oscuridad), un suministro diario de agua, y una alimentación a base de purina molida para perros.

Se utilizaron dos clases de recipientes para acondicionar al pié de cría (adultos o reproductores, y ninfas). Los adultos se colocaron en cajas de vidrio de 48.9 cm de largo X 24.0 cm de ancho con una profundidad de 27.2 cm cubiertos con una tapa de 49.0 cm de largo X 25.0 cm de ancho cuya superficie era de malla de plástico con un poro de 1.5 mm ; el otro tipo de recipiente, para el pié de cría en estado juvenil, y también para las pruebas de reciclaje, fueron cajas de plástico que medían 29.2 cm de largo X 22.2 cm de ancho con una profundidad de 12.0 cm, y una tapa de 29.5 cm de largo X 22.5 cm de ancho con un orificio para intercambio gaseoso de 16.9 cm de largo X 10.0 cm de ancho, cubierto con malla fina.

Todos los recipientes fueron desinfectados con alcohol antes de ser utilizados.

Dentro de los recipientes se colocaron dos cajas de petri, una para el alimento y otra con un pedazo de algodón absorbente para humedecerlo periódicamente con agua.

Las cucarachas tienden a colocarse frecuentemente de manera

inversa al suelo, se dice que es un geotropismo negativo, por ello continuamente se amontonaban en las tapas de los recipientes, lo que dificultaba su manejo ya que podían salir del contenedor en el momento de abrirlo para revisión. Se observó que untando una línea continua de vaselina sólida en la parte superior de la cara interna de las paredes de los contenedores, se impedía que las cucarachas treparan para alcanzar la tapa. A cada recipiente se le introdujo un pedazo de cartón de los que se emplean para el transporte de huevo o fruta, o en su defecto una cajita del mismo material, para ofrecerles una superficie de contacto que les facilitara la posición inversa al suelo. También se colocó una hoja de papel bond como piso en cada uno de los recipientes, para proporcionar una superficie más adherente, sobre todo para las ninfas de los primeros estadios juveniles.

En el incremento de los cultivos de mantenimiento y el registro de edad aproximado de los organismos, se formaron lotes de cucarachas nacidas dentro de un mismo periodo de tiempo de 15 días; se les alimentaba con la misma purina que a los reproductores y agua diariamente. A partir de estos lotes se tomaron los organismos para la siguiente fase de trabajo, en la que el alimento proporcionado fueron los diferentes desechos orgánicos.

En los lotes de mantenimiento se llevó un registro de la coteca de procedencia y la fecha en la que ésta había sido depositada, y la fecha de nacimiento de las ninfas. Para el registro de estos datos, cada semana se revisaban los recipientes de los reproductores, y las

ootecas que se depositaban durante ese periodo de tiempo se retiraban etiquetandose con la fecha de la revisión anterior y la correspondiente, así como el recipiente de procedencia, permaneciendo en cajas de petri de plástico hasta el momento de nacimiento de las ninfas, las cuales unas pocas horas después eran retiradas con la ayuda de un pincel y se colocaban en una caja para formar un nuevo lote . Este último procedimiento se seguía durante una quincena, al término de la cual se cerraba ese lote, y se abría uno nuevo. Las ootecas permanecían aún vacías dentro de la misma caja de petri al igual que las otras en espera de la eclosión de las ninfas restantes.

## **FASE II**

### **RECICLAJE DE DESECHOS**

Durante esta fase de estudio se procedió al montaje de los ensayos con las dietas constituídas por diferentes desechos orgánicos. Se utilizaron el mismo tipo de recipientes de plástico para acondicionar las cajas experimentales.

Las dietas que se ensayaron se encuentran anotadas en el Cuadro 1.. En el Cuadro 2 se anota la relación de los desechos orgánicos caseros que formaron parte de algunas dietas, y en el Cuadro 3. la composición de las dos dietas con las que alimentaron a las reses cuyos excrementos se emplearon como algunas dietas a reciclar.

Se trabajó con 3 repeticiones de cada dieta, y en cada una de ellas con una población inicial de 50 individuos entre el 1º y 2º estadio ninfal. Aproximadamente de 15 a 20 días de nacidas.

Cada una de las cajas experimentales fue debidamente etiquetada con los siguientes datos: Número de caja y medio de cultivo, Número inicial de individuos y Estado de Desarrollo, Fecha (periodo de tiempo) de Oviposición de las ootecas de procedencia de esa población, Fecha (periodo de tiempo) de Nacimiento de la misma población inicial, y Fecha de Montaje del ensayo.

La cantidad de alimento proporcionada inicialmente fue de 30.0 g , al término de la cual se les proporcionó, en aquellos ensayos que así lo requirieron, una cantidad equivalente.

Se hicieron revisiones periódicas cada 15 días, en las que se anotaron: el número de individuos sobrevivientes a la fecha, la cantidad de ootecas depositadas a ese tiempo, el número de individuos de la descendencia, y la cantidad de alimento consumido. La estimación en porcentaje de los tres primeros aspectos evaluados fue la siguiente: el porcentaje de sobrevivencia de la población inicial se calculó tomando en consideración el número inicial de individuos y el cálculo se hizo por diferencia, para el porcentaje de reproducción, podemos decir **esperado**, se determinó en base a la cantidad de ootecas depositadas en el alimento testigo (Purina), y el porcentaje de sobrevivencia, también **esperado** de la descendencia, se obtuvo al considerar el número de ootecas presentes en el momento de la evaluación, y la cantidad de ninfas que debería haber a ese tiempo.

El conteo de los individuos se hizo con un contador digital.

En todos los ensayos las cucarachas permanecieron en estado de

hacinamiento sin ser retirados de ahí los excrementos sino hasta haber concluído las pruebas, y los que únicamente se les cambiaba era el piso de papel y/o el cartón.

En la determinación de la duración total del ciclo de vida de esta especie bajo condiciones de laboratorio, las observaciones se hicieron directamente en cada una de las poblaciones de los diversos desechos orgánicos tomando como referencia a las del alimento testigo (Purina), determinando de manera global, la duración del ciclo, desde el momento de nacimiento hasta alcanzar el estado adulto.

Al final de esta fase experimental se cuantificó la biomasa de cucarachas obtenida finalmente en cada uno de los cultivos.

### **FASE III VALORACION NUTRITIVA**

En esta última fase, se procedió a la valoración nutritiva de las dietas empleadas y la de los organismos cultivados en cada una de ellas.

El análisis químico bromatológico se llevó a cabo en el laboratorio de Nutrición y Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria de la misma universidad.

Se estimaron los porcentajes de humedad y materia seca; el de cenizas o sales minerales; el del extracto etéreo o grasa cruda; el de la proteína cruda; y el del extracto libre de nitrógeno. Todo ésto utilizando el método de A.O.A.C (Analytical Official of Agricultural Chemist) y siguiendo las técnicas de Flores, M. (1983).

#### MATERIA SECA Y HUMEDAD

Para obtener el porcentaje de humedad, se colocó la muestra fresca en un recipiente previamente pesado, se tomó el peso completo y después se colocó en una estufa de secado a 50 °C. Después de 24 horas se pesó nuevamente destarando el peso del recipiente. La diferencia de ambas pesadas nos indicó la cantidad de agua contenida en la muestra, y por diferencia, se obtuvo la cantidad de materia seca. Se expresa en porcentaje multiplicando por un factor de 100.

#### SALES MINERALES (CENIZAS)

En la materia seca (M.S) existe una porción susceptible de quemarse porque está constituida de sustancias que contienen carbono y otras que no se pueden quemar y que permanecen como residuos en forma de cenizas cuando la materia seca se quema por calcinación. Estas cenizas están formadas por diversas sustancias minerales, que en la muestra original están en forma de sales.

Para obtener la cantidad de sales minerales (S.M), se pesó 1 g de muestra deshidratada y se colocó en un crisol previamente pesado, el cual se introdujo a una mufla a una temperatura de 700 °C dejando calcinar la muestra durante 4 horas.

Después de la calcinación, se pesó nuevamente el crisol con las cenizas, se le restó el peso del crisol solo, y a este resultado se le dividió entre el gramo de muestra colocado inicialmente. El resultado corresponde a la cantidad de cenizas en 1 g de muestra, que al multiplicarla por el porcentaje de materia seca, corresponde al porcentaje total de cenizas o sales minerales de la muestra.

#### PROTEINA CRUDA

Se reporta como proteína cruda o bruta porque no sólo se determinan proteínas, sino otros compuestos nitrogenados.

El método empleado es el Kjehldal, que consiste en hacer dos procesos básicos, el primero de ellos es una digestión con ácido sulfúrico concentrado, y el segundo una destilación con hidróxido de sodio concentrado en una solución 1:1 .

Se pesó 1 g de materia seca pulverizada y se colocó en un matraz Kjehldal junto con 3.0 g de SELENIO (mezcla de sulfato de cobre , sulfato de potasio y selenio) como catalizador. Posteriormente se agregaron 20 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Se calentó durante 45 minutos, tiempo suficiente para que la muestra adquiera una coloración ligeramente verde o clara. Se dejó enfriar y posteriormente se le agregaron 400 ml de agua, 5 gotas de fenolftaleína y 40 ml de NaOH 1:1. El matraz Kjehldal se conectó al aparato de destilación y una vez bien tapado, se agitó la solución y encendió la parrilla. El destilado se recibió en un matraz Erlenmeyer de 500 ml que contenía 50 ml de ácido bórico al 4% y 16 gotas de verde de bromocresol. Al alcanzar un volumen



de 200 ml de destilado, se suspendió el calentamiento y se procedió entonces a la titulación de la proteína cruda con HCl 0.1 N .

Para calcular la cantidad de proteína cruda de la muestra, los mililitros de ácido empleados en la titulación se multiplicaron por la Normalidad del ácido, por el miliequivalente del Nitrógeno (0.0014), por el coeficiente nitrogenado de las proteínas (6.25), todo esto dividiéndolo entre el gramo de muestra. Para conocer el porcentaje de proteína cruda de la muestra, se multiplicó el resultado anterior por el porcentaje de materia seca.

$$P.C = \frac{(X \text{ ml de ácido}) (N \text{ del ácido}) (0.0014) (6.25)}{X \text{ g de muestra}} (\% M.S)$$

#### EXTRACTO ETERO ( GRASA CRUDA )

Dentro de los componentes no nitrogenados de composición orgánica están las grasas. Se le denomina grasa cruda porque está formada principalmente por lípidos, pero además por otras sustancias que no lo son pero tienen el carácter físico de ser solubles en solventes orgánicos como el cloroformo, el acetato de etilo, el éter etílico, el hexano, etc. Dentro de las sustancias no lipídicas que se disuelven están los carotenos, algunas vitaminas, los pigmentos carotenoides, la clorofila y algunos prótidos como la hemoglobina.

En la determinación de la grasa cruda, se pesaron 5 g de muestra desecada y se colocaron en un cartucho de papel filtro previamente desecado, numerado y pesado, el cual se introdujo en un Soxhlet. La extracción se realizó con éter de petróleo durante 4 horas.

Posteriormente se sacó el cartucho y se desecó en la estufa para obtener el peso del cartucho con la muestra desgrasada. Al peso del cartucho con la cantidad inicial de muestra, se le restó el peso final del cartucho y la muestra desgrasada. esta diferencia se dividió entre los gramos de muestra colocados inicialmente, y para obtener el porcentaje de extracto etéreo de toda la muestra se multiplicó por el porcentaje de materia seca de la misma.

#### FIBRA CRUDA

La fibra cruda corresponde a los glúcidos insolubles en agua y resistentes a la acción hidrolítica, si son de origen vegetal corresponden a la lignina y a la celulosa, si son de origen animal a las escleroproteínas y a las queratinas.

Se tomaron 2 g de muestra desgrasada y se colocaron en un vaso de precipitado de 500 ml, se sometieron a la digestión con  $H_2SO_4$  1.25 N. Se dejó hervir durante 30 minutos, al término de los cuales la solución fue filtrada al vacío y el contenido de la rodaja de papel filtro, se lavó varias veces hasta la neutralización del ácido. La segunda digestión se hizo con una solución de NaOH 1.25 N dejándose también hervir durante 30 minutos. Para su filtración al vacío, se utilizó una rodaja de papel filtro previamente desecada, pesada y numerada, lavando posteriormente hasta la neutralización los residuos que en ella habían quedado. Toda la muestra se recuperó en esta rodaja y se dejó secar en la estufa durante 24 horas. Después de esto se pesó, y destaró el peso de la rodaja sola, se dividió entre los gramos de muestra y se

multiplicó por un nuevo porcentaje de materia seca que se obtuvo por diferencia del porcentaje de materia seca total, menos el porcentaje de grasas, menos el de cenizas. Con lo anterior se calculó el porcentaje de fibra cruda de toda la muestra.

#### EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO

El extracto libre de nitrógeno, no se determina por un análisis de laboratorio, sino que se calcula por diferencia de 100 partes de muestra analizada. Se estimó por diferencia del porcentaje de materia seca y la suma de las proporciones centesimales de los componentes (agua, cenizas, proteína, grasas, y fibra).

#### PROTEINA VERDADERA

La técnica de determinación de proteína verdadera se basa en la precipitación del nitrógeno no proteico por efecto de un tratamiento con ácido clorhídrico al 1% y una solución de sulfato de cobre, dejando el precipitado por el sulfato de cobre, por 24 horas.

#### AMINOACIDOS

Para la identificación de aminoácidos con valor nutritivo que se encuentran presentes en la muestra, se utilizó un analizador de aminoácidos con integrador digital, el cual mediante las curvas de absorción indica de qué aminoácido se trata.

## RESULTADOS

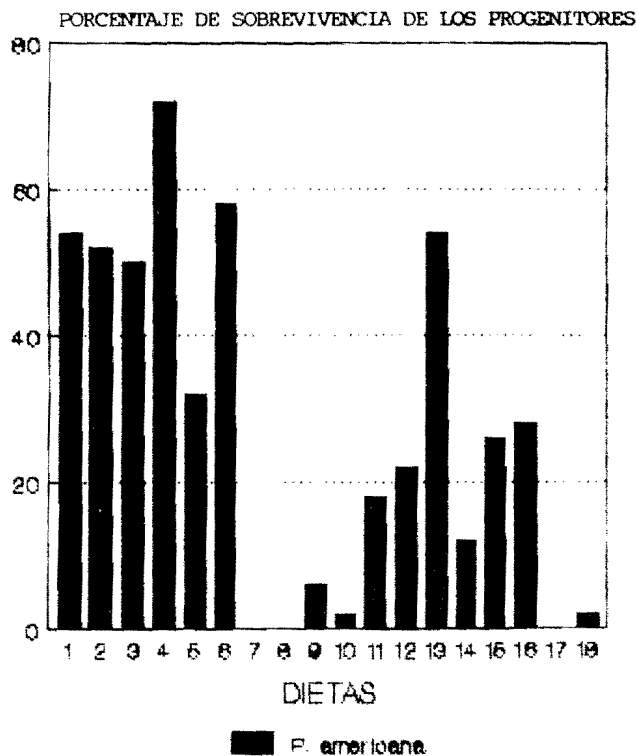
### PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA DE LAS POBLACIONES INICIALES

Al analizar el porcentaje de sobrevivencia de las poblaciones iniciales (%S.V) (fig.1) en los cultivos de Periplaneta americana L. nueve meses después de haberse iniciado, se aprecian grandes oscilaciones dependiendo del sustrato a reciclar. Se toma como referencia el porcentaje de sobrevivencia alcanzado en la dieta No.1 (Purina) que es el alimento testigo y en el cual la sobrevivencia fue de 54%

El mayor porcentaje de sobrevivencia que se alcanzó fue en la dieta No.4 (D.O.C/Exc) con 72% que supera al testigo en 18 unidades, le sigue la dieta No.6 (D.O.C/Mel) con 58%, la No.13 (E.B.V2/Exc) con 54%, la dieta No.2 (D.O.C) con 52%, y la dieta No.3 (D.O.C/Col) con 50%

En las siguientes dietas los porcentajes fueron inferiores al 50% y son: en la dieta No.5 (D.O.C/Lev) 32%, en la No.16 (M.d/Exc) 28%, en la No.15 (M.d.T.con) 26%, en la No.12 (E.B.V2/M.10) 22%, en la No.11 (E.B.V2/M.50) 18%, en la No.14 (Exc.T.mol) 12%, en la No.9 (E.B.V2) 6%, en la No.10 (E.B.V2/NH4OH) 2%, y en la No.18 (Comp/Lev) 2%

En todos los demás casos: dieta No.7 (C.R/NH4OH), en la No.8 (E.B.V1/NH4OH) y en la No.17 (Composta), el porcentaje de sobrevivencia para estas poblaciones fue nulo.



No. DIETA	CONTENIDO	% S.V
1	Purina	54
2	D.O.C.	52
3	D.O.C./Col	50
4	D.O.C./Exc	72
5	D.O.C./Lev	32
6	D.O.C./Mel	58
7	C.R./NH4OH	0
8	E.B.V1/NH4OH	0
9	E.B.V2	6
10	E.B.V2/NH4OH	2
11	E.B.V2/M.50	18
12	E.B.V2/M.10	22
13	E.B.V2/Exc	54
14	Exc. T.mol.	12
15	M.d. T.con.	26
16	M.d./Exc	28
17	Composta	0
18	Comp/Lev	2

fig. 1.- Porcentaje de sobrevivencia (%S.V) de las poblaciones iniciales en los cultivos de Periplaneta americana L. en cada una de las dietas.

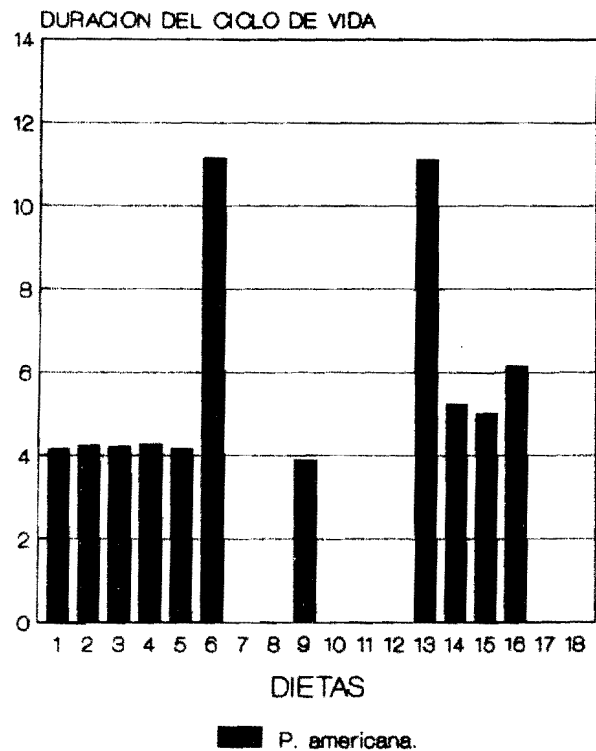
DURACION TOTAL DEL  
CICLO DE VIDA

Respecto a la duración total del ciclo de vida (C.V) de Periplaneta americana L., es importante señalar que fue medido a partir del momento en que las ninfas eclosionaron de las ootecas, ya que si se pretende interpretar desde el momento de la oviposición sería necesario agregar al tiempo que en la figura 2 se reporta, de 40 a 45 días más.

La duración total del ciclo de vida en el testigo (Purina) fue de **4 meses, 15 días**.

Como puede apreciarse en la figura 2, la dieta en la que se presentó la menor duración del ciclo de vida fue en la No.9 (E.B.V2) con una duración de **3 meses, 9 días**; le sigue la No.5 (D.O.C/Lev) con **4 meses, 15 días**; la dieta No.3 (D.O.C/Col) con **4 meses, 22 días**; la No.2 (D.O.C) con **4 meses, 24 días**; la No.4 (D.O.C/Exc) con **4 meses, 27 días**; la No.15 (M.d.T.con) con **5 meses**; la No.14 (Exc.T.con) con **5 meses, 25 días**; la No.16 (M.d/Exc) con **6 meses, 15 días**; la No.13 (E.B.V2/Exc) con **11 meses, 12 días**; y la No.6 (D.O.C/Mel) con **11 meses, 15 días**.

En ninguna de las siguientes dietas se completó el ciclo de vida, y por ello sólo se indica el estadio ninfal alcanzado en cada una de ellas: dieta No.7 (C.R/NH4OH) 2º estadio; en la No.8 (E.B.V1/NH4OH), 3º estadio; en la dieta No.10 (E.B.V2/NH4OH), 7º estadio; en la No.11 (E.B.V2/M.50), 6º y 7º estadio; en la No.12 (E.B.V2/M.10), 8º estadio; en la No.17 (Composta), 2º estadio; y en la No.18 (Comp/Lev), 4º y 7º estadio.



No. DIETA	CONTENIDO	C.V
1	Purina	4, 15
2	D.O.C.	4, 24
3	D.O.C./Col	4, 22
4	D.O.C./Exc	4, 27
5	D.O.C./Lev	4, 15
6	D.O.C./Mel	11, 15
7	C.R/NH4OH	N2 *
8	E.B.V1/NH4OH	N3 *
9	E.B.V2	3, 9
10	E.B.V2/NH4OH	N7 *
11	E.B.V2/M.50	N6, N7*
12	E.B.V2/M.10	N8 *
13	E.B.V2/Exc	11, 12
14	Exc. T.mol.	5, 25
15	M.d. T.con.	5, 0
16	M.d./Exc	6, 15
17	Composta	N2 *
18	Comp/Lev	N4, N7*

fig. 2.- Duración del ciclo de vida (C.V) de *Periplaneta americana* L. en cada una de las dietas ensayadas. Se expresa en meses con días. (\* Señala el estadio ninfal alcanzado al no haber completado el ciclo de vida).

PORCENTAJE DE REPRODUCCION  
ESPERADO

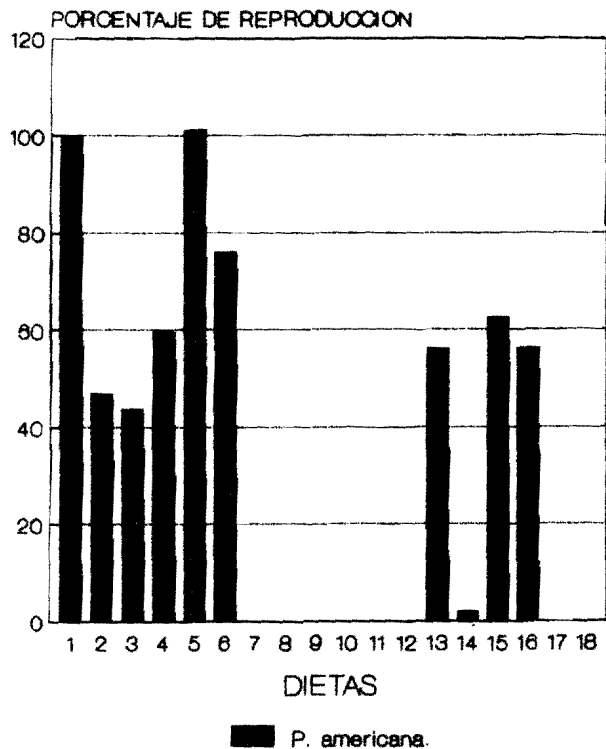
El porcentaje esperado de reproducción (% REP) se evaluó 4 meses y medio después de que las hembras de las poblaciones iniciales habían completado el ciclo de vida. Su estimación se hizo tomando como referencia el número de ootecas depositadas en el testigo (dieta No.1) (figura 3).

En la dieta No.1 (Purina) se encontraron 96 ootecas las que representan el 100%. Además de dar los porcentajes de reproducción, se indica entre paréntesis el número de ootecas correspondiente.

En la dieta No.5 (D.O.C/Lev) se alcanza el mayor porcentaje de reproducción siendo de 101.04 (97); le sigue la dieta No.6 (D.O.C/Mel) con 76.04% (73); la No.15 (M.d.T.con) con 62.5% (60); la No.4 (D.O.C/Exc) con 59.37% (57); la No.13 (E.B.V2/Exc) con 56.25% (54); la No.16 (M.d/Exc) con 56.25% (54) igual a la anterior; la dieta No.2 (D.O.C) con 46.87% (45); la No.3 (D.O.C/Col) con 43.75% (42); y la dieta No.14 (Exc.T.mol) con 2.08% (2). En la dieta No.9 (E.B.V2) a pesar de haber completado el ciclo de vida, no hubo reproducción.

En todos los demás casos -dietas No.7 (C.R/NH4OH), No.8 (E.B.V1/NH4OH), No.10 (E.B.V2/NH4OH), No.11 (E.B.V2/ M.50), No.12 (E.B.V2/M.10), No.17 (Composta) y la No.18 (Comp/Lev)- el porcentaje de reproducción fue nulo porque en ninguna de estas dietas se completó el ciclo de vida.





No. DIETA	CONTENIDO	% REP
1	Purina	100.00 (96)
2	D.O.C.	46.87 (45)
3	D.O.C./Col	43.75 (42)
4	D.O.C./Exc	59.37 (57)
5	D.O.C./Lev	101.04 (97)
6	D.O.C./Mel	76.04 (73)
7	C.R./NH4OH	*
8	E.B.V1/NH4OH	*
9	E.B.V2	0
10	E.B.V2/NH4OH	*
11	E.B.V2/M.50	*
12	E.B.V2/M.10	*
13	E.B.V2/Exc	56.25 (54)
14	Exc. T.mol.	2.08 ( 2)
15	M.d. T.con.	62.50 (60)
16	M.d./Exc	56.25 (54)
17	Composta	*
18	Comp/Lev	*

fig. 3.- Porcentaje de reproducción esperado (% REP) alcanzado en cada una de las dietas ensayadas con *Periplaneta americana* L. Se señala entre paréntesis el número correspondiente de cotecas. ( \* No completaron el ciclo de vida).

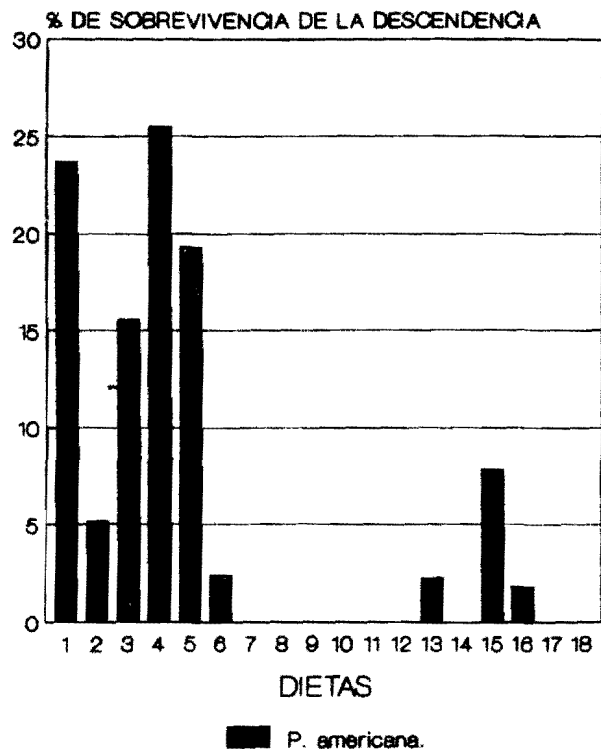
PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA ESPERADO  
EN LA DESCENDENCIA ( F 1 )

Al igual que el porcentaje de reproducción, este porcentaje esperado de sobrevivencia en la descendencia (% S.V.Fl), se evaluó 4 meses y medio después de que las poblaciones iniciales habían alcanzado el estado adulto, con la finalidad de dar tiempo suficiente para la eclosión de las ninfas. Su estimación se hizo tomando como referencia el número de ootecas que habían sido depositadas en el cultivo y el número de ninfas correspondientes a ese número de ootecas que deberían estar presentes. Estos porcentajes de encuentran anotados en la figura 4 y entre paréntesis se indica el número de individuos al que hace referencia.

La dieta No.1 (Purina) presentó un porcentaje de sobrevivencia de la descendencia de 23.71 (296); la supera la No.4 (D.O.C/Exc) con un porcentaje de sobrevivencia de 25.5% (189); les siguen las dietas No.5 (D.O.C/Lev) con 19.35% (244); la No.3 (D.O.C/Col) con 15.75% (85); la No.15 (M.d.T.con) con 7.82% (61); la No.2 (D.O.C) con 5.13% (30); la No.6 (D.O.C/Mel) con 2.42% (24); la No.13 (E.B.V2/Exc) con 2.27% (16); y la No.16 (M.d/Exc) con 1.85% (13).

En la dieta No.14 (Exc.T.mol) a pesar de haber completado el ciclo de vida y reproducirse, los huevos de las ootecas no fueron viables. En la dieta No.9 (E.B.V2) aunque se completó el ciclo de vida, no hubo reproducción.

En el resto de las dietas (No.7, No.8, No.10, No.11, No.12, No.17 y No.18) al no completar el ciclo de vida, no hubo reproducción.



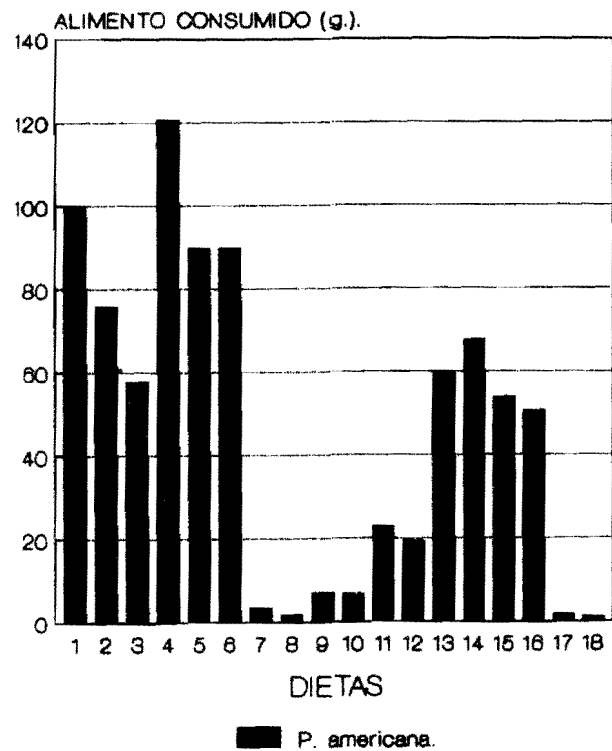
No. DIETA	CONTENIDO	% S.V.F1
1	Purina	23.71 ( 296)
2	D.O.C.	5.13 ( 30)
3	D.O.C./Col	15.57 ( 85)
4	D.O.C./Exc	<b>25.50 (189)</b>
5	D.O.C./Lev	19.34 ( 244)
6	D.O.C./Mel	2.42 ( 24)
7	C.R./NH4OH	*
8	E.B.V1/NH4OH	*
9	E.B.V2	**
10	E.B.V2/NH4OH	*
11	E.B.V2/M.50	*
12	E.B.V2/M.10	*
13	E.B.V2/Exc	2.27 ( 16)
14	Exc. T.mol.	0
15	M.d. T.con.	7.82 ( 61)
16	M.d./Exc	1.85 ( 13)
17	Composta	*
18	Comp/Lev	*

fig. 4.- Porcentaje de sobrevivencia esperado para la descendencia (% S.V.F1) en cada uno de los cultivos de *Periplaneta americana* L. Se indica dentro del paréntesis, el número de individuos al que corresponde dicho porcentaje. (\* No completaron el ciclo de vida; \*\* Completaron el ciclo de vida pero no hubo reproducción ).

## CONSUMO DE ALIMENTO

En cuanto a la cantidad de alimento consumido (g A.C), la evaluación se hizo durante cada revisión. Los valores se encuentran anotados en la figura 5.

Se observa que la dieta más consumida de todas fue la No.4 (D.O.C/Exc) con 120.5 g; le siguen las dietas No.1 (Purina) con 100.0 g; la No.5 (D.O.C/Lev) y la No.6 (D.O.C/Mel) con 90.0 g cada una; la No.2 (D.O.C) con 75.7 g; la No.14 (Exc.T.mol) con 67.6 g; la No.13 (E.B.V2/Exc) con 60.0 g; la No.3 (D.O.C/Col) con 57.8 g; la No.15 (M.d.T.con) con 54.0 g; la No.16 (M.d./Exc) con 50.8 g; la No.11 (E.B.V2/M.50) con 23.0 g; la No.12 (E.B.V2/M.10) con 19.4 g; la No.9 (E.B.V2) con 7.2 g; la No.10 (E.B.V2/NH4OH) con 6.9 g; la No.7 (C.R/NH4OH) con 3.6 g; la No.8 (E.B.V1/NH4OH) con 1.8 g; la No.17 (Composta) con 1.7 g; y la No.18 (Comp/Lev) con 1.2 g .



No. DIETA	CONTENIDO	g A.C
1	Purina	100.0
2	D.O.C.	75.7
3	D.O.C./Col	57.8
4	D.O.C./Exc	120.5
5	D.O.C./Lev	90.0
6	D.O.C./Mel	90.0
7	C.R./NH4OH	3.6
8	E.B.V1/NH4OH	1.8
9	E.B.V2	7.2
10	E.B.V2/NH4OH	6.9
11	E.B.V2/M.50	23.0
12	E.B.V2/M.10	19.4
13	E.B.V2/Exc	60.0
14	Exc. T.mol.	67.6
15	M.d. T.con.	54.0
16	M.d./Exc	50.8
17	Composta	1.7
18	Comp/Lev	1.2

fig. 5.- Gramos de alimento consumidos (g A.C) de cada una de las dietas ensayadas, por Periplaneta americana L.

## BIOMASA

En lo que se refiere a la biomasa final de Periplaneta americana L. (B.M), la evaluación se llevó a cabo al final de la fase experimental. Los resultados están anotados en la figura 6 donde se expresan en gramos de peso seco.

En la dieta No.1 (Purina) se obtuvo la mayor biomasa siendo ésta de 92.0 g; le siguen las dietas No.4 (D.O.C/Exc) con 63.3 g; la No.5 (D.O.C/Lev) con 56.3 g; la No.15 (M.d.T.con) con 44.1 g; la No.3 (D.O.C/Col) con 36.8 g; la No.2 (D.O.C) con 23.2 g; la No.13 (E.B.V2/Exc) con 15.2 g; la No.6 (D.O.C/Mel) con 9.6 g; la No.16 (M.d/Exc) con 9.3 g; la No.12 (E.B.V2/M.10) con 4.2 g; la No.11 (E.B.V2/M.50) con 3.4 g; la No.14 (Exc.T.mol) con 2.3 g; la No.9 (E.B.V2) con 1.1 g; la No.10 (E.B.V2/NH4OH) con 0.4 g al igual que la dieta No.18 (Comp/Lev); y finalmente las dietas No.7 (C.R/NH4OH), la No.8 (E.B.V1/NH4OH) y la No.17 (Composta) donde los porcentajes de sobrevivencia fueron nulos por lo que la biomasa también.

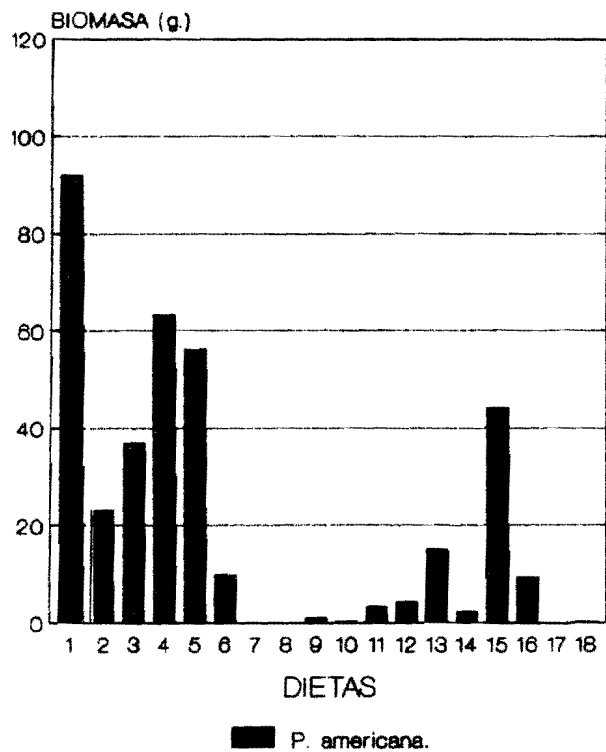


fig. 6.- Biomasa (g B.M) expresada en gramos de base seca obtenida en cada uno de los cultivos de Periplaneta americana L.

## VALORACION NUTRITIVA

Los resultados obtenidos en la valoración nutritiva de las dietas y de los organismos cultivados en ellas, se encuentran anotadas en las figuras de la 7 a la 13. En base húmeda en la figura 7, 9, y 11, y en base seca en la 8, 10, 12 y 13.

Es importante señalar que no fué posible valorar en todos sus componentes a las ninfas y adultos, debido a que no había material suficiente para hacer los análisis químicos.

La descripción de los resultados se hace en base seca.

### DIETAS

En las figuras 7 y 8 se encuentran anotados los porcentajes en base húmeda y base seca respectivamente, de la materia seca (M.S), humedad (H), proteína cruda (P.C), extracto etereo (E.E), sales minerales o cenizas (S.M), fibra cruda (F.C) y extracto libre de nitrógeno (E.L.N) para algunas de las dietas empleadas en el reciclaje.

En la figura 7 se observa que el mayor porcentaje de materia seca se encontró en la dieta número 5 (D.O.C/Lev) con 93.97%; le sigue la dieta No.4 (D.O.C/Exc) con 92.10%; la No.11 (E.B.V2/M.50) con 92.03%; la No.1 (Purina) con 91.97%; la No.16 (M.d/Exc) con 91.87%; en la No.6 (D.O.C/Mel) con 91.83%; la No.14 (Exc.T.mol) con 89.72%; y la No.2 (D.O.C) con 19.43%.

En cuanto a los porcentajes de humedad (H) (fig.7), el mayor



se encontró en la dieta No.2 (D.O.C) y fue de 80.57%; le sigue la número 14 (Exc.T.mol) con 10.28%; la No.6 (D.O.C/Mel) con 8.17%; la No.16 (M.d/Exc) con 8.13%; la No.1 (Purina) con 8.07%; la No.11 (E.B.V2/M.50) con 7.97%; la No.4 (D.O.C/Exc) con 7.91%; y la No.5 (D.O.C/Lev) con 6.03%.

En algunas dietas no se determinó el porcentaje de humedad como la No.7 (C.R/NH4OH), la No.8 (E.B.V1/NH4OH) y la No.15 (M.d.T.con), por lo que la valoración de los nutrimentos se hizo únicamente en base seca (fig.8).

En cuanto a los resultados de proteína cruda (P.C) fig.8, se puede observar que el mayor porcentaje de ellos se alcanza en la dieta No.14 (Exc.T.mol) y corresponde a un 36.07%; le sigue la dieta No.1 (Purina) con 23.80%; la No.4 (D.O.C/Exc) con 21.49%; la No.15 (M.d.T.con) con 15.95%; la No.5 (D.O.C/Lev) con 15.74%; la No.16 (M.d/Exc) con 13.34%; la No.7 (C.R/NH4OH) con 13.33%; la No.11 (E.B.V2/M.50) con 11.76%; la No.6 (D.O.C/Mel) con 10.61%; la No.8 (E.B.V1/NH4OH) con 10.54%; y finalmente la dieta No.2 con 8.80%.

En relación al extracto etéreo (E.E), el mayor porcentaje se encontró en la dieta No.1 (Purina), siendo de 13.49%; le sigue la dieta No.2 (D.O.C) con 8.95%; la No.15 (M.d.T.con) con 8.63%; la No.16 (M.d/Exc) con 6.04%; la No.5 (D.O.C/Lev) con 5.57%; la No.6 (D.O.C/Mel) con 4.82%; la No.4 (D.O.C/Exc) con 4.21%; la No.11 (E.B.V2/M.50) con 3.35%; la No.14 (Exc.T.mol) con 2.68%; la No.8 (E.B.V1/NH4OH) con 1.90%; y la No.7 (C.R/NH4OH) con 1.55% (fig.8).

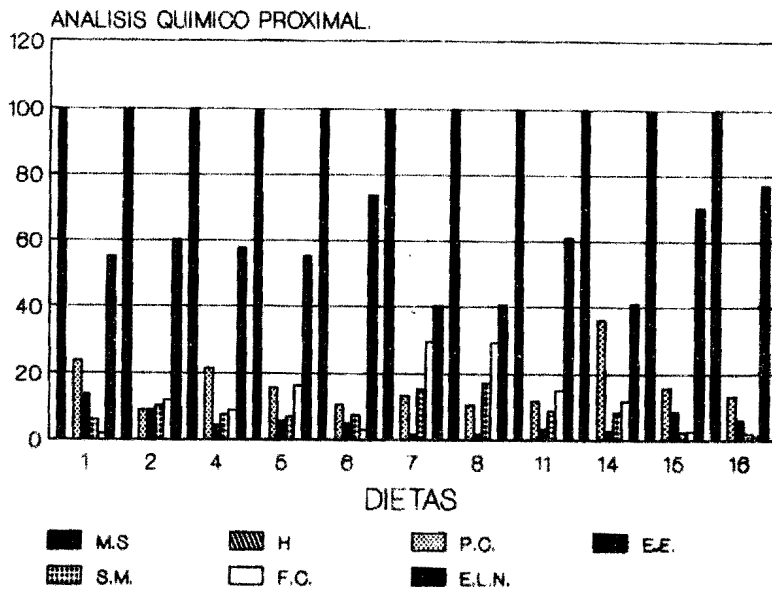
En las **sales minerales (S.M)**, el mayor porcentaje se encontró en la dieta No.8 (E.B.V1/NH4OH) con 17.20%; le sigue la dieta No.7 (C.R/NH4OH) con 15.28%; la No.2 (D.O.C) con 10.19%; la No.11 (E.B.V2/M.50) con 8.85%; la No.14 (Exc.T.mol) con 8.41%; la No.6 (D.O.C/Mel) con 7.67%; la No.4 (D.O.C/Exc) con 7.52%; la No.5 (D.O.C/Lev) con 6.89%; la No.1 (Purina) con 5.82%; la No.15 (M.d.T.con) con 2.47%; y la No.16 (M.d/Exc) con 2.11% (fig. 8).

En cuanto a **fibra cruda (F.C)**, el mayor porcentaje corresponde a la dieta No.7 (C.R/NH4OH) con 29.55%; le sigue la No.8 (E.B.V1/NH4OH) con 29.30%; la No.5 (D.O.C/Lev) con 16.37%; la No.11 (E.B.V2/M.50) con 15.00%; la No.2 (D.O.C) con 11.78%; la No.14 (Exc.T.mol) con 11.73%; la No.4 (D.O.C/Exc) con 8.88%; la No.6 (D.O.C/Mel) con 2.98%; la No.15 (M.d.T.con) con 2.77%; la No.1 (Purina) con 1.88%; y la No.16 (M.d/Exc) con 1.21% (fig. 8).

Al hacer la estimación del **extracto libre de nitrógeno (E.L.N)**, se encontró el valor máximo en la dieta No.16 (M.d/Exc) con 77.29%; le sigue la dieta No.6 (D.O.C/Mel) con 73.91%; la No.15 (M.d.T.con) con 70.18%; la No.11 (E.B.V2/M.50) con 61.01%; la No.2 (D.O.C) con 60.26%; la No.4 (D.O.C/Exc) con 57.89%; la No.5 (D.O.C/Lev) con 55.43%; la No.1 (Purina) con 55.03%; la No.14 (Exc.T.mol) con 41.08%; la No.8 (E.B.V1/NH4OH) con 40.56%; y finalmente la No.7 (C.E/NH4OH) con 40.32% (fig. 8).

NoDIETA	M.S	H	P.C	E.E	S.M	F.C	E.L.N
1	91.97	8.07	21.88	12.41	5.32	1.73	50.59
2	19.43	80.57	1.71	1.74	1.98	2.29	11.71
4	92.10	7.91	19.79	3.88	6.93	8.18	53.32
5	93.97	6.03	14.79	5.23	6.47	15.38	52.10
6	91.83	8.17	9.74	4.43	7.04	2.74	67.88
11	92.03	7.97	10.83	3.09	8.15	13.81	56.15
14	89.72	10.28	32.37	2.41	7.55	10.53	36.86
16	91.87	8.13	12.26	5.55	1.94	1.11	71.01

fig. 7.- Análisis químico proximal en base húmeda, de algunas dietas empleadas en las pruebas de reciclaje con Periplaneta americana L. Se expresa en porcentaje ( M.S= materia seca ; H= humedad; P.C= proteína cruda; E.E= extracto etéreo; S.M= sales minerales; F.C= fibra cruda; E.L.N= extracto libre de nitrógeno).



NoDIETA	M.S	H	P.C	E.E	S.M	F.C	E.L.N
1	100	0	23.80	13.49	5.82	1.88	55.03
2	100	0	8.80	8.95	10.19	11.78	60.26
4	100	0	21.49	4.21	7.52	8.88	57.89
5	100	0	15.74	5.57	6.89	16.37	55.43
6	100	0	10.61	4.82	7.67	2.98	73.91
7	100	0	13.33	1.55	15.28	29.55	40.32
8	100	0	10.54	1.90	17.20	29.30	40.56
11	100	0	11.76	3.35	8.85	15.00	61.01
14	100	0	36.07	2.68	8.41	11.73	41.08
15	100	0	15.95	8.63	2.47	2.77	70.18
16	100	0	13.34	6.04	2.11	1.21	77.29

fig. 8.- Análisis químico proximal en base seca, de algunas dietas empleadas en las pruebas de reciclaje con *Periplaneta americana* L. Se expresa en porcentaje (M.S = materia seca; H = humedad; P.C = proteína cruda; E.E = extracto etéreo; S.M = sales minerales; F.C = fibra cruda; E.L.C = extracto libre de nitrógeno ).

## NINFAS

En las figuras 9 y 10 se encuentran anotados los porcentajes en base húmeda y base seca respectivamente de: materia seca (M.S), humedad (H), proteína cruda (P.C), extracto etéreo (E.E), sales minerales o cenizas (S.M), fibra cruda (F.C) y extracto libre de nitrógeno (E.L.N) para las ninfas que reciclaron algunos de los desechos.

El mayor porcentaje de materia seca, se encontró en la dieta No.15 (M.d.T.con) siendo de un 89.15%; le sigue la dieta No.3 (D.O.C/Col) con 39.64%; la No.2 (D.O.C) con 38.46%; la No.1 (Purina) con 37.15%; la No.16 (M.d/Exc) con 35.63%; la No.4 (D.O.C/Exc) con 34.44%; la No.13 (E.B.V2/Exc) con 30.23%; la No.6 (D.O.C/Mel) con 27.65%; y la No.5 (D.O.C/Lev) con 25.47% (fig. 9).

En cuanto a los porcentajes de humedad (H) tenemos, que el mayor de ellos correspondió a las ninfas alimentadas con la dieta No.5 (D.O.C/Lev) siendo de 74.52%; le siguen las de la dieta No.6 (D.O.C/Mel) con 72.35%; las de la No.13 (E.B.V2/Exc) con 69.76%; la No.4 (D.O.C/Exc) con 66.56%; la No.16 (M.d/Exc) con 64.37%; la No.1 (Purina) con 62.83%; la No.2 (D.O.C) con 61.54%; la No.3 (D.O.C/Col) con 60.36%; y la No.15 (M.d.T.con) con 64.37% (fig. 9).

Los porcentajes de proteína cruda (P.C) muestran que el mayor de ellos corresponde a las ninfas alimentadas con la dieta No.2 (D.O.C) siendo de 109.78%; le siguen las de la dieta No.3 (D.O.C/Col) con 109.26%; después las de la dieta No.13 (E.B.V2/Exc) con 73.20%; las de la No.1 (Purina) con 62.71%; las de la No.4 (D.O.C/Exc) con 59.06%; las

de la No.16 (M.d/Exc) con 58.79%; las de la No.5 (D.O.C/Lev) con 58.20%; las de la No.6 (D.O.C/Mel) con 51.36%; y las de la No.15 (M.d.T.con) con 50.19% (fig. 10).

En el **extracto etéreo (E.E)**, el mayor porcentaje se encontró en las ninfas alimentadas con la dieta No.15 (M.d.T.con) siendo de 43.85%; las de la dieta No.1 (Purina) con 36.88%; le siguen las de la dieta No.6 (D.O.C/Mel) con 34.14%; las de la No.16 (M.d/Exc) con 34.07%; las de la No.5 (D.O.C/Lev) con 29.32%; las de la No.4 (D.O.C/Exc) con 24.77%; las de la No.13 (E.B.V2/Exc) con 18.23%; y las de la dieta No.2 (D.O.C) con 7.48% (fig. 10).

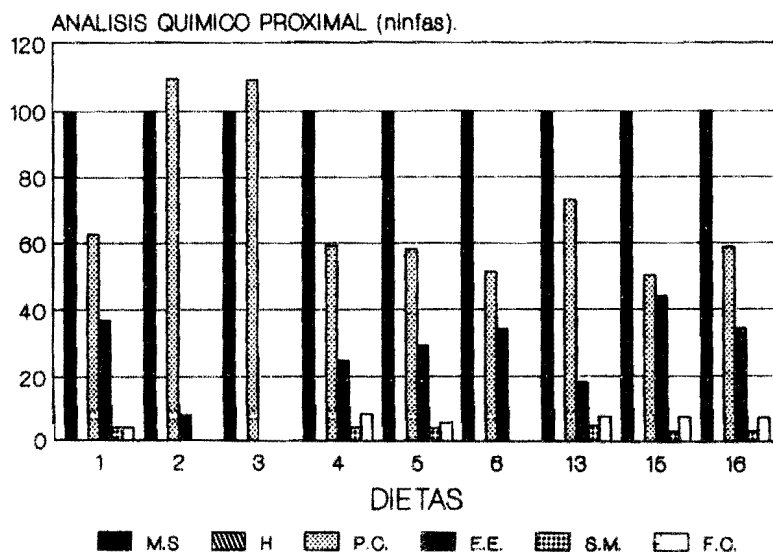
En **sales minerales (S.M)**, el mayor porcentaje correspondió a las ninfas de la dieta No.13 (E.B.V2/Exc) siendo de 4.60%; le siguen las de la dieta No.4 (D.O.C/Exc) con 3.76%; las de la No.5 (D.O.C/Lev) con 3.73%; las de la No.1 (Purina) con 3.51%; las de la No.16 (M.d/Exc) con 3.17%; y las de la No.15 (M.d.T.con) con 2.88% (fig. 10).

Los porcentajes de **fibra cruda (F.C)** indican que las ninfas que tienen una mayor proporción de fibra cruda, son aquellas alimentadas con la dieta No.4 (D.O.C/Exc) siendo el porcentaje correspondiente de 8.06%; le siguen las de la dieta No.13 (E.B.V2/Exc) con 7.75%; las de la No.15 (M.d.T.con) con 7.66%; las de la No.16 (M.d/Exc) con 7.46%; las de la No.5 (D.O.C/Lev) con 5.92%; y finalmente las de la No.1 (Purina) con 3.44% (fig. 10).

Los valores obtenidos de **extracto libre de nitrógeno (E.L.N)** en los casos en que la muestra fue suficiente, fueron menores a cero.

NoDIETA	M.S	H	P.C	E.E	S.M	F.C	E.L.N
1	37.15	62.83	23.30	13.70	1.30	1.27	⊠
2	38.46	61.54	42.22	2.87			+
3	39.64	60.36	43.31				+
4	34.44	66.56	19.75	8.28	1.26	2.69	⊠
5	25.47	<b>74.52</b>	14.83	7.47	0.95	1.51	⊠
6	27.65	72.35	14.20	9.44			+
13	30.23	69.76	22.13	5.51	1.39	2.34	⊠
15	<b>89.15</b>	10.85	<b>44.75</b>	<b>39.10</b>	<b>2.57</b>	<b>6.83</b>	⊠
16	35.63	64.37	20.95	12.44	1.13	2.66	⊠

fig. 9.- Análisis químico proximal en base húmeda, de las ninfas de Periplaneta americana L. alimentadas con algunas de las dietas ensayadas. Se expresa en porcentaje (M.S= materia seca; H= humedad; P.C= proteína cruda; E.E= extracto etéreo; S.M= sales minerales; F.C= fibra cruda; E.L.N= extracto libre de nitrógeno; + cantidad de muestra insuficiente; ⊠ porcentaje de E.L.N menor a cero).



NO DIETA	M.S	H	P.C	E.E	S.M	F.C	E.L.N
1	100	0	62.71	36.88	3.51	3.44	▩
2	100	0	<b>109.78</b>	7.84			+
3	100	0	109.26				+
4	100	0	56.06	24.77	3.76	<b>8.06</b>	▩
5	100	0	58.20	29.32	3.73	5.92	▩
6	100	0	51.36	34.14			+
13	100	0	73.20	18.23	<b>4.60</b>	7.75	▩
15	100	0	50.19	<b>43.85</b>	2.88	7.66	▩
16	100	0	58.79	34.07	3.17	7.46	▩

fig. 10.- Análisis químico proximal en base seca, de las ninfas de *Periplaneta americana* L. alimentadas con algunas de las dieta ensayadas. Se expresa en porcentaje. (M.S= materia seca; H= humedad; P.C= proteína cruda; E.E= extracto etéreo; S.M= sales minerales; F.C= fibra cruda; E.L.N= extracto libre de nitrógeno; + cantidad insuficiente de muestra; ▩ porcentaje de E.L.N menor a cero).



## ADULTOS

En las figuras 11 y 12, se encuentran anotados los porcentajes en base húmeda en la primera y en base seca en la segunda, de: materia seca (M.S), humedad (H), proteína cruda (P.C), extracto etéreo (E.E), sales minerales o cenizas (S.M), fibra cruda (F.C) y extracto libre de nitrógeno (E.L.N), para los adultos alimentados con algunos de las dietas ensayadas.

El mayor porcentaje de **materia seca (M.S)** se encontró en los adultos alimentados con la dieta No.15 (M.d.T.con) siendo de 57.96%; le siguen los alimentados con la dieta No.2 (D.O.C) con 54.54%; los de la dieta No.13 (E.B.V2/Exc) con 43.83%; los de la No.3 (D.O.C/Col) con 41.59%; los de la No.16 (M.d/Exc) con 40.73; los de la No.4 (D.O.C/Exc) con 36.36%; los de la No.1 (Purina) con 35.47%; los de la No.6 (D.O.C/Mel) con 33.67%; y los de la dieta No.5 (D.O.C/Lev) con 30.13% (fig. 11).

Los porcentajes de **humedad (H)** indican que el más alto contenido de agua en los adultos es para aquellos alimentados con la dieta No.5 (D.O.C/Lev) siendo de 69.87%; le siguen los de la dieta No.6 (D.O.C/Mel) con 66.33%; los de la No.1 (Purina) con 64.53%; los de la No.4 (D.O.C/Exc) 63.64%; los de la No.16 (M.d/Exc) con 59.24%; los de la No.3 (D.O.C/Col) con 58.41%; los de la No.13 (E.B.V2/Exc) con 56.17%; los de la No.2 (D.O.C) con 45.46%; y los de la No.15 (M.d.T.con) con 42.04% (fig. 11).

En cuanto a los porcentajes de **proteína cruda (P.C)**, el mayor de ellos corresponde a los adultos alimentados con la dieta No.13

(E.B.V2/Exc) siendo de 141.93%; le siguen los de la dieta No.3 (D.O.C/Col) con 116.47%; los de la No.2 (D.O.C) con 100.43%; los de la No.4 (D.O.C/Exc) con 96.84%; los de la No.16 (M.d/Exc) con 83.78%; los de la No.15 (M.d.T.con) con 79.92%; los de la No.1 (Purina) con 73.66%; los de la No.5 (D.O.C/Lev) con 63.35%; y los de la dieta No.6 (D.O.C/Mel) con 50.02% (fig. 12).

En cuestión del **extracto etéreo (E.E)**, el mayor porcentaje se encontró en los adultos alimentados con la dieta No.6 (D.O.C/Mel) siendo de 29.49%; le siguen los de la dieta No.1 (Purina) con 26.69%; los de la No.16 (M.d/Exc) con 25.88%; los de la No.5 (D.O.C/Lev) con 16.86%; los de la No.15 (M.d.T.con) con 16.65%; los de la No.4 (D.O.C/Exc) con 12.87%; los de la No.3 (D.O.C/Col) con 12.33%; y los de la No.13 (E.B.V2/Exc) con 3.28% (fig. 12).

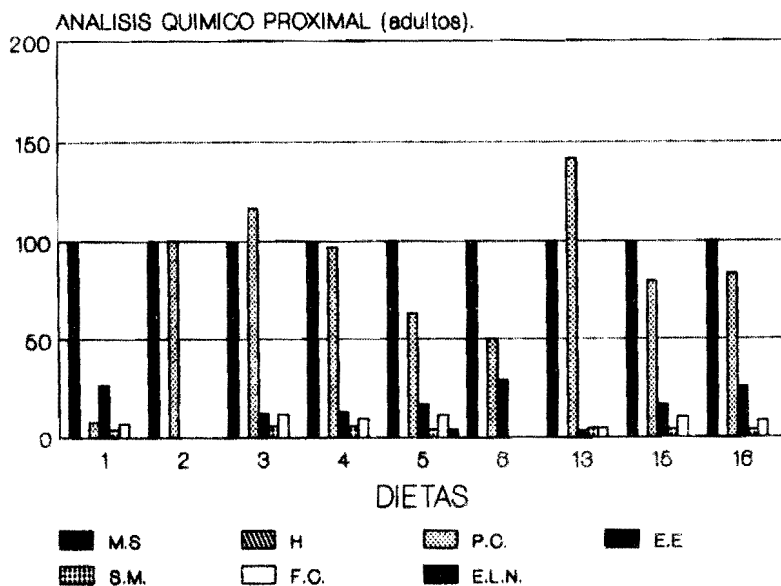
En los porcentajes de **sales minerales (S.M)**, se observa que el mayor lo poseen los adultos alimentados con la dieta No.4 (D.O.C/Exc) siendo de 6.05%; le siguen los de la dieta No.3 (D.O.C/Col) con 5.79%; los de la No.13 (E.B.V2/Exc) con 4.91%; los de la No.5 (D.O.C/Lev) con 4.12%; los de la No.15 (M.d.T.con) con 4.07%; los de la No.1 (Purina) con 4.01%; y los de la No.16 (M.d/Exc) con 3.78% (fig. 12).

De los porcentajes de **fibra cruda (F.C)**, el mayor se presentó en los adultos alimentados con la dieta No.3 (D.O.C/Col) siendo de 11.90%; le siguen los de la dieta No.5 (D.O.C/Lev) con 11.48%; los de la No.15 (M.d.T.con) con 10.42%; los de la No.4 (D.O.C/Exc) con 9.90%; los de la No.16 (M.d/Exc) con 8.51%; y los de la No.1 (Purina) con 6.94% (fig. 12).

En la estimación del **extracto libre de nitrógeno (E.L.N)** de los adultos al igual que con las ninfas, la cantidad de muestra limitó su determinación en dos de los casos (dietas No.2 y No.6). En los adultos de la dieta No.5 (D.O.C/Lev) se encontró un 4.18%. En los demás casos (dietas No.1, No.3, No.4, No.13, No.14 y No.15) el valor fue menor a cero (fig. 12).

NoDIETA	M.S	H	P.C	E.E	S.M	F.C	E.L.N
1	35.47	64.53	26.13	9.47	1.42	2.46	⋮
2	54.54	45.46	54.77				+
3	41.59	58.41	48.44	5.13	2.41	4.95	⋮
4	36.36	63.64	35.21	4.68	2.20	3.60	⋮
5	30.13	69.87	19.09	5.08	1.24	3.46	⋮
6	33.67	66.33	16.24	9.93			+
13	43.83	56.17	62.21	1.44	2.15	2.09	⋮
15	57.96	42.04	46.32	9.65	2.36	6.04	⋮
16	40.76	59.24	34.15	10.55	1.54	3.47	⋮

fig. 11.- Análisis químico proximal en base húmeda. para los adultos de Periplaneta americana L. alimentados con algunas de las dietas ensayadas. Se expresa en porcentaje (M.S= materia seca; H= humedad; P.C= proteína cruda; E.E= extracto etéreo; S.M= sales minerales; F.C= fibra cruda; E.L.N= extracto libre de nitrógeno; + cantidad de muestra insuficiente; ⋮ porcentaje de E.L.N menor a cero).



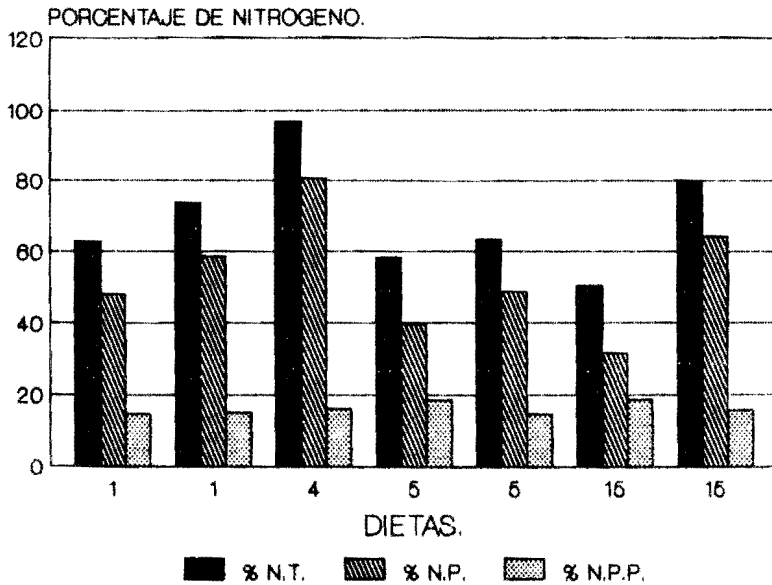
NoDIETA	M.S	H	P.C	E.E	S.M	F.C	E.L.N
1	100	0	73.66	26.69	4.01	6.94	▤
2	100	0	100.43				+
3	100	0	116.47	12.33	5.79	11.90	▤
4	100	0	96.84	12.87	6.05	9.90	▤
5	100	0	63.35	16.86	4.12	11.48	4.18
6	100	0	50.02	29.49			+
13	100	0	141.93	3.28	4.91	4.77	▤
15	100	0	79.92	16.65	4.07	10.42	▤
16	100	0	83.78	25.88	3.78	8.50	▤

fig. 12.- Análisis químico proximal en base seca, de los adultos de Periplaneta americana L. alimentados con algunas de las dietas ensayadas. Se expresa en porcentaje. (M.S= materia seca; H= humedad; P.C= proteína cruda; E.E= extracto etéreo; S.M= sales minerales; F.C= fibra cruda; E.L.N= extracto libre de nitrógeno; + cantidad insuficiente de muestra; ▤ porcentaje de E.L.N menor a cero).

## PROTEINA VERDADERA

En la figura 13 se encuentran anotados los porcentajes en base seca, correspondientes al nitrógeno total (N.T), nitrógeno proteico (N.P) ó proteína verdadera, y nitrógeno no proteico (N.N.P), de ninfas y adultos de algunas dietas.

El mayor porcentaje de nitrógeno proteico se encontró en los adultos alimentados con la dieta No.4 (D.O.C/Exc) siendo de 80.82%; les siguen los adultos de la dieta No.15 (M.d.T.con) con 64.18%; los adultos de la dieta No.1 (Purina) con 58.52%; los adultos de la dieta No.5 (D.O.C/Lev) con 48.69%; las ninfas de la dieta No.1 (Purina) con 47.99%; las ninfas de la dieta No.5 (D.O.C/Lev) con 39.68%; y finalmente, las ninfas de la dieta No.15 (M.d.T.con) con 31.63%



No.DIETA	EDO.DES	% N.T	% N.P	% N.N.P
1	Ninfas	62.71	47.99	14.72
1	Adultos	73.66	58.52	15.14
4	Adultos	96.84	80.82	16.02
5	Ninfas	58.20	39.68	18.52
5	Adultos	63.35	48.69	14.66
15	Ninfas	50.19	31.63	18.56
15	Adultos	79.92	64.18	15.74

fig. 13.- Porcentaje de Nitrógeno Total (% N.T), Nitrógeno Proteico (% N.P) y Nitrógeno No Proteico (% N.N.P), expresado en porcentaje de base seca, para ninfas y adultos de Periplaneta americana L. alimentados con algunas de las dietas ensayadas. (EDO.DES= estado de desarrollo; % N.T= porcentaje de nitrógeno total; %N.P= porcentaje de nitrógeno proteico; % N.N.P= porcentaje de nitrógeno no proteico).

## AMINOACIDOS

La relación y porcentaje de los aminoácidos encontrados en algunas ninfas, se encuentran anotados en la figura 14.

Las ninfas en las que se encuentran en mayor proporción los siguientes aminoácidos son: para el ácido aspártico, las ninfas de la dieta No.1 (Purina) con 5.95%; para el ácido glutámico, las de la dieta No.1 (Purina) con 7.85%; para la serina, las de la dieta No.1 (Purina) con 4.80%; para la histidina, las de la dieta No.6 (D.O.C/Mel) con 2.04%; para la glicina, las de la dieta No.1 (Purina) con 5.63%; para la treonina, las de la No.1 (Purina) con 3.64%; para la arginina, las de la No.5 (D.O.C/Lev) con 5.96%; para la alanina, las de la dieta No.1 (Purina) con 8.87%; para la tirosina, las de la No.6 (D.O.C/Mel) con 6.65%; para la metionina, las de la No.4 (D.O.C/Exc) con 1.11; para la valina, las de la No.1 (Purina) con 5.13%; para la fenilalanina, las de la No.6 (D.O.C/Mel) con 2.47%; para la isoleucina, las de la No.1 (Purina) con 2.74%; para la leucina, las de la No.1 (Purina) con 5.70%; para la lisina, las de la No.1 (Purina) con 4.00%; para todas las ninfas la cantidad de cisteina fue la mínima detectable (0.061%), y para el triptófano también en todas, de 0.15%



## D I E T A S

AMINOACIDO	1	3	4	5	6
Asp	5.95	4.18	5.34	5.03	5.23
Glu	7.85	5.47	6.92	6.26	6.70
Ser	4.80	4.10	4.37	4.57	4.27
His	1.53	0.94	0.98	1.21	2.04
Gly	5.63	4.57	3.93	4.59	4.49
Thr	3.64	2.51	2.95	3.31	3.10
Arg	5.21	3.37	3.88	5.96	4.99
Ala	8.87	6.43	6.81	5.70	7.68
Tyr	4.90	5.16	4.00	5.96	6.65
Met	0.94	0.72	1.11	0.00	0.88
Val	5.13	3.76	4.50	4.00	4.88
Phe	2.18	1.28	1.32	2.10	2.47
Ile	2.74	1.87	2.37	2.31	2.53
Leu	5.70	3.72	5.07	4.53	5.02
Lys	4.00	2.73	3.30	3.16	3.60
Cys	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Trp	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15

fig. 14.- Relación de los aminoácidos presentes en ninfas de Periplaneta americana L. provenientes del reciclaje de desechos orgánicos. Se expresan en porcentaje.

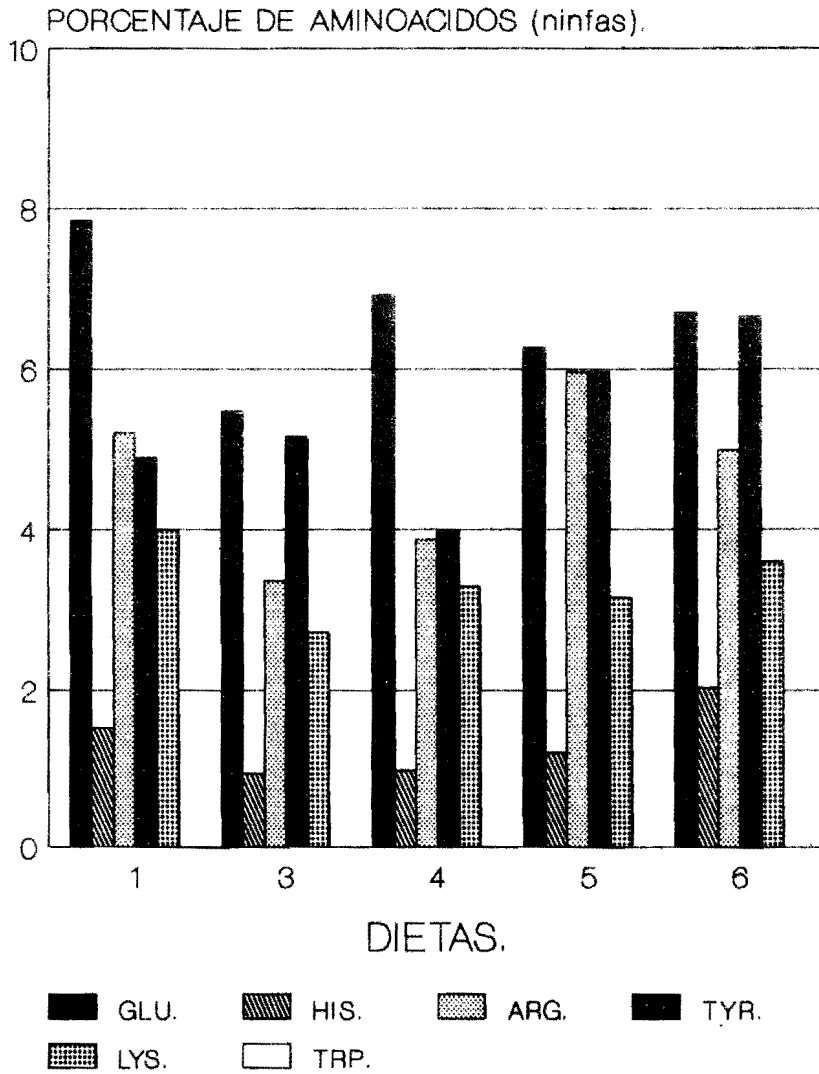


fig. 15.- Porcentajes de cinco aminoácidos encontrados en ninfas de *Periplaneta americana* L. alimentadas con purina y algunos de los desechos ensayados.

## DISCUSION

Para determinar hasta qué punto Periplaneta americana L. contribuye al reciclaje de desechos orgánicos y permite obtener proteína animal al bajo costo, se requiere en primera instancia, de un análisis de producción de este insecto, que involucre aspectos de sobrevivencia, reproducción, tiempo invertido y consumo de alimento que repercutirán en la biomasa; en segundo lugar, de un análisis químico que revele el valor nutritivo del producto y planear así su posterior aplicación; y finalmente, de una evaluación de costos, que aún abordada someramente pretende dar una idea general al respecto.

En cuanto al porcentaje de sobrevivencia de las poblaciones iniciales de cada cultivo (fig. 1), el mayor de ellos (72%) se encontró en la dieta No.4 (D.O.C/Exc) sobrepasando al testigo (54%) en 18 unidades. Este porcentaje también se superó en la dieta No.6 (D.O.C/Mel) siendo de 58%. Se aprecia que estas dos dietas con los mayores porcentajes de sobrevivencia están constituidas por desechos orgánicos caseros mezclados, en la primera de ellas, con 25% de excretas de Tenebrio molitor L y en la segunda con 25% de melaza. Estas sustancias contienen una elevada proporción de energía, que al mismo tiempo incrementa la de la ración. Esto nos permitiría afirmar que un incremento de energía, provoca un incremento en la sobrevivencia de estos insectos, que puede apreciarse incluso, en algunas dietas sin

alcanzar el porcentaje de sobrevivencia del testigo, sí incrementan el propio en comparación con los de la misma variedad, pero que no incluyen en ninguna proporción a las excretas o a la melaza. Lo anterior puede observarse en las dietas No.11 (E.B.V2/M.50) y la No.12 (E.B.V2/M.10), donde se alcanzaron porcentajes de sobrevivencia de 22 y 28% respectivamente, y aunque no llegan siquiera a la mitad del porcentaje del testigo, sí sobrepasan el de la dieta No.9 (E.B.V2) y el de la No.10 (E.B.V2/NI40B) que son sólo del 9 y 20%, y que están constituidas por el mismo desecho, pero sin melaza. Si a un incremento de energía le acompaña uno de nitrógeno (como el contenido en las excretas) el porcentaje de sobrevivencia asciende aún más, lo que puede verse en la dieta No.13 (E.B.V2/Exc) donde se iguala el porcentaje de sobrevivencia del testigo (Purina, con 54%).

Se observa una influencia también una influencia de las sales minerales en el porcentaje de sobrevivencia. Por ello no podemos concluir que exclusivamente al incrementar la energía y el nitrógeno en la dieta, se asegura una mayor sobrevivencia, ya que si ésto fuera así, en la dieta No.16 (M.d/Exc) con 2.11% de sales minerales, el porcentaje de sobrevivencia debería haber sido mayor que el que para ella se reporta (28% fig. 1) en vista de que el maíz y las excretas son sustancias altamente energéticas, y las excretas poseen un elevado porcentaje de proteína cruda (36.07% fig. 8). Las sales minerales tienen un marcado efecto en la sobrevivencia de las poblaciones, ya que en las dietas con mejores porcentajes de sobrevivencia (No.1, No.4 y No.6) la cantidad de sales minerales detectada fue de 5.82, 7.52 y 6.84% respectivamente,

porcentajes que son más altos que el de la dieta No.16 (fig. 8).

Aparentemente, la levadura agregada en un 10% a las dietas, no es suficiente para incrementar la sobrevivencia de estos insectos, lo que puede observarse en las dieta No.5 (D.O.C/Lev) y la No.18 (Comp/Lev), que aún conteniendo proteína de buena calidad, presentaron una sobrevivencia de 32% en el primer caso, y 2% en el segundo. La composta no compensa las deficiencias que el alimento posee respecto a otros nutrimentos que son indispensables para un buen desarrollo, ya que la composta contiene, casi en su totalidad, sales minerales.

Los bajos porcentajes de sobrevivencia encontrados en las dietas No.9 (E.B.V2) y No.10 (E.B.V2/NH4OH) además de deberse a la baja calidad nutritiva del alimento, también se ven influenciados por el canibalismo entre los individuos de esas poblaciones, por lo que no son el resultado de un exclusivo consumo de la dieta, lo que finalmente llevó a porcentajes de mortalidad tan elevados (94 y 98%).

El cero porciento de sobrevivencia encontrado en la dieta No.7 (C.R/NH4OH) se debe probablemente a que los nutrimentos proporcionados a las cucarachas fueron mínimos y por lo tanto inadecuados, siendo que el mayor componente de esta dieta fueron las sales minerales (15.28% fig. 8) y la fibra cruda (29.55% fig. 8) que provocaron una baja digestibilidad y palatabilidad del alimento, una ingestión casi nula (3.6 g fig.5) y un 100% de mortalidad al poco tiempo.

En la dieta No.8 (E.B.V1/NH4OH), el 0% de sobrevivencia podría justificarse por el hecho de que este estiércol había permanecido "in situ" por varios meses, lo que sin duda disminuyó su valor nutritivo al

ser degradado por factores bióticos y abióticos que lo enriquecieron únicamente en sales minerales (17.20%).

Por lo anterior podemos afirmar que además de una elevada proporción de energía y nitrógeno en la dieta, porcentajes de sales minerales entre el 5 y 7%, contribuyen a un 50% de sobrevivencia en las poblaciones de P. americana L.

Sabemos que el tipo de alimentación determina la duración del ciclo de vida y la cantidad de mudas que llevan a cabo para completarlo estos insectos (Slansky, F. 1987). Bajo ciertas condiciones de laboratorio en Gran Bretaña, el ciclo de vida de P. americana L. presentó de 11 a 12 estadios ninfales, invirtiendo de 250 a 270 días para completarlos (Griffits, J. y Tauber, O. 1942). Como el objetivo de determinar el ciclo de vida de esta especie bajo estas condiciones particulares era cuantificar el tiempo total en que llegaban al estado adulto, se estima que las diferencias en cuanto al número de estadios de desarrollo que se alcanzaron en cada uno de los cultivos, pudo haber sido de  $\pm 1$ , aunque muy probablemente éste dato no sea el correcto. De cualquier manera, la duración total no se vería afectada.

Debemos resaltar que a pesar de tener las limitaciones arriba señaladas, el hecho de haber reducido el ciclo a 4 meses 15 días (4 meses menos al tiempo reportado anteriormente), nos da cierta ventaja porque se pueden evaluar casi 3 generaciones al año, en lugar de 1 solamente. Lo anterior refleja que las condiciones bajo las cuales fueron sometidas en este estudio las cucarachas, son satisfactorias y pueden ser optimizadas si se quiere reducir aún más la duración del

ciclo de vida de esta especie para obtener una producción anual mayor.

Se observa que la dieta testigo (Purina) no fue en la que se completó el ciclo de vida en menor tiempo, sino que ésto sucedió en la dieta No.9 (E.B.V2) con 3 meses 9 días. Sin embargo, la mínima diferencia que existe entre el tiempo alcanzado en el testigo y el de las dietas a base de desechos orgánicos caseros y sus diferentes combinaciones (a excepción de la dieta No.6), permite suponer que cualquiera de estas dietas podría funcionar como buen alimento para que las cucarachas fueran cultivadas, preferentemente si dentro de sus componentes tenemos levadura de cerveza, ya que es en la dieta No.5 (D.O.C/Lev) donde el tiempo de duración es igual al de las cucarachas alimentadas con purina (dieta No.1) (fig. 2).

No podemos afirmar contundentemente, que al aumentar la cantidad de proteína de buena calidad (levadura) en los desechos orgánicos caseros, se reducirá aún más la duración del ciclo de vida. En cambio, la proteína de buena calidad sí tiene un efecto más marcado en la reproducción y la biomasa que finalmente se obtendrá.

Por otra parte, creemos que la reducción del ciclo de vida a 3 meses 9 días en la dieta No.9 (E.B.V2) se debe, principalmente a que la desequilibrada composición nutritiva de la dieta generó un canibalismo más acentuado en la población y por mecanismo de selección, sólo sobrevivieron 3 individuos que al consumir a sus congéneres encontraron los nutrimentos esenciales en su desarrollo y completar así su ciclo de vida.

Es evidente que los requerimientos nutricionales para

para que estas cucarachas completen su ciclo de vida, deben guardar ciertas proporciones y no inclinarse a un sólo tipo de nutrimento.

Es muy probable que debido a deficiencias nutricionales de la dieta, en la No.7 (C.R/NH<sub>4</sub>OH), en la No.8 (E.B.V1/NH<sub>4</sub>OH), en la No.10 (E.B.V2/NH<sub>4</sub>OH), en la No.17 (Composta) y en la No.18 (Comp/Lev) no se completara el ciclo de vida y sólo, en algunos casos (dietas No.10 y No.18) se llegaron a estadios juveniles más avanzados.

En las dieta No.11 (E.B.V2/M.50) y en la No.12 (E.B.V2/M.10) con porcentajes de sobrevivencia cercanos al 30 y 40% del alcanzado en la dieta testigo, y conteniendo melaza, no se desencadenó eficientemente el proceso de la muda, aunque sí se alcance una mayor edad en comparación con las otras dietas en las que tampoco se completó el ciclo. Probablemente también tenga que ver el hecho de que estas ninfas permanecieron agregadas en mayor número durante más tiempo. Se sabe que como insectos gregarios, en ellos existe un mecanismo hormonal regulador de su sobrevivencia (Izutzu, M. et al 1970). El contenido de nutrimentos de esta dieta también alteró el patrón de coloración de este insecto.

Al parecer, la cantidad baja de grasas en las dietas No.14 (Exc.T.mol), No.15 (M.d.T.con) y la No.16 (M.d/Exc) (fig. 8) también afectó la duración del ciclo de vida prolongándolo 30 días más como promedio.

En lo concerniente al porcentaje esperado de reproducción (No. de ootecas depositadas en cada cultivo en relación a la cantidad depositada en el testigo), el máximo se alcanzó en la dieta No.5 (D.O.C/Lev) siendo de 101.0% (97 ootecas) que a pesar de no ser un



alimento balanceado, supera el porcentaje alcanzado en el testigo (fig. 3), lo que indica que la levadura de la ración sí tiene un efecto sobre el potencial reproductivo de esta especie, y aunque el porcentaje de proteína cruda de esta dieta sea menor (15.74% fig. 8) que el de la purina (23.80% fig. 8), la calidad de la proteína de la levadura es más importante que la cantidad cuando se trata de cuestiones de reproducción.

En las dietas No.2 (D.O.C), No.3 (D.O.C/Col) y No.4 (D.O.C/Exc) los porcentajes de reproducción corresponden aproximadamente a la mitad del que es reportado como máximo, y se observa que el colesterol agregado en esa proporción a los desechos orgánicos caseros, no tiene un efecto marcado en la reproducción, a pesar de ser un precursor hormonal en este aspecto. (fig. 3). Por los costos tan elevados de este reactivo no puede pensarse en emplearlo como complemento de la dieta si los cultivos se hacen a una escala industrial, sobre todo porque es evidente que habría de agregarse en mayor proporción.

En la dieta No.6 (D.O.C/Mel), el porcentaje esperado de reproducción llegó a 76.04% (73 ootecas) que no puede ser considerado bajo aunque sea menor que el del testigo (100%) o el más alto (101.0%) (fig. 3). Sin embargo, la duración tan larga del ciclo de vida en esta dieta con melaza (fig. 2) hace incosteable su empleo con fines industriales.

En la dieta No.13 (E.B.V2/Exc) y en la No.16 (M.d/Exc), el porcentaje esperado de reproducción fue casi del 60% (fig. 3), lo que permite suponer que la cantidad de proteína aportada por las excretas, compensa de alguna manera las deficiencias en grasa, cenizas y fibra,

que además no tienen un efecto tan marcado sobre el potencial reproductivo, como para anularlo aunque estén presentes en mínima proporción (fig. 8).

El porcentaje esperado de reproducción tan bajo en la dieta No.14 (Exc.T.mol) se debe a que en una etapa previa de maduración del oocito en las hembras de esta especie, no se cubrieron todos los requerimientos nutricionales, lo que condujo a una mortalidad de los huevos dentro de las ootecas, y sobre todo que éstas ni siquiera se formaran regularmente.

En la dieta No.9 (E.B.V.2) no se encontraron ootecas en vista de que los únicos sobrevivientes eran machos. Es importante señalar que al no sexar a los organismos antes de comenzar los ensayos, ocasionó, como en este caso, que en realidad el porcentaje de reproducción reportado no esté en relación directa con el tipo de alimentación.

Sabemos que las poblaciones en la naturaleza no están integradas en proporciones equivalentes de machos y hembras (50% para cada sexo) porque en muchas ocasiones estas proporciones se desvían de lo que pudiera esperarse, por lo que esta proporción no es constante (Krebs, C. 1985). Basándonos en lo anterior los experimentos fueron diseñados, dejando que de manera azarosa se mezclaran los sexos, porque esto no afectaría notablemente la producción, sobre todo si ésta en un momento dado, se planea hacer en grandes espacios y con poblaciones de cucarachas mucho mayores que las empleadas en este estudio preliminar. Sin embargo, es evidente que para fines de producción, sí es importante sexar cada lote de estos insectos.

Parece ser que para conseguir un porcentaje de reproducción superior al 50% , es necesario proporcionar una cantidad de proteína entre 8.80 y 15.95% , y si se busca incrementar más este potencial reproductivo, es conveniente agregar proteína de buena calidad como la que contiene la levadura.

Al hablar del porcentaje esperado de sobrevivencia de la descendencia, hay que señalar que para su determinación se tomó como referencia el número de ootecas depositadas en cada cultivo después de 4 meses y medio de haber completado el ciclo de vida los progenitores.

El mayor porcentaje de sobrevivencia de estos individuos se encontró en la dieta No.4 (D.O.C/Exc) siendo de 25.5% que en número corresponde a 189 individuos; en la dieta No.1 (Purina) fue de 23.71% (296); y en la No.5 (D.O.C/Lev) de 19.34% (244). Estos porcentajes indican que a pesar de que hayan sido depositadas varias ootecas, no en todas ellas se asegura la viabilidad de los huevos ni la sobrevivencia de todas las ninfas. Son importantes además de la calidad y cantidad de proteína, las sustancias energéticas y las sales minerales en la dieta, porque como puede observarse en la dieta No.4 (D.O.C/Exc) que sin ser un alimento balanceado como la dieta No.1 (Purina) (fig. 8), la proporción en la que están presentes los componentes antes mencionados, sí influye de alguna manera para que las hembras en una etapa previa a la maduración del oocito, satisfagan sus requerimientos nutricionales indispensables para la viabilidad de los huevos (Slansky, F. 1987). De esta manera es posible apreciar que el nitrógeno, la energía y las sales minerales de la dieta, afectan marcadamente la sobrevivencia de la

descendencia, al igual que la de los progenitores.

Al parecer el colesterol en la dieta No.3 (D.O.C/Col) sí contribuye a una mayor sobrevivencia de la descendencia, ya que la incrementa considerablemente, en comparación a cuando los desechos orgánicos caseros están sin combinar (fig. 4).

En la dieta No.6 (D.O.C/Mel) y en la No.13 (E.B.V2/Exc), los porcentajes esperados de sobrevivencia fueron bajos (2.42 y 2.27% respectivamente, fig. 4) y aunque estas dietas contengan sustancias altamente energéticas o nitrogenadas, alargando el ciclo de vida de los progenitores de manera considerable (fig. 2), indica que alguno o algunos de sus componentes, retrasa el desarrollo de estos insectos incrementando el periodo de intermuda, por lo que 4 meses y medio no fue tiempo suficiente para que la mayor parte de las ootecas abrieran y eclosionaran la mayor parte de las ninfas al momento de ser evaluado este parámetro.

Al analizar el consumo de alimento (fig.5), se observó claramente que la dieta más consumida fue la No.4 (D.O.C/Exc) donde también se encuentran los más altos porcentajes de sobrevivencia en progenitores y descendientes (fig. 1 y 4). En las otras dietas de desechos orgánicos caseros el consumo estuvo relacionado directamente con la densidad de las poblaciones (fig.5).

En el caso de la dieta No.9 (E.B.V2) y en el de la dieta No.10 (E.B.V2/NH4OH), la diferencia de 1 g en el consumo del alimento, quizá se debe a que en la primera, el porcentaje de sobrevivencia fue mayor, y además, tenían una mayor edad lo que determina también un mayor consumo,

aunque esta interpretación debe tomarse con cuidado, ya que también esa pequeña diferencia podría haber sido resultado de la hidratación del alimento al momento de ser pesado finalmente.

En el caso de las dieta No.11 (E.B.V2/M.50) y No.12 (E.B.V2/M.10) se presentó mayor consumo de alimento que en la dieta No.9 (E.B.V2) (fig.5) que probablemente se debe a la presencia de la melaza en las dos primeras dietas, lo que de alguna manera hace más palatable el alimento a pesar de ser fibroso.

En la dieta No.13 (E.B.V2/Exc) se encontró un mayor consumo que se debe, a nuestra consideración, en primer lugar a las excretas (por su alto contenido en nitrógeno y su textura) y en segundo lugar, a que en estos cultivos había una población más densa que la de los otros de la misma variedad.

En el caso de las dietas No.14 (Exc.T.mol), No.15 (M.d.T.con) y No.16 (M.d/Exc) a pesar de que la densidad de las poblaciones no haya sido alta, se demuestra que las cucarachas tratan de suplir la calidad del alimento, con cantidad. En estos tres últimos casos, el tamaño de las partículas del alimento facilitó la ingestión.

Puede decirse, que el consumo del alimento está en relación directa con su textura, su calidad nutritiva y la densidad de poblaciones. Por ejemplo, lo que sucede en las dieta No.7 (C.R/NH4OH) y No.8 (E.B.V1/NH4OH), que son las más desbalanceadas en nutrimentos (fig. 8), por su alto contenido en fibra cruda (29.55 y 29.30% respectivamente), no se facilitó ni su ingestión y mucho menos su digestión, por lo que su consumo puede ser considerado nulo (fig. 5).

En el caso de las dietas a base de composta (dietas No.17 y No.18), indiscutiblemente su deficiente valor nutritivo condicionó su consumo (fig. 5), y aún estando constituidas por partículas muy finas, su consumo fue nulo. Los pocos sobrevivientes de sus poblaciones en realidad no consumieron una cantidad considerable de alimento, sino que se consumieron unos a otros. Esto indica evidentemente, que su sobrevivencia no se debe propiamente al consumo del alimento.

Definitivamente, el valor nutricional y la textura de la dieta, determinaron los parámetros a evaluar en este estudio, ya que las dietas consumidas preferentemente fueron aquellas que estaban más pulverizadas y necesariamente las que cubrían los requerimientos nutricionales de la cucaracha.

Se esperaba obtener la mayor biomasa en aquellos cultivos con los porcentajes de sobrevivencia más altos (fig. 1, fig. 4 y fig. 6). Sin embargo, la mayor biomasa se encontró en la dieta No.1 (Purina) siendo de 92.0 g (expresando la biomasa en peso seco). Si consideramos los porcentajes de sobrevivencia de la población inicial de la dieta testigo (Purina) (54%) y más que el porcentaje de descendientes, el número de individuos presente (296), se puede justificar que el mayor peso en masa corresponda a estos cultivos.

En la dieta No.4 (D.O.C/Exc) donde sí se presentaron los porcentajes más altos de sobrevivencia (fig. 1 y 4), la biomasa fue de 63.3 g, menor a la del testigo (fig. 6). En donde el número de descendientes (189) también contribuye al peso final de las cucarachas cultivadas en estos desechos. Hay que recordar que el porcentaje

esperado de sobrevivencia, no indica necesariamente una densidad de población alta, sino más bien, la viabilidad de los huevos. En este caso siendo 100 individuos menos que en la dieta No.1 (testigo), la biomasa también debería ser menor.

En la dieta No.5 (D.O.C/Lev) con porcentajes de sobrevivencia menores que los anteriores (fig. 1 y 4), se obtuvo una biomasa de 56.3 g

Aunque el porcentaje de sobrevivencia de la descendencia fue bajo, el número de individuos presente (244), incrementó el peso en masa.

En la dieta No.15 (M.d.T.con) la biomasa fue de 44.1 g (fig. 6), y sin ser su porcentaje de sobrevivencia de los más altos, la ganancia en peso de estas cucarachas se debió, probablemente a que en los tejidos de su cuerpo, no se almacena agua en una proporción del 60 al 70%, como sucede en las cucarachas de otros cultivos, lo que aumenta el peso corporal del organismo aún después de ser deshidratado.

Consideramos que no es posible predecir la biomasa que se obtendrá de un cultivo, basándonos exclusivamente en el porcentaje de sobrevivencia de los progenitores y el porcentaje esperado de sobrevivencia de los descendientes. Sin embargo, es más realista estimar este parámetro en cuanto a la densidad de poblaciones.

Poco se ha discutido en líneas anteriores sobre la valoración nutritiva de las dietas y los organismos que ellas fueron cultivados.

Es notorio en las dietas que aún con pocas diferencias en el contenido de los nutrimentos que las constituyen, sí hay un efecto marcado sobre la sobrevivencia de los progenitores (dietas No.1, No.4, No.6 o No.7 y No.8); sobre la duración total del ciclo de vida (dietas

No.1 y No.5, ó No.6 y No.13); sobre el porcentaje esperado de reproducción (dietas No.1 y No.5, ó No.3); sobre el porcentaje esperado de sobrevivencia de la descendencia (dietas No.1, No.4, No.5, ó No.6); sobre el consumo (dietas No.1 y No.4, ó No.7 y No.8); y finalmente sobre la biomasa, que está en relación directa con el consumo de alimento y la densidad de poblaciones (dietas No.1, No.4 y No.6, ó No.15), por ejemplo.

Se observó que tres son los nutrimentos importantes para la sobrevivencia de los progenitores, reproducción y sobrevivencia de la descendencia. De éstos, se encuentran en primer término las proteínas, tanto en cantidad -como las aportada por las excretas de T. molitor L en la dieta No.4 (sobrevivencia de progenitores y descendencia), la de la dieta No.13 (sobrevivencia de los progenitores)-, como en calidad (levadura contenida en la dieta No.5 que influyó para una reducción de la duración del ciclo de vida, y una mejor reproducción); en segundo lugar, el extracto etéreo (grasas) y el extracto libre de nitrógeno (carbohidratos), que también afectaron la tasa de sobrevivencia (dietas No.1, No.2, No.5, ó No.6) y la biomasa (dieta No.15); y en tercer lugar, las sales minerales que afectan la sobrevivencia de este insecto (dietas No.1, No.4 y No.6, por ejemplo).

De alguna manera el contenido en fibra cruda determina la palatabilidad del alimento, y como se observó en las dietas No.7 (C.R./NH<sub>4</sub>OH) y No.8 (E.B.VI/NH<sub>4</sub>OH), su alto contenido en fibra cruda y su desequilibrada composición química (en comparación con la purina), llevó a un 100% de mortalidad de los individuos poco tiempo después de haberse iniciado el ensayo experimental.



Es evidente que en la dieta testigo (purina) al ser un alimento balanceado se obtendrían buenos resultados. Sin embargo, el haber sido superada en algunos casos por las dietas de desechos orgánicos caseros, por ejemplo, en la sobrevivencia de los progenitores y descendientes (dieta No.4), en el porcentaje de reproducción (dieta No.5) o en el consumo de alimento (dieta No.4), nos hace suponer que alguna de estas dietas podrá sustituirla y reducir el costo del alimento que se les proporcionaría a las cucarachas.

En otros casos, como sucedió en la dieta No.14 (Exc.T.mol), que aún teniendo el más alto porcentaje de proteína cruda (36.07% fig. 8), no fue en la que se obtuvieron los mejores porcentajes, todos fueron mínimos. Además parece ser que también su elevada proporción de sales minerales (11.23% fig. 8), contribuyó al alto porcentaje de mortalidad, ya que entonces los demás nutrimentos estaban presentes en pequeñas cantidades que no eran suficientes para un buen desarrollo de este insecto.

El análisis químico proximal de las ninfas sometidas al ensayo de reciclaje indica, que del 60 al 70% del peso de su cuerpo lo da su contenido de agua, a excepción de la dieta No.15 (M.d.T.con) donde el peso corporal en un 90% aproximadamente, lo da su materia seca. En este as pecto sucede algo semejante con los adultos. Parece ser que la dieta a base de maíz degradado por T. confusum D. conteniendo en baja proporción sales minerales (2.47% fig. 8), evita que el agua se almacene en los tejidos de estos insectos, y que incluso no la ingieran abundantemente, ya que de todos los ensayos fue en estas dietas donde la dotación de

agua les duraba más tiempo.

Como era de esperarse, los porcentajes más altos de fibra cruda corresponderían a los adultos (fig. 12) ya que en ellos donde hay una mayor proporción de partes esclerosadas. Desafortunadamente la cantidad disponible de muestra no fue suficiente para hacer pruebas de digestibilidad "in vitro" y ver qué tan asimilables son estos insectos.

Un aspecto del análisis químico de las cucarachas que resalta a la vista, son los exagerados porcentajes de proteína cruda detectados en cinco casos (ninfas de las dietas No.2 y No.3, y adultos de las dietas No.2, No.3 y No.13). Los porcentajes de proteína cruda detectados en cada uno de estos casos, sobrepasan en varias unidades al 100% que es el valor de comparación para calcular todos los nutrimentos de la dieta. Estos resultados llevan a una evaluación errónea del extracto libre de nitrógeno, que se ve más afectada, cuando hay porcentajes también elevados de extracto etéreo (fig. 10 y 12), por lo que en las figuras donde se indican los valores para cada nutrimento, en la columna del extracto libre de nitrógeno aparece una anotación que señala valores negativo o inferiores a cero (a excepción de los adultos alimentados con la dieta No.5, donde el porcentaje de E.L.N es de 4.18), pero que no indican necesariamente que los carbohidratos de este tipo no estén presentes en la muestra, sino que los hay, pero en pequeñas cantidades.

Por lo anterior se pensó conveniente de valorar la proteína verdadera (P.V), cuantificar de todo ese nitrógeno total (proteína cruda), cuál era la proporción correspondiente al nitrógeno proteico, y cuál al nitrógeno noproteico (fig. 13). Desafortunadamente la cantidad

insuficiente de muestras donde se presentaron esos problemas de proteína cruda, no permitió descartar de ese exagerado porcentaje de nitrógeno total, el nitrógeno no proteico, y con eso disminuir el valor reportado inicialmente.

Con los resultados de proteína verdadera de algunas muestras, fue posible determinar los valores de extracto libre de nitrógeno en su caso: para las ninfas de la dieta No.1 fue de 8.18%; para la No.5, de 21.35%, y para la No.15 de 13.98%; en el caso de los adultos y para la dieta No.1 de 3.84%, para la No.5 de 18.85%, y para la No.15 de 4.68%.

Las técnicas empleadas en la valoración nutritiva presentan algunas limitaciones, basadas principalmente en que sus estimaciones son poco específicas para cada tipo de sustancias nutritivas porque se cuantifican grupos de compuestos con propiedades fisicoquímicas semejantes (Tejeda, H.1978). En la determinación de la proteína cruda, se asume que todo el nitrógeno presente es de origen proteico. En estos insectos, los porcentajes tan elevados de proteína cruda, están influenciados por la presencia en grandes cantidades, por otros compuestos nitrogenados. Se sabe que *P. americana* L. metaboliza de manera muy particular el nitrógeno, ya que no hay una excreción del mismo a manera de ácido úrico como producto final, sino que lo almacenan en forma de sales de urato en las células del cuerpo graso (Mullins, E.D. et al 1972; Mullins, E.D. 1974; Cochran, D. et al 1979; y Cochran, D. 1985). Por lo anterior es válido pensar entonces que, los altos porcentajes de proteína cruda reportados para esta especie mediante la técnica de Kjeldal, corresponden en buena parte al ácido úrico que se

almacena en el cuerpo graso de las cucarachas. El ácido úrico es un compuesto relativamente poco soluble en agua (Lehninger, A. 1983), por lo que sería factible dispersarlo en solventes no polares como el éter o el hexano. Si la valoración de la proteína cruda en estos insectos se hubiera hecho en muestras desgrasadas, probablemente los porcentajes no se hubieran disparado a causa del alto contenido en sus tejidos, de ácido úrico.

Otro aspecto que pudo haber influido para calcular los porcentajes de proteína cruda tan elevados, debió ser el factor o coeficiente nitrogenado de las proteínas que se emplea como tipo (6.25). Este factor se obtiene a partir del supuesto que en 100 g de cualquier proteína, se tienen 16 g de Nitrógeno, por lo que en un gramo debe haber 6.25%. Es evidente que este factor de conversión no es el más indicado para evaluar la proteína cruda de estos y muchos otros insectos, ya que se han presentado problemas similares al cuantificar la proteína de otras especies, donde también los porcentajes de extracto etéreo han sido elevados (Pino, M.J. comunicación personal). Por lo tanto, sería conveniente determinar un factor de conversión específico para las proteínas de insectos, así como se han determinado los de la leche (6.38), el de los cereales (5.7) y el del trigo (5.27), por ejemplo.

Se enviaron muestras de algunas ninfas provenientes del reciclaje al Instituto de Investigaciones Biomédicas, para hacer una cuantificación de aminoácidos individuales. Las ninfas enviadas provenían de las siguientes dietas: No.1 (Purina), No.3 (D.O.C/Col), No.4 (D.O.C/Exc), No.5 (D.O.C/Lev) y No.6 (D.O.C/Mel). Al sumar los

porcentajes de los aminoácidos que aparecen en la fig. 14, se calculó el porcentaje de proteína verdadera mediante esta técnica y que corresponde a: 69.28% en la dieta No.1; 51.02% para las ninfas de la dieta No.3; para las ninfas de la dieta No.4, 57.01%; para las de la dieta No.5, 58.90%; y para las de la No.6, 64.70%

Es importante señalar también que la técnica de determinación de algunos aminoácidos no está perfeccionada, lo que lleva en algunas ocasiones, a no poder cuantificar un aminoácido específico, y sí a veces se logra, se cuantifica una cantidad mínima.

A pesar de las limitaciones de este análisis, la cantidad de proteína determinada en él, es bastante alta ya que va más allá del 50% , y aunque no sea de muy buena calidad, por su carencia de triptófano, sí sería útil en la elaboración de raciones para pollos, gracias a su alto contenido en lisina (3.35% en promedio).

Por los resultados obtenidos, consideramos que la dieta que más ventajas posee para ser medio de cultivo para P. americana L. a optimizar, es la dieta constituida por desechos orgánicos caseros mezclados con un 25% de excretas de T. molitor L., ya que bajo este tipo de alimentación se asegura un buen porcentaje de sobrevivencia y al ser un alimento bien consumido, asegura también un mayor reciclaje de los desechos orgánicos caseros. Como no hay diferencias muy marcadas entre una y otra dieta en relación a la duración del ciclo de vida de la cucaracha americana bajo estas condiciones, creemos que no habría problema en utilizar la dieta de desechos orgánicos caseros y 25% de excretas.

Por otra parte, la levadura en los desechos orgánicos caseros, sí tuvo un efecto marcado en el porcentaje esperado de reproducción de este insecto, pero el no ser material de desecho, si se emplea aumentaría los costos en el cultivo. Por ello es necesario encontrar un sustituto apropiado de la levadura, y en materia orgánica de desecho es difícil encontrar alguno que tenga proteína de buena calidad como la de la levadura.

Una posibilidad para mejorar el porcentaje de reproducción en la dieta de desechos orgánicos caseros con excretas sería, tal vez, agregar proporciones muy pequeñas de levadura, siempre y cuando esto no alterara demasiado los costos en la producción.

Como se había mencionado antes, la producción final de un cultivo se refleja en la biomasa. Evidentemente, en un alimento balanceado como la purina, la sobrevivencia de un buen número de individuos está asegurada, al igual que un buen porcentaje de reproducción, que sin ser de los mayores, sí contribuyeron a dar un mayor peso en masa. Sin embargo, como hemos visto, independientemente de cuál sea el medio de cultivo empleado, el valor nutritivo de las cucarachas cultivados en cada uno de ellos es bastante aceptable, y lo que queda por hacer es optimizar la dieta de desechos orgánicos caseros que tiene más posibilidades de ser efectiva.

Aunque los porcentajes de proteína más elevados se hayan encontrado en la dieta No.1 (Purina) y la No.6 (D.O.C/Mel), no se puede pensar en estas dietas como medios de cultivos costeables y prometedores para la producción de proteína animal a partir de estos insectos. En

primer lugar porque la dieta a base de purina es un alimento procesado industrialmente para su comercialización, lo que elevaría los costos en la producción; en segundo lugar, porque en el caso de la dieta de desechos orgánicos caseros con melaza, con un ciclo de vida tan largo (casi de 12 meses) habría que pagar mano de obra durante todo ese tiempo, y para la cantidad de producto generada finalmente, no sería redituable.

Cualquiera de las otras dietas a base de desechos orgánicos caseros y sus combinaciones ya optimizada, podría proporcionar un medio de cultivo para la cucaracha americana y permitir la producción de proteína animal con la calidad reportada por el análisis químico .

Es concluyente el hecho de que para el cultivo de P.americana L., es necesaria la interrelación de todos los parámetros evaluados en el estudio, de tal manera que, la biomasa está en relación directa con la sobrevivencia de los individuos que a su vez depende de la calidad del alimento. Si a lo anterior unimos el factor tiempo, entonces se piensa en la reducción del ciclo de vida, para tener con ello la oportunidad de producir una cantidad determinada de cucarachas varias veces al año.

Finalmente, consideramos cubiertos los objetivos inicialmente planteados. El primero de ellos se refería a la contribución de la cucaracha americana en el reciclaje de desechos orgánicos. Aunque la cantidad de alimento consumida no haya sido en kilogramos, por la cantidad reciclada de basura bajo condiciones de laboratorio, esta especie sí es buena recicladora de los desechos orgánicos caseros.

En relación al segundo de los objetivos, a la determinación de su ciclo de vida bajo estas condiciones particulares, con la reducción de la duración del mismo a 4 meses y medio, se obtiene ventaja sobre estudios anteriores encaminados a medirlo también en condiciones de laboratorio.

Respecto al tercero de los objetivos, la valoración nutritiva del producto demuestra que la proteína contenida en estos insectos puede ser utilizada en la alimentación de especies menores que son comestibles para el ser humano.

Y en cuanto al cuarto de los objetivos, aunque no fue posible establecer la dieta óptima para el cultivo de la cucaracha americana, consideramos que de manera tentativa puede proponerse una dieta que posteriormente debe ser balanceada en cuanto a la proporción de los desechos que la constituyan y así optimizarla con fines industriales. Para ello sugerimos que:

. Se emplee una alimentación a base de desechos orgánicos caseros combinados con excretas de T. molitor L., ya que los resultados de reproducción, sobrevivencia y duración del ciclo de vida de P. americana L. en este alimento no se diferencian notoriamente de los obtenidos en la dieta testigo (Purina).

. Hacer ensayos preliminares con la dieta antes mencionada, variando las proporciones de los dos desechos que la constituyen, de tal manera que se encuentre la combinación más adecuada para mejorar los resultados obtenidos hasta el momento.

. Sexar los lotes experimentales para que haya una proporción



equivalente de machos y hembras, y en otros cultivos, variar estas proporciones para determinar la más adecuada para incrementar el porcentaje de reproducción.

. Fijar los cultivos de pié de cría en la dieta ya optimizada, y los cultivos de producción procesarlos antes de que las ninfas lleguen al estado adulto, evitando así, que el incremento de fibra cruda disminuya su valor nutritivo y su grado de digestibilidad.

. Sabemos que por cuestiones culturales y de salud pública, las cucarachas no pueden ser consumidas de manera directa por el hombre. Creemos que una alternativa para solucionar el problema de la transmisión de patógenos, sería buscar algún tratamiento de purificación para el producto sin que durante el proceso altere la calidad nutritiva del insecto y que además sea costeable. Con ello se lograría utilizar la proteína de estas cucarachas como complemento de alguno o algunos alimentos que consumimos, obviamente sin especificar su origen, ya que el problema cultural sobre el consumo de esta especie es bastante fuerte.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el incremento de las poblaciones, en la duración total del ciclo de vida, en la valoración nutritiva, etc., permiten especular sobre la utilidad de estos insectos, en la alimentación de animales. Por ello llegamos a concluir que:

. Periplaneta americana L., sí contribuye al reciclaje de los desechos orgánicos, preferentemente de los de tipo casero, y aunque por ahora no lo haya hecho a gran escala, promete la degradación de cantidades mayores en un futuro.

. Es posible transformar la materia orgánica de desecho en proteína animal, que sin ser de muy buena calidad, sí tiene aplicación en la alimentación de algunos animales, por ejemplo los pollos, por su alto contenido de lisina (de 2.73 a 4.00%).

. La composición de la dieta, así como la proporción en la que sus componentes se encuentren mezclados, determina no sólo la eficiencia de esta especie para degradarlos, sino también la duración de su ciclo de vida, su sobrevivencia y su reproducción.

. La dieta más prometedora para el cultivo de P. americana L., es aquella constituida por desechos orgánicos caseros mezclados con excretas de T. molitor L. Para optimizarla habría que variar las proporciones de estos desechos al mezclarlos, para determinar así la más adecuada para el cultivo.

. La melaza contenida en la dieta tiene efecto sobre el proceso de desarrollo de este insecto, ya que alarga los periodos de intermuda evitando que éstas se promuevan más frecuentemente. Por ello consideramos que la melaza no debe agregarse a la dieta, ya que dificultaría la producción.

Se logró la reducción del ciclo de vida de P. americana L. en condiciones de laboratorio, a 4 meses 15 días. lo que permite evaluar casi 3 generaciones al año. Aunque este tiempo no es ideal para planear cultivos de P. americana L. con fines industriales, al no haber grandes diferencias en cuanto a tiempo, entre el testigo y los desechos orgánicos caseros, ya que están muy cercanos a los 4 meses y medio. permite asegurar que los desechos orgánicos caseros son el alimento a partir del cual se pueden elaborar dietas para el cultivo de este insecto, independientemente de la finalidad que persigan.

Por los análisis químicos se demuestra que Periplaneta americana L., es un insecto que posee elevadas cantidades de proteína verdadera. A pesar de ser alimentada con materia orgánica de desecho, la cantidad de proteína que contiene no disminuye, ya que se conserva sobre el 50% . Esto indica la posibilidad de que la especie se emplee para obtener proteína animal a bajo costo, y que además ayude de alguna manera, a solucionar un problema de salud pública como la contaminación por basura.

Unicamente resta agregar que, la utilidad de este trabajo y el objetivo de haberlo llevado a cabo, dependen de su aplicación en la tecnología de alimentos y su futuro aprovechamiento.

## L I T E R A T U R A   C I T A D A

- Appl, A.G. 1983 Comparative water relation and temperature sensivity of cockroaches. Comp.Biochem.Physiol. 74 A: 357-361
- Bei-Bienko, G.Y. 1950 Insects: Blattodea. Inst.Zool.Acad.URSS (N.Y) 40: 343
- Becker, C.J. 1977 Lendas y Curiosidades sobre Insectos: As Baratas. Naturaleza en Revista 3: 34-39
- Bignell, D.E. 1980 An ultrastructural study and stereological analysis of the colon wall in the cockroach Periplaneta americana. Tissue Cell 12: 153-164
- Bignell, D.E. 1981 Nutrition and Digestion. In: The American Cockroach. Chapman and Hall, London 57-86
- Bodenheimer, F.S. 1951 Insects as human food. Dr.W.Junk Publishers. The Netherlands, 352 p
- Bowden, J. and Phipps, J. 1967 Cockroaches (Periplaneta americana L) and predators. Entomol.Mon.Mag. 103: 175-179
- Brown, V.K. 1973 The over wingtering stages of Ectobius lapponicus L.(Dictyoptera: Blattidae) F.Ent. 48 A: 11-24
- Brunet, P.C.J. 1951-52 The formation of the ooteca by Periplaneta americana . I.II.Q.f.Microsc.Sci. 92: 113-127; 93: 47-79
- Brunet, P.C.J. and Kent, P.W. 1955 Observations on the mechanings of a tanning reaction in Periplaneta sp and Blattella sp. Proc.Roy.Soc. 144 B: 259-274
- Calvert, C.C. 1979 Use of animal excreta for microbial and insect protein synthesis. J.Anim.Sci. 48 (1): 178-192
- Castañeda, P.O. 1984 Efecto de la alatectomía sobre el metabolismo de los lípidos en Periplaneta americana, y algunas observaciones sobre su sistema neurosecretor. Rev.Esc.Cien.Biol. 12: 31-40
- Cochran, D.G. et al 1979 Cytological changes in the fat body of the American Cockroach Periplaneta americana in relation to dietary Nitrogen levels. Ann.Ent.Soc.Am. 72: 179-205
- Cochran, D.G. 1983 Food and water consumption durig reproductive cycle of the female german cockroach. Ent.Exp.Appl. 34: 51-57
- Cochran, D.G. 1985 Nitrogen excretion in cockroach. Ann.Rev.Ent. 30: 29-40
- Cornwell, P.B. 1968 The cockroaches. V.L.Hutchensen, London 173-186
- Corona, C.R. y Medina, D.V. 1984 Importancia del consumo de insectos comestibles del Estado de Guerrero. Estudio químico para conocer su valor nutritivo. Tesis de Licenciatura. U.A. de Guerrero. 123 p
- Cravioto, R.O. et al 1953 Valor nutritivo de los alimentos mexicanos. Mem.Cong.Sci.Mex. 7: 434-449
- Cruden, D.L. 1979 Carboximethyl cellulose decomposition by intestinal bacteria of cockroaches. Appl.Environ.Microbiol. 38: 369-372

- Chopard, L. 1949 Ordre des Dictyopteres In: Grasse P.P., Traite de Zoologie. 9: 355-407
- Downer, R.G.H. 1981 Fat body and metabolism. In: The American Cockroach. Chapman and Hall, London 342 p
- Fell, D. et al 1979 The influence of D.D.T. in the enzymatic decomposition of the ATP in Periplaneta americana. Arg.Inst.Biol.Sao Paulo, Brasil. 46: 1-6
- Flores, M.J.A. 1983 Bromatología Animal. Limusa, México 34-53 pp
- Gordon, H.T. 1959 Minimal nutritional requeriments of the German Cockroach, Blattella germanica (L.). Ann.N.Y.Acad.Sci. 77: 209-351
- Gould, G.E. and Deay, H.O. 1940 The biology of six cockroaches wich inhabit buildings. Bull.Purdue.Univ.Agric.Exp.Sta. 451: 31
- Griffits, J.T and Tauber, O.E. 1942 The nymphal development of the cockroach Periplaneta americana L. f.N.Y.Ent.Soc. 50: 263-272
- Hemsted, W.R.T. 1974 Locust as a protein supplement for pigs. East Afri.Agric.J.April: 225-226
- Izutzu, M. et al 1970 Agregation affects the growth of the German Cockroach Blattella germanica (L) (Blattaria: Blattellidae) App.Ent.Zool. 5: 159-171
- Krebs, C.J. 1985 Ecología: Estudio de la Distribución y Abundancia. Harla, México 753 p
- Lehninger, A. 1983 Bioquímica: Las bases moleculares de la estructura y función celular. Omega, España 1117 p
- MacHargue, J.S. 1917 A study of proteins of certain insects with reference to their value as food poultry. J.Agr.Res. 10 (2): 633-637
- Marks, E.P. and Lawson, F.A. 1962 A comparative study of the Dictyopteran ovipositor. J.Morph. 111: 139-158
- Martínez, S.N.A. et al 1985 Bioensayos REP y UNP en raza Wistar, para estimar la calidad proteínica de tres insectos comestibles México. Res.XVI.Cong.Nac.Cien.Tec.Alm. 20: 23-24 (Anexo 78 a)
- Massieu, G.R.O. et al 1951 Composición de los alimentos mexicanos. Ciencia Mex. XI (5-6): 129-155
- Mc Kittrick, F.A. 1964 Evolutionary studies of cockroaches. Mem.Conr.Univ.Agric.Exp.Sta. 389: 197
- Metcalf, C.L. y Flint, Q.P. 1980 Insectos destructivos e Insectos Útiles; sus costumbres y su control. Continental, México 1308 p
- Mora, V.G. 1981 Primer Seminario sobre Sistemas de Producción Animal en equilibrio. Depto.Zoot.Sección de Genética Estadística. U.A. de Chapingo, México 46 p
- Mullins, D.E. et al 1972 Nitrogen excretion in cockroach. Science. 177: 197-205
- Mullins, D.E. 1974 Nitrogen metabolism in the american cockroach and examination of whole body ammonium and other cations excreted in relation to water requeriments. J.Exp.Biol. 61: 541-556

- Papp, L.P. 1975 House fly larvae as protein source from pig manure. Fol.Ent.Hung. 29 (1): 127-136
- Pino, M.J.M. 1979 Composición química de algunas especies de insectos comestibles del Estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM 31-34 pp
- Princis, K. 1960 Zur Systematik der Blattaria. Eos. 36: 427-449
- Ragge, D.R. 1965 The wing venation of the Orthoptera Saltatoria with notes on the Dictyopteran wing venation. Brit.Mus.Nat.Hist. London 159 pp
- Ramos-Elorduy, J.B. 1981 Informe de actividades del proyecto de investigación interinstitucional (Fertimex-Instituto de Biología) UNAM. Reciclaje de gallinaza con el empleo de insectos (Musca domestica) y su aprovechamiento en la alimentación de aves. Inédito. 30 p
- Ramos-Elorduy, J.B. y Pino, M.J.M. 1981 Digestibilidad "in vitro" de algunos insectos comestibles de México. Fol.Ent.Mex. 49: 141-154
- Ramos-Elorduy, J.B. 1982 Los insectos comestibles de México. Presente y Futuro. Rev.Tec.Alm.Mex. XVIII (6): 19-22
- Ramos-Elorduy, J.B. 1982 Los insectos como fuente de proteínas en el futuro. Limusa, México. 143 p
- Ramos-Elorduy, J.B. et al 1982 El valor nutritivo y calidad de la proteína de algunos insectos comestibles de México. Fol.Ent.Mex. 53: 111-118
- Ramos-Elorduy, J.B. et al 1983 Las cucarachas como fuente de proteínas. Inédito. 32 p
- Ramos-Elorduy, J.B. 1986 Utilización de los insectos comestibles provenientes o no de reciclaje de materia orgánica, como una fuente de proteínas en la elaboración de raciones para la alimentación animal. PUAL-Inst.Biol., UNAM. Inédito. 47 p
- Ramos-Elorduy, J.B. et al 1988 Contenido de Tiamina, Riboflavina y Niacina en algunos insectos comestibles de México. Prog.XIX.Cong.Nac.Cien.Tec.Alm. (Anexo 85)
- Rehn, J.W.H. 1951 Classification of the Blattaria as indicated by their wings. Mem.Amer.Ent.Soc. 14: 134
- Restrepo, I. y Phillips, D. 1985 La Basura: Consumo y Desperdicio en el Distrito Federal. Centro de Ecodesarrollo, México.
- Reyes, M.R. 1979 Estudio preliminar de la larva de mosca (Musca domestica) como fuente de proteína en dietas para pollo. Tesis Profesional. Depto.Zoot.U.A de Chapingo, México.
- Richard, O.W. y Davis, R.G. 1984 Tratado de Entomología, Omega, España. Vol.I y II. 183-197 pp
- Roth, L.M. and Willis, E.R. 1955 Intra-Uterine nutrition of the "Beetleroch" Diploptera dytiscoie (S) during embryogenesis, with notes on its biology in the laboratory. Phys. 62: 55-68
- Roth, L.M. 1967 Sexual isolation in the parthenogenetic Pycnoscelus

- indicus to its bisexual relative (Dictyoptera: Blattaria: Blatteridae: Pycnoscelinae) Ann.Ent.Soc.Am. 60: 774-779
- Roth, L.M. 1970 Evolution and Taxonomic significance of reproduction in Blattaria. Ann.Rev.Ent. 15: 75-96
- Schal, C. and Bell, W.J. 1982 Ecological correlates of paternal investment of urates in a tropical cockroach. Science. 218: 170-173
- Schal, C. et al 1984 Behavioral ecology of cockroach. Biol.Rev. 59: 209-254
- Seelinger, G. and Tobin, T.R. 1981 Sense organs. In: The American Cockroach. Chapman and Hall, London 227-245 pp
- Sein, F. 1923 Cucarachas. Ins.Exp.Sta.Cir. Puerto Rico 64
- Sharov, A.G. 1968 The Phylogeny of the Orthopteroidea. Trud.Paleont.Inst.Akad.Nauk.USSR. 118: 1-223
- Slansky, F. and Rodríguez, J.R. 1987 Nutritional Ecology of Insects, spiders and related invertebrates. John Wiley and Sons. USA. 887-901 pp
- Snipes, B.T. and Tauber, O.E. 1937 The time required for food passage through the alimentary tract of the cockroach Periplaneta americana L. Ann.Ent.Soc.Am. 30: 277-284
- Sutherland, D.J. 1981 Rhythms. In: The American Cockroach. Chapman and Hall, London 247-273 pp
- Taylor, R.L. 1975 Butterflies in my stomach or Insects in human nutrition. Woodbrige Press. Publishing Company. Sta. Barbara, Cal, USA. 224 p
- Tejeda, H.I. 1978 Alternativas del Análisis Próximo para medir el valor nutritivo del alimento para animales. Rev.Vet.Mex.IX (4). Fac.Med.Vet. UNAM, México.
- Tindall, A.R. et al 1968 The biology of the cockroaches. Edward Arnold, London 97-113 pp
- Trías, A.M. 1986 "Doña Cucaracha". Esa eterna dama nocturna. Rev.Geo.Uni.Mex. 21 (1): 38-47
- Valente de Oliveira, M.T. 1979 Acao da variacao de fotoperiodo e de DDT sobre o ritmo circadiano de Periplaneta americana L. Boll.Fis.Ani. 3: 111-119
- Vera, G.J. 1982 Observaciones del comportamiento de la cucaracha Periplaneta americana (L) bajo condiciones de laboratorio. Agrociencia. 50: 35-44
- Zubirán, S. A. et al 1975 La desnutrición del mexicano. Fondo de Cultura Económica, México. 63 p

Quadro 1. Relación de todas las dietas empleadas en las pruebas de reciclaje con Periplaneta americana L.

No. DIETA	C O N T E N I D O
1	Purina (Croquetas para perro marca "CHOW") *
2	Desechos Orgánicos Caseros (D.O.C)
3	D.O.C con Colesterol (D.O.C./Col) 99:1
4	D.O.C con Excretas de <u>Tenebrio molitor</u> L. (D.O.C./Exc) 75:25
5	D.O.C con Levadura (D.O.C./Lev) 90:10
6	D.O.C con Melaza (D.O.C./Mel) 75:25
7	Contenido Ruminal tratado con NH <sub>4</sub> OH al 4% (C.R./NH <sub>4</sub> OH)
8	Estiércol de Bovino Var.1 tratado con NH <sub>4</sub> CH al 4% (E.B.V1/NH <sub>4</sub> CH)
9	Estiércol de Bovino Var.2 (E.B.V2)
10	E.B.V2 tratado con NH <sub>4</sub> OH al 4% (E.B.V2/NH <sub>4</sub> OH)
11	E.B.V2 con Melaza (E.B.V2/M.50) 50:50
12	E.B.V2 con Melaza (E.B.V2/M.10) 90:10
13	E.B.V2 con Excretas de <u>T. molitor</u> L. (E.B.V2/Exc) 50:50
14	Excretas de <u>Tenebrio molitor</u> L. (Exc. T.mol)
15	Maíz degradado por <u>Tribolium confusum</u> D. (M.d. T.con)
16	Maíz degradado por <u>T. confusum</u> D. con excretas de <u>T. molitor</u> L. 75:25
17	Composta
18	Composta con Levadura (Comp/Lev) 90:10

TODAS LAS DIETAS SE ADMINISTRARON MOLIDAS

\* ALIMENTO TESTIGO



Cuadro 2. Desechos Orgánicos Caseros con los que se elaboraron algunas de las dietas recicladas por Periplaneta americana L.

ORIGEN	VEGETAL	ORIGEN	ANIMAL
	Ancroz		Cascarón de Huevo
	Elote *		Huesos de Pollo
	Frijol		Ebrutidos
	Habas		Carne de Cerdo
	Lentejas		Carne de Res
	Chicharo *		Quesos
	Lechuga		
	Pequeño		
	Col		
	Porro		
	Repamo *		
	Calabacitas		
	Chayote *		
	Cebolla		
	Cáscaras de Ajo		
	Tallos de Espinacos		
	Rábanos		
	Betabel		
	Zanahoria		
	Papa		
	Aguate *		
	Torote *		
	Jitomate *		
	Chile Roblano		
	Chile Quaresmeño		
	Avena		
	Tortillas		
	Pan Blanco		
	Sandía *		
	Papaya *		
	Melón *		
	Guayaba *		
	Manzana *		
	Naranja *		
	Limón *		
	Fresas		
	Pera *		
	Plátano *		
	Mango *		
	Mandarina *		
	Jícama		
	Perón *		
	Piña *		
	Bajazo de Caña		
	Tamarindo *		
	Jamaica		
	Tejocote *		
	Cruela *		
	Uvas *		

\* Se incluyen cáscara y semillas.

Cuadro 3. Variedades de la dieta suministrada a las reses cuyos excrementos fueron reciclados por Periplaneta americana L.

VARIEDAD 1	Sorgo	60 %
	Gallinaza	35 %
	Melaza	5 %
VARIEDAD 2	Sorgo	50 %
	Gallinaza	35 %
	Maíz	10 %
	Melaza	5 %