



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

CAMPUS IZTACALA

15

1ij

"EVALUACION DE ALGUNOS ASPECTOS
QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO
DEL GUSANO BLANCO DEL MAGUEY
(*Aegiale hesperiaris* WALKER LEPIDOPTERA-
Megathymidae) "

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

B I O L O G O

P R E S E N T A :

GUSTAVO ENRIQUEZ ALVARADO

LOS REYES IZTACALA, JULIO DE 1996



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

A MIS PADRES: LOURDES Y VENANCIO;

**PORQUE SON EJEMPLO DE CONSTANTE ENTREGA,
PACIENCIA Y AMOR. MUCHAS GRACIAS.**

**ROCIO: GRACIAS POR TU AMOR Y COMPRESION. Y ADEMAS
PORQUE HEMOS DECIDIDO HACER MUTUOS
NUESTROS ANHELOS E ILUSIONES, SABEMOS QUE
JUNTOS LAS HAREMOS REALIDAD. TE AMO**

**PAOLA: DIOS, NOS HA DADO EN TI LA MAS HERMOSA
MOTIVACION QUE DIA CON DIA NOS TRANSMITE
LA FUERZA Y LA ALEGRIA QUE ILUMINAN NUESTRAS
VIDAS. TE QUEREMOS.**

A MIS HERMANOS:

LOURDES Y MIGUEL ANGEL:

**QUE LOS LOGROS QUE HAN ALCANZADO HASTA AHORA
CULMINEN EN LA REALIZACION PLENA DE SUS METAS**

AGRADECIMIENTOS

A la Biól. Blanca I. Castillo Castro por aceptar la dirección y asesoría de este trabajo.

Al Biól. José Luis Muñoz López. un reconocimiento especial, por su apoyo y valiosa colaboración como co-director de la presente investigación.

Al Biól. Sergio Cházaro O. por sus acertados comentarios y ayuda desinteresada.

Al Biól. Samuel Rangel por su asesoría para la determinación de las especies del Agave.

Al Dr. Carlos Beutelspacher del Laboratorio de Entomología del Instituto de Biología, UNAM, por la ayuda prestada en la determinación de la especie correcta del "gusano blanco del maguey".

Al Laboratorio de Recursos Bióticos del "Proyecto Lago de Texcoco", de la Comisión Nacional del Agua, en cuyas instalaciones se efectuó este trabajo.

A la Sra. Susana Zamudio H., por la ayuda y paciencia otorgadas para la culminación de la presente investigación.

Al personal del laboratorio de "Investigación de Productos Naturales" de la UIICSE, UNAM, Campus IZTACALA, por el apoyo material y las facilidades otorgadas para efectuar el análisis químico proximal del Agave..

Un reconocimiento especial al jurado que tuvo a su cargo la revisión de este trabajo:

M.en C. Ma. del Pilar Villeda Callejas.

Biol. Soledad Chino Vargas

Biol. Enrique Godínez Cano

Biol. José Luis Muñoz López

Biol. Blanca I. Castillo Castro

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
1. INTRODUCCION.....	10
2. ANTECEDENTES.....	13
3. OBJETIVOS.....	16
4. TAXONOMIA DE <i>Aegiale hesperaris</i>.....	17
5. DESCRIPCION DE <i>A. hesperaris</i>.....	19
6. CICLO DE VIDA DE <i>A. hesperaris</i>.....	21
7. DISTRIBUCION DE <i>A. hesperaris</i>.....	24
8. ZONA DE COLECTA.....	28
9. METODOLOGIA.....	29
10. RESULTADOS.....	34
11. DISCUSION.....	65
12. CONCLUSIONES.....	74
13. RECOMENDACIONES.....	76
14. APENDICE.....	77
15. BIBLIOGRAFIA.....	78

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Ciclo de vida de <i>A. hesperiaris</i>	22
FIGURA 2. Distribución de <i>A. hesperiaris</i>	25
FIGURA 3. Ubicación de la zona de colecta.....	28
FIGURA 4. Relación de Peso-longitud Grupo 1.....	36
FIGURA 5. Relación Peso-longitud Grupo 2.....	37
FIGURA 6. Relación Peso-longitud Grupo 3.....	38
FIGURA 7. Relación Peso-longitud Grupo 4.....	39
FIGURA 8. Relación Peso-longitud Grupo Testigo.....	40
FIGURA 9. Curva de mortalidad Grupo 1.....	44
FIGURA 10. Curva de mortalidad Grupo 2.....	45
FIGURA 11. Curva de mortalidad Grupo 3.....	46
FIGURA 12. Curva de mortalidad Grupo 4.....	47
FIGURA 13. Curva de mortalidad Grupo Testigo.....	48
FIGURA 14. Comparación de la mortalidad.....	49
FIGURA 15. Proteínas.....	53
FIGURA 16. Extracto etéreo.....	54

	Pág.
FIGURA 17. Carbohidratos.....	55
FIGURA 18. Cenizas.....	58
FIGURA 19. Humedad.....	57
FIGURA 20. Fibra cruda.....	58
FIGURA 21. Comparación de nutrientes.....	59
FIGURA 22 Comparación de nutrientes.....	60
FIGURA 23. Consumo de alimento.....	62
FIGURA 24. Digestibilidad aproximada.....	63
FIGURA 25. Eficiencia de Conversión.....	64

INDICE DE CUADROS

	Pág.
CUADRO 1. Composición química del gusano blanco.....	10
CUADRO 2. Valores de promedio de peso y longitud.....	34
CUADRO 3. Coeficiente de correlación peso-longitud.....	41
CUADRO 4. Velocidad de crecimiento.....	42
CUADRO 5. Valores de la prueba estadística "t".....	42
CUADRO 6. Mortalidad.....	43
CUADRO 7. Análisis químico proximal de penca joven.....	51
CUADRO 8. Análisis químico proximal de penca vieja.....	52
CUADRO 9. Parámetros nutricionales.....	61

RESUMEN

El "gusano blanco del maguey", *Aegiale hesperia*, es un insecto comestible muy apreciado por su sabor y alto contenido proteínico. Actualmente, se pretende efectuar el cultivo de este organismo, pero los resultados aún no han sido satisfactorios. El propósito de esta investigación fue determinar la dieta natural óptima para el mantenimiento de larvas de *A. hesperia*. Para tal efecto, en la localidad de Tepetitlaxtuc, Estado de México, se colectaron huevecillos del gusano blanco; una vez en el laboratorio, después de la eclosión de las orugas, éstas se distribuyeron en cuatro grupos experimentales y un testigo. Cada grupo se alimentó con diferentes variedades de alimento natural (hojas jóvenes, viejas, con parénquima con y sin epidemia); se registró el crecimiento, desarrollo, mortalidad y algunos aspectos nutricionales. Asimismo, se realizó el análisis químico proximal de cada una de las dietas aplicadas, con la finalidad de establecer la relación entre los parámetros biológicos evaluados en las larvas y las características bromatológicas del alimento que consumieron. Los resultados indicaron que los lípidos, presentes en la cutícula cerosa del agave, son elementos esenciales para esta larva, ya que su carencia ocasiona una interrupción en el crecimiento y en algunos casos la muerte del organismo. Debido a lo anterior, la hembra, prefiere ovipositar en hojas o pencas viejas de agave que contienen la mayor parte de estos compuestos y permiten al insecto completar su ciclo biológico sin ninguna alteración.

1. INTRODUCCION

La alimentación en el mundo es una de las principales preocupaciones de la humanidad, y particularmente en nuestro país: México. La evidente problemática de la desnutrición y el hambre así como la falta de proteínas en la dieta, han originado grandes complicaciones fisiológicas y bioquímicas en los individuos. El problema obliga a promover nuevas fuentes alternativas de alimento. Una de ellas consiste en el aprovechamiento de los INSECTOS, una fuente limitada de proteína animal y que además asegura un consumo alimenticio de acuerdo con los requisitos básicos para una nutrición aceptable.

La entomofagia o el consumo de insectos, se ha practicado desde tiempos remotos. En México, los aztecas se alimentaban de huevos, larvas y adultos de diferentes organismos. Actualmente, esta costumbre se continúa practicando por gran parte de la población en algunas regiones de nuestro país, por lo que es necesario promoverla aún mas.

Una de las especies que todavía se consume y que goza de gran popularidad por su exquisito sabor y alto valor nutritivo es la *Aegiale hesperianis*, conocida comúnmente como "gusanitos de maguey" (Cuadro 1). La gente de nuestro pueblo acostumbra a comarlos fritos en manteca o en su propia grasa, envueltos en tortilla, como rico alimento de sabor agradable que puede compararse al del "chicharrón".

A. hesperianis es muy apreciado, no sólo en México, sino también en otros países del mundo. Su excesiva demanda ha causado que las poblaciones naturales se vean disminuidas y que su costo sea muy elevado, lo que ha restringido el consumo de este insecto, a un reducido número de personas.

=====

**Cuadro # 1. Composición química del "Gusano blanco del maguey",
(*Aegiale hesperiaris*), según Cravioto (1), 1945, 1955 y Pino (*), 1978.**

BASE SECA	*(%)	BASE HUMEDA	(%)
MATERIA SECA	100	37.04	
HUMEDAD	0	62.96	67.30
PROTEINAS	30.88	11.44	16.70
EXTRACTO ETereo	58.55	21.67	13.65
SALES MINERALES	2.29	0.85	1.00
FIBRA CRUDA	3.45	1.28	---
EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO	4.85	1.80	-----
CALCIO			142 mg
FOSFORO			140 mg
HIERRO			4.30 mg
TIAMINA			0.42 mg
RIBOFLAVINA			0.58 mg
NIACINA			3.00 mg

Por lo anterior, es importante que se realicen estudios de *A. hesperiaris* en el campo y en el laboratorio, que permitan conocer plenamente la biología y ecología de este organismo, para evaluar el tiempo que requiere para realizar su ciclo de vida, asimismo los factores que lo determinan, el número de generaciones que se presentan por periodo, el tipo de reproducción, así como el potencial reproductivo, observando además su supervivencia natural; también es importante estudiar las relaciones intraespecíficas e interespecíficas de estos organismos con el objeto de favorecer su reproducción y supervivencia, controlando parásitos y depredadores.

Los datos obtenidos proporcionarían información acerca de las condiciones necesarias para lograr el cultivo masivo del "gusano blanco", con la finalidad de lograr la explotación del insecto a nivel industrial. Lo anterior, generaría una fuente continua de proteína, brindando un alimento de alto valor nutritivo, que ayudaría a resolver la pobreza de los habitantes de diversas regiones, generando fuentes de empleo, además de que se contribuiría a evitar la extinción de este organismo originada por la sobre-explotación de este recurso.

2. ANTECEDENTES

Los estudios que se han realizado con *Aegiale hesperiaris* son mínimos y, en su mayoría, poco recientes.

Blázquez (1870), realiza un estudio taxonómico en el que clasifica al "gusano blanco del maguey" en la tribu de los Papilones, en el género *Teña*, y en la especie *agavis*.

Segura (1901), aporta algunas observaciones sobre la descripción y ciclo de vida de *A. hesperiaris* y lo caracteriza como un enemigo del maguey, por los daños que ocasiona en la planta.

Macías (1914), presenta una nota, en la cual, menciona que la especie correcta del "gusano blanco del maguey" es *Acentrocneme hesperiaris*, asimismo, incluye en su escrito, la forma en como el insecto es colectado y consumido por los campesinos.

Dampf (1924), realiza un estudio morfológico del "gusano blanco del maguey" durante su primer estadio larval además indica, que este organismo pertenece a una familia de transición entre los lepidópteros diurnos y nocturnos. También menciona que es importante precisar con exactitud los estadios larvales de los insectos dañinos para algunas plantas, porque durante este estadio es cuando causan graves problemas.

Ancons (1934), realizó un seguimiento de los diferentes estadios del ciclo de vida de *A. hesperiaris*; así como un estudio histológico de la larva (1935), en el cual describe el tipo de células y tejidos que la constituyen.

Halffter (1957), menciona que *A. hesperiaris* constituye la principal plaga del maguey en Tequila, Jal., (México), y en la Mesa Central de México. Evalúa los efectos que la población de este insecto causa en los Agaves; basándose en los trabajos de Lezama (1914), Dampf (1924) y Ancons (1935) lleva a cabo una descripción del organismo, así como de su ciclo de vida, las especies relacionadas a él y la forma de combatirlo.

Freeman (1969), presenta una revisión sistemática de la familia Megathymidae, en la cual, se ubica el "gusano blanco del maguey", y afirma, que ha sido poco estudiada y elabora una clave para la determinación de géneros y especies.

Cravioto y Massieu (1959), efectuaron un análisis bromatológico de *A. hesperiaris*, en el cual destacan la importancia de la especie, ya que consideran al insecto un alimento nutritivo por su alto valor proteínico y de grasas.

Ramos-Eiorduy y Pino (1979) registran a *A. hesperiaris* como una de las especies de insectos comestibles del Valle del Mezquital, (México). Efectúan un estudio en el que cuantifican el valor nutritivo del "gusano blanco" así como del Agave, en el cual se desarrolla durante su etapa larval, asimismo, determinan el factor de conversión de alimento en tejido por parte del insecto.

Chen y Osorno (1984), llevan a cabo un estudio sobre la biología y cría artificial del "gusano blanco del maguey", en el cual establecen que, el insecto, durante su ciclo de vida presenta seis estadios larvales, y que además en la oruga existen diferencias entre el primero y segundo estadio, que permiten distinguirla de sus estadios subsecuentes. Por otra parte, mencionan que se presenta dimorfismo sexual en la especie, siendo evidente desde el estadio de pupa, asimismo, efectúan la cría de *A. hesperiaris* utilizando diferentes dietas artificiales enriquecidas, con las cuales obtienen resultados similares a los que se registran cuando se alimenta a las larvas con la dieta natural.

De La Maza y White (1991), publican un listado de mariposas de México pertenecientes a la superfamilia Hesperoidea, en el que se ubica al "gusano blanco", reportan el número de especies establecido para dicha superfamilia, así como las modificaciones realizadas en la nomenclatura de estos organismos.

Actualmente en el Proyecto Lago de Texcoco (1995), de la Comisión Nacional del Agua, se realiza un estudio titulado: "Estudio Bioecológico del Gusano Blanco del Magüey", en el que se pretende conocer en plenitud la biología y ecología de *Aegiale hesperaris*, con la finalidad de lograr su manejo en condiciones de cultivo, y así brindar una fuente alternativa de recursos económicos y alimentarios a los habitantes de la zona, además de restablecer las poblaciones naturales, cuyo crecimiento ha sido mermado debido a la sobre-explotación que se hace del recurso.

3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el tipo de alimentación natural óptima para el cultivo de larvas de *Aegiale hesperianis* Walker.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Realizar el análisis químico proximal de hojas de *Agave salmiana* var. *salmiana*.

- Estimar si el crecimiento de la larva de *A. hesperianis* está determinado por el contenido nutricional de la estructura y tipo de penca de la cual se alimenta.

- Establecer la relación existente entre la mortalidad de *A. hesperianis* y las características bromatológicas del alimento que consumen.

- Evaluar algunos parámetros nutricionales (Índice de Consumo, Digestibilidad Aproximada y Eficiencia de conversión) en la larva de *A. hesperianis*.

4. TAXONOMIA (BORROR, 1976)

PHYLUM:	ARTHROPODA
SUBPHYLUM:	MANDIBULATA
CLASE	INSECTA
SUBCLASE	PTERIGOTA
DIVISION	ENDOPTERIGOTA
ORDEN	LEPIDOPTERA
SUBORDEN	RHOPALOCERA
SUPERFAMILIA	HESPERIOIDEA
FAMILIA	MEGATHYMIDAE
SUBFAMILIA	AEGIALINAE
TRIBU	AEGIALINI
GENERO	<i>Aegiale</i>
ESPECIE	<i>hesperiaris</i>

El suborden Rhopalocera comprende a las "mariposas diurnas", en este grupo se encuentra incluida la superfamilia Hesperioidea, integrada por lepidópteros en los que la base de las antenas están separadas entre sí y la masa antenal es recta o ligeramente curva y con el ápice doblado a manera de gancho. Tibias posteriores con espinas y cuerpo robusto (Beutelspacher, 1984).

La familia Megathymidae comprende 33 especies (De la Maza, 1991), cuya distribución está restringida a la región Neártica y norte de la Neotropical en el Valle de México, según Beutelspacher, solamente existen dos especies..

Los adultos se caracterizan porque son de cuerpo robusto y alas grandes, generalmente de 50 mm de extensión (Freeman, 1969) y que además se encuentran unidas verticalmente el resto del cuerpo. La cabeza es mas angosta que el tórax; las tibiae posteriores solamente con un par de espinas y palpos pequeños (Beutelspacher, 1980). Las antenas son largas y el extremo no es curvado, como en muchos de los Hesperioideos.

Las orugas se alimentan de tallos de las especies del género *Fucca* y *Agave*.

La subfamilia Aegialinae está integrada por organismos cuyas antenas en el borde externo tienen manchas celulares. La genitalia es generalmente compleja. La larva construye de una a dos galerías a lo largo de la superficie de las hojas del *Agave*, las cuales bloquea para que no penetre el polvo al interior. Las pupas son estrechas y presentan muchas ornamentaciones a manera de ganchos. Presentan un ciclo por año.

Los adultos emergen a finales del verano (Freeman, 1969) son de vuelo rápido (Borror, 1976). Las pupas son lisas y permanecen en el interior de las hojas hasta que emergen los adultos (Beutelspacher, 1980).

El género *Aegiale* únicamente está constituido por una sola especie, la cual se localiza exclusivamente en México: *Aegiale hesperiaris* se conoce comúnmente como "Mariposa frijolera", "Meocullí", "Sisa", y más popularmente "gusano blanco del maguey".

6 DESCRIPCION DEL GUSANO BLANCO DEL MAGUEY

Aegiale hesperiaris

HUEVO. Los huevos son cónicos de 3 mm de diámetro por 2 mm de altura, son de color blanco marfil recién puestos, y pocos días después se toman amarillentos; están deprimidos ligeramente en el vértice, y la cáscara endurecida y de fina ornamentación granulosa, se adelgaza en la superficie de adherencia y en el vértice (Ancona, 1934)

LARVA. Es de tipo eruciforme, al nacer mide de 5 a 6 mm. (Chen, 1984). Son de color blanco, en el primer estadio presentan escasas cerdas primarias (Dampf, 1924), contrasta la coloración oscura de la cabeza, de tamaño mas grande que el resto del cuerpo (Ancona, 1934) detrás de esta, se encuentra en la parte dorsal del protórax un angosto escudo protorácico de color negro. La oruga carece en su primer estadio de un escudo anal bien definido. Los estigmas forman finos anillos negros; las palitas torácicas, normalmente desarrolladas, tienen quitina de color oscuro, igualmente como las uñas de los cuatro pares de patas abdominales (Dampf, 1924).

En la cabeza, los ocelos en número de 5 describen una curva de concavidad posterior, siendo el último y el primero los de mayor tamaño, además por lo común, está provista de 15 cerdas pequeñas distribuidas en torno a los ocelos y al área frontal (Ancona, 1934). La larva es hipognata en el primer estadio y en los posteriores, en consecuencia de una adaptación a la vida en el interior de las plantas (Dampf, 1924).

CRISALIDA. Es de tipo obceta, lisa. Presenta un collar café en el primer segmento torácico, tiene 10 segmentos abdominales; el cremáster pupal es levemente espatulado y presenta muchos ganchos. Recién formada es amarillenta,

posteriormente se torna blanca ceniza a causa de una cubierta cerosa, y finalmente oscurece (Chen, 1984).

ADULTO. Expansión alar 60, 65 mm.

Macho. Palpos blancos, cabeza gris, región anterior del toráx negra, el resto pardo leonado, lo mismo el abdomen, en la región ventral es de color grisáceo.

Dorsalmente las alas son de color anaranjado y están provistos de pelos largos. Las anteriores con el margen costal y externo negros, observándose una franja blanquecina en la región apical. Las posteriores con el margen externo negro y cillas blancas, excepto en la terminación de las venas, donde son negras. En la cara ventral las alas anteriores presentan la región apical gris y las posteriores son en su mayor parte grisáceas con escamas pardas.

Hembra: Es igual el macho pero de mayor tamaño. (Beutelspacher, 1980).

6. CICLO DE VIDA DEL GUSANO BLANCO DEL MAGUEY

Aegiale hesperaris

Por los meses de noviembre y diciembre las mariposas de *A. hesperaris* efectúan sus posturas sobre las pencas de los Agaves mas gruesas y grandes, que son las mas ricas en elementos nutritivos y azúcar (Lezama, 1952). La mayoría de las veces en el envés de las hojas de tercio terminal, en grupos hasta de 14 huevecillos o en forma aislada.

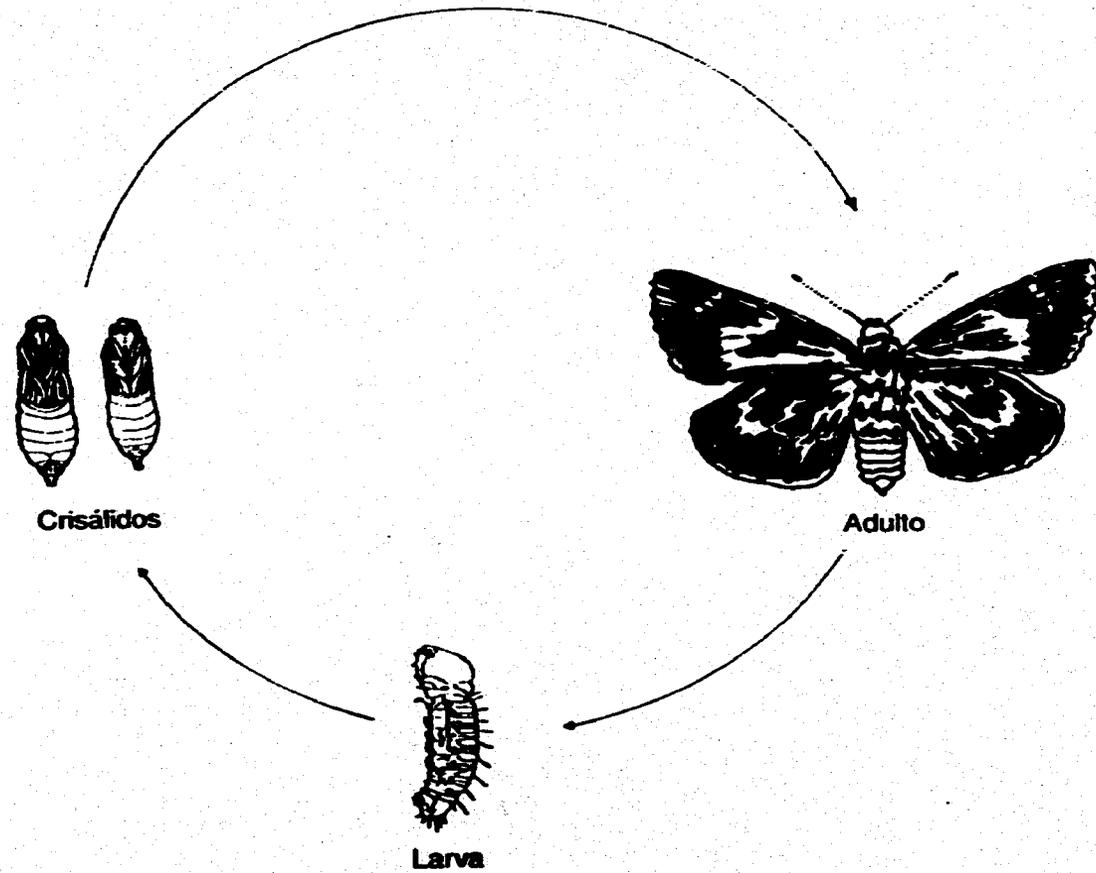
En un plazo que varia entre los 28 y 40 días se efectúa la eclosión (Halffter, 1957). Las larvas al romper el huevo, con sus mandíbulas, cortando la parte superior en forma circular, salen al exterior y desde este momento inician su galería, comiendo los parénquimas del maguey en forma longitudinal (Ancona, 1934), de arriba hacia abajo, hasta poco antes de la unión de la penca con la piña de la planta. El diámetro de la galería es de 1 a 2 cm. y la longitud, en promedio, al final del estado larvario es de 40 a 50 cm. (Lezama, 1952). (Fig. 1)

Las larvas revisten la galería con una sustancia que ellas mismas secretan de glándulas especiales, la cual tiene la propiedad de endurecerse con rapidez y de ser sumamente resistente (Lezama, 1952)

Durante los primeros 12 días, la larva crece hasta alcanzar unos 7 mm, efectuándose entonces la primera muda y después de 28 días la segunda. (Halffter, 1957).

La flora intestinal rica en levaduras, de tipo sencillo y de gemación lineal, sufre notables cambios, de 322,040 levaduras por milímetro cúbico que se presentan en el momento de la eclosión, aumenta a 12' 547,920 al final del periodo larval (Ancona, 1939).

FIG. 1 CICLO DE VIDA DE "Aegiale hesperiaris"



Entre los 28 y 32 días mas tarde, se efectúa la tercera muda, la cuarta dura mas tiempo, aproximadamente 40 días (Halffter, 1957).

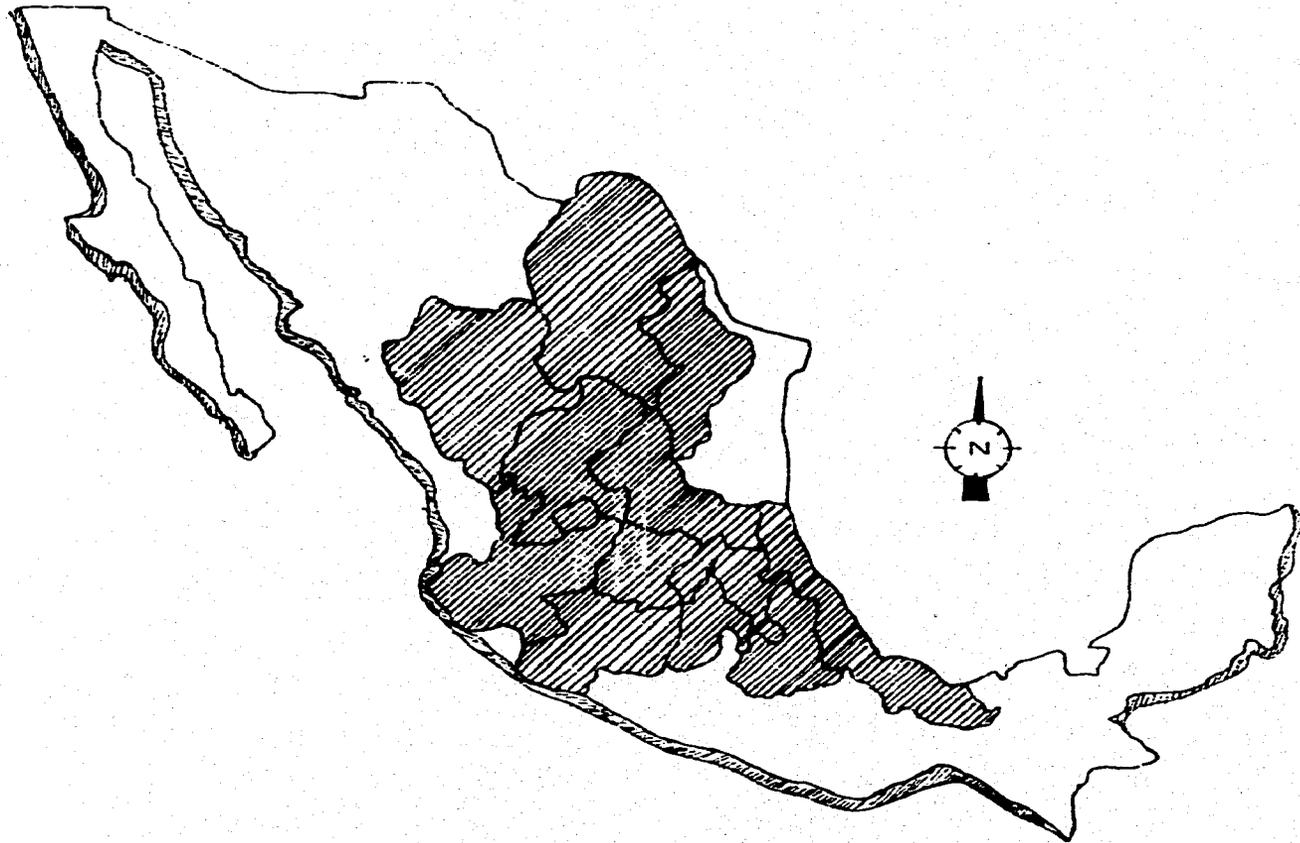
Al atardecer vuelan comúnmente, son sumamente nerviosas y de vuelo rápido y corto. El vuelo nupcial se efectúa entre septiembre y octubre, el acto se consume durante el crepúsculo, afianzándose el macho a la hembra durante la copulación con las valvas o apéndices del noveno esternito (Lozame, 1952).

7 DISTRIBUCION DEL GUSANO BLANCO DEL MAGUEY

Aegiale hesperaris

El "Gusano blanco del maguey" es una especie endémica de México, ha sido localizada en alturas que varían de 1,800 a 2,700 metros sobre el nivel del mar en los Estados de: Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Michoacán, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Tlaxcala, Veracruz, San Luis Potosí, Nuevo León, Coahuila, Puebla y en el Distrito Federal. (Fig. 2).

Fig. 2. DISTRIBUCION DE "Aegiale hesperiaris"



8. UBICACION DE LA ZONA DE COLECTA

El municipio de Tepetlaxotoc se ubica en el extremo oriental del Lago de Texcoco, en el Estado de México, donde termina la llanura y comienza la cordillera Neovolcánica que se adentra en el vecino Estado de Tlaxcala. se sitúa a los 19° 33' 29" de latitud norte y a los 98° 49' 14" de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altura máxima de 2,800 metros sobre el nivel del mar, correspondiente al cerro del Ocoyoc, y una altura de 2,000 metros sobre el nivel del mar correspondiente a la cabecera municipal.

El municipio de Tepetlaxotoc limita con los municipios de Otumba y Acolman; al sur con Papalotla y Texcoco; al oeste con Acolman y Chiautla y al este con los Estados de Hidalgo y Tlaxcala; tiene una extensión territorial de 152 Km., corresponde a la región 111- Texcoco (Fig. 3).

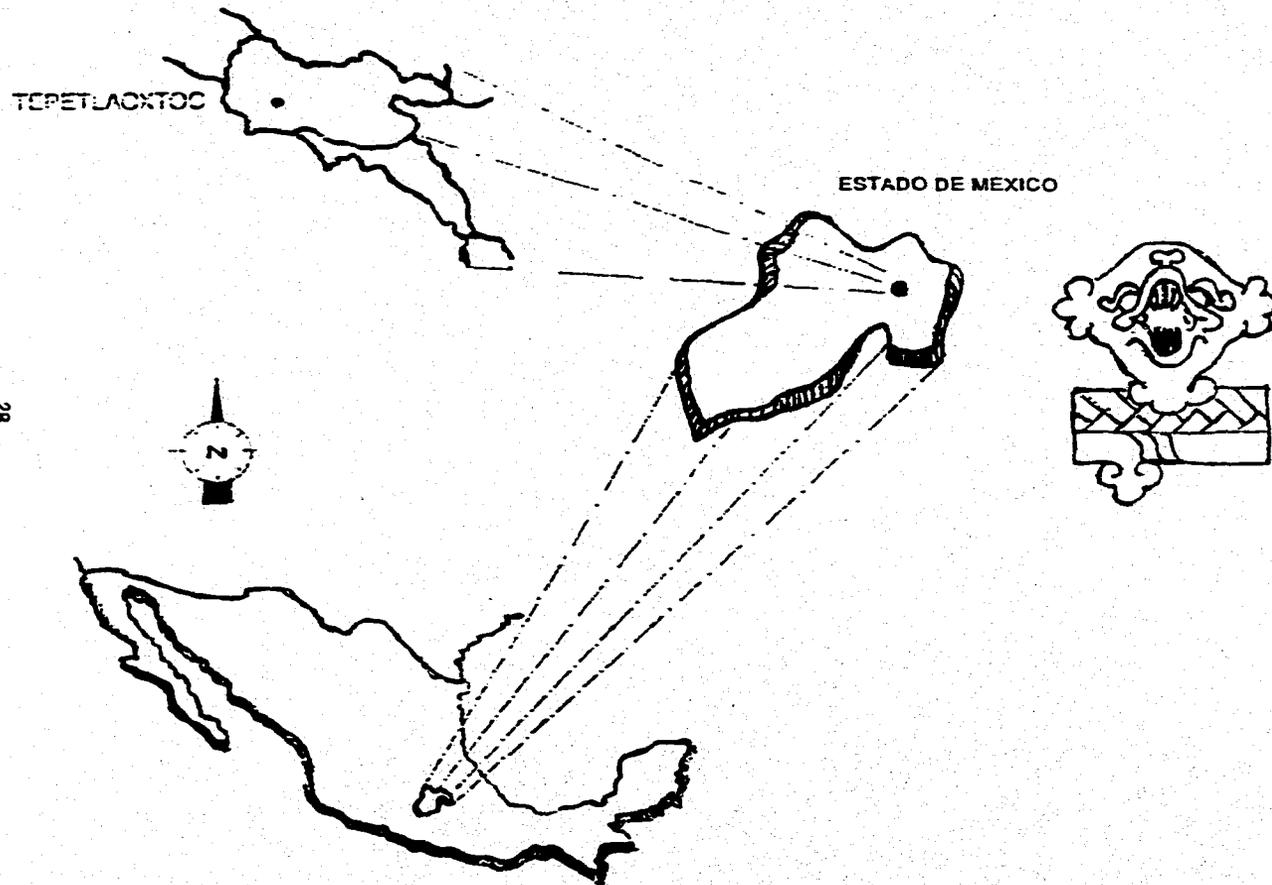
Hidrografía. Las corrientes de agua son de precipitación pluvial correspondiente a los ríos de Papalotla y Atla; contando también con barrancas, como la de Paso de Ladrón y la barranca de San Pedro.

Con referencia a los manantiales puede mencionarse el de Atlineya que se encuentra en el pueblo de Santo Tomás Apilhuasco, así como también los manantiales de San Juan Totolapan, San Bernardo y San Pedro; cuenta también con seis jagüeyas que se utilizan para abrevadero de animales así como para la producción de carpa. El agua potable para el resto del municipio se obtiene mediante pozos profundos (Cetnal, 1985)

Clima. El clima de este municipio es templado subhúmedo con lluvias en verano (Cw) (García, 1984).

Clasificación y uso del suelo. El municipio de Tepeticoxtoc está constituido por suelos que datan de la época terciaria, encontrándose entre estos: litosol, cambisol y luvisol, los cuales se destinan en su mayoría para el uso agrícola y ganadero. Es propicio para la agricultura temporal y de riego (Catenal, 1985).

Fig. 3 LOCALIZACION DE LA ZONA DE MUESTREO



9. METODOLOGIA

La investigación se realizó en el Área de Manejo de Recursos Bióticos de la Gerencia del Proyecto "Lago de Texcoco" de la Comisión Nacional del Agua y en el laboratorio de "Investigación de Productos Naturales" de la Unidad de Investigación Interdisciplinaria en Ciencias de la Salud y la Educación (UIICSE) de la UNAM Campus Iztacala.

COLECTA DE ORGANISMOS

Se efectuó un muestreo en dos zonas magueyeras de Tepetitl, Estado de México, localidad que se distingue por ser un sitio en el cual *Aegiale hesperia* se distribuye abundantemente.

Los organismos fueron colectados en etapa de huevo, para tal efecto, se realizó una observación minuciosa de las pencas de los Agaves y cuando los huevecillos fueron localizados se colectaron manualmente y se depositaron en cajas petri.

Asimismo, se examinaron las características morfológicas de los Agaves, para determinar su especie. Además se cortaron algunas pencas viejas de maguey (hojas externas) y jóvenes (hojas internas).

TRABAJO DE LABORATORIO

Los huevecillos se contaron, se colocaron en cajas petri de cristal y se mantuvieron en un cuarto de cultivo en condiciones de humedad (60% - 70%), temperatura (25 °C) y oscuridad constante.

Después de la eclosión fueron seleccionadas aleatoriamente 125 larvas, se formaron cuatro grupos experimentales y un testigo, cada uno integrado por 25 individuos.

Los organismos se colocaron individualmente en frascos de cristal de 100 ml, bajo las siguientes condiciones ambientales: humedad 60%, temperatura 23-28°C, a cada uno se le asignó una clave con la cual se identificó durante la investigación.

Semanalmente cada larva se pesó, midió, alimentó y cambió de frasco; asimismo se colectaron las exhubias de la cápsula cefálica y se registró la mortalidad en cada uno de los grupos.

ALIMENTACION

Todos los grupos se alimentaron con fragmentos de penca de *Agave salmiana* var, *salmiana*, pero con las modalidades que se enumeran a continuación:

GRUPO 1

Alimentación: Parénquima de penca vieja

GRUPO 2

Alimentación: Epidermis y parénquima de penca vieja

GRUPO .3

Alimentación: Parénquima de penca joven

GRUPO 4

Alimentación: Parénquima y epidermis de peca joven.

GRUPO TESTIGO

Alimentación: se suministraron alternadamente, los tipos de alimentación mencionada para cada uno de los grupos experimentales. El agave que se utilizó para la alimentación de larvas se obtuvo del mismo sitio en el cual fueron colectados los huevecillo de *A. hesperiaris*.

EVALUACION DE PARAMETROS NUTRICIONALES

En el grupo testigo se evaluaron las siguientes variables:

a) INDICE DE CONSUMO DE ALIMENTO (C.I.)

La cantidad de alimento ingerida por un insecto en los estadíos tempranos de su crecimiento no es comparable con la ingerida al final del periodo larval, varia con la talla del organismo. Generalmente se expresa la cantidad de alimento consumido en términos de INDICE DE CONSUMO (Chapman, 1982).

$$C.I. = \frac{\text{Peso del alimento ingerido}}{\text{Peso promedio del insecto durante su periodo de alimentación} \times \text{duración del periodo (días)}} \times 100$$

La cuantificación del alimento ingerido por el insecto se obtuvo de la diferencia de peso del fragmento de penca, antes y después de ser consumido por la larva, además de que se consideró la pérdida de humedad en el alimento.

b) DIGESTIBILIDAD APROXIMADA (A.D.)

La eficiencia con la cual el alimento es asimilado varía de un insecto a otro. La asimilación del alimento es expresado en términos de DIGESTIBILIDAD APROXIMADA (Chapman, 1982; Blum, 1985).

$$\text{A.D.} = \frac{\text{Peso del alimento ingerido} - \text{Peso de las heces}}{\text{Peso del alimento ingerido}} \times 100$$

c) EFICIENCIA DE CONVERSION (E.C.D.)

Eficiencia de conversión del alimento en tejido (Chapman, 1982).

$$\text{E.C.D.} = \frac{\text{Peso ganado por el insecto}}{\text{Peso del alimento ingerido} - \text{peso de las heces}} \times 100$$

Por otra parte, se realizó el análisis químico proximal de cada una de las variedades de alimento que se suministraron; mediante el método de la Association of Official Analytical Chemist (A.O.A.C.) determinándose los siguientes parámetros:

- a) **Proteínas: Método Kjeldahl**
- b) **Extracto aléico: Soxhlet**
- c) **Carbohidratos: Método Nelson Somogy**
- d) **Fibra Cruda: Hidrólisis Acido-Alcalino**
- e) **Humedad: Método de la estufa secado al vacío**
- f) **Cenizas: Calcinación**

Posteriormente algunas hojas de Agave se procesaron y se donaron al herbario "IZTA" de la UNAM, Campus Iztacala, dichos ejemplares quedaron registrados con el número 25 057.

10 RESULTADOS

PESO - LONGITUD

Los resultados promedios mas altos de peso y longitud se registraron en el grupo 4 y testigo, los mas bajos en el grupo 3 (cuadro # 2)

Cuadro # 2. Valores Promedio de longitud y peso de *Aegiale hesperianis*

Grupo	1	2	3	4	Testigo
LONGITUD (mm)	25.980	28.560	18.690	30.570	29.770
PESO (g)	0.4563	0.6589	0.1850	0.7619	0.6752

CRECIMIENTO

El crecimiento de los organismos en todos los grupos fue de tipo exponencial y se representó mediante el siguiente modelo matemático:

$$W = aL^b$$

en donde:

W = Peso

a = Constante

L = Longitud

b = Pendiente

Los modelos de crecimiento de cada uno de los grupos quedaron estructurados de la siguiente manera:

<i>Grupo 1</i>	$W = 0.000022 L^{2.9570}$
<i>Grupo 2</i>	$W = 0.000029 L^{2.8903}$
<i>Grupo 3</i>	$W = 0.854300 L^{-0.5578}$
<i>Grupo 4</i>	$W = 0.000031 L^{2.8654}$
<i>Testigo</i>	$W = 0.000093 L^{2.5659}$

Las curvas que describen las ecuaciones anteriores se encuentran en las Figs. 4, 5, 6, 7 y 8 respectivamente.

GRUPO 1

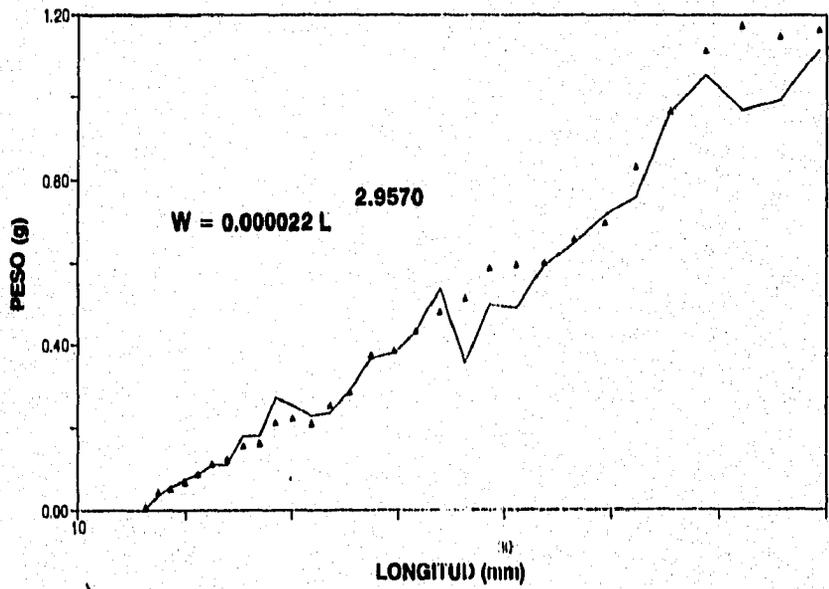


Fig. 4 Relación peso-longitud de *Anglala hesperlaris* en el grupo 1.

GRUPO 2

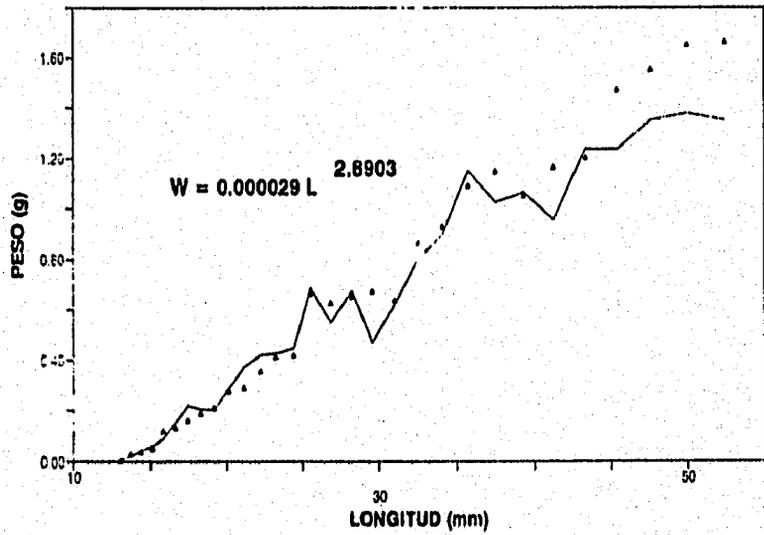


Fig. 5 Relación peso -longitud de *Aegiale hesperiaris* en el grupo 2.

GRUPO 3

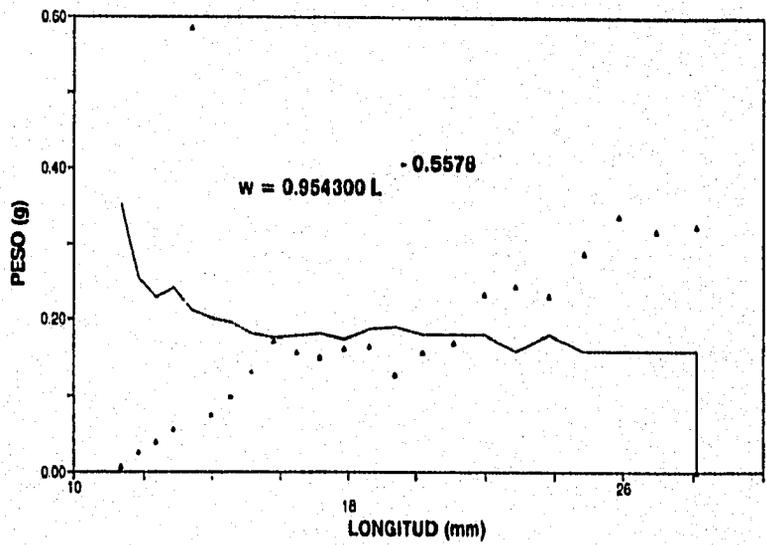


Fig. 6 Relación peso-longitud de *Aegiale hesperiaris* en el grupo 3.

GRUPO 4

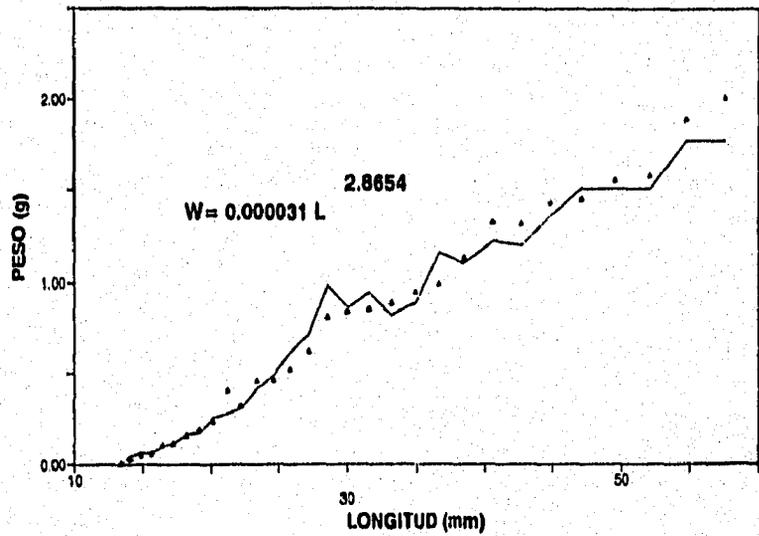


Fig. 7 Relación peso-longitud de *Aegiale hesperiaris* en el grupo 4.

GRUPO TESTIGO

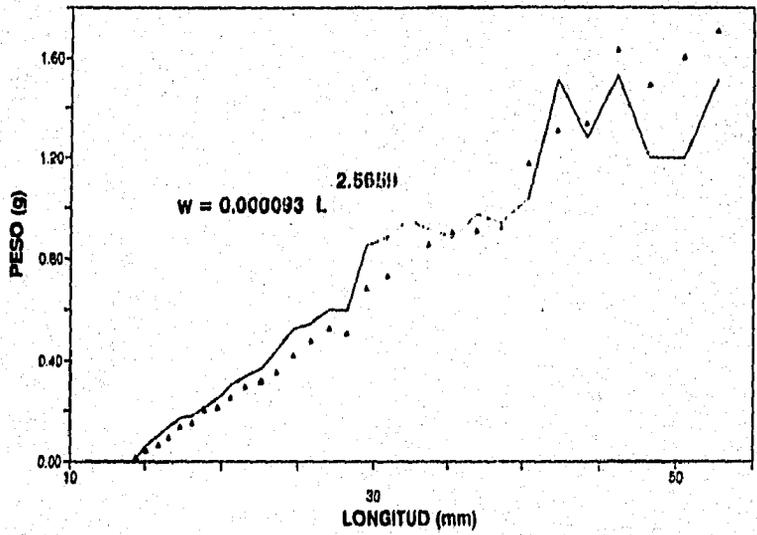


Fig. 8 Relación peso-longitud de *Aegiale hesperiaris* en el grupo Testigo.

FACTOR DE CONDICION

Los valores del factor de condición se obtuvieron para cada grupo al correlacionar la longitud y el peso de las larvas. En los grupos 1, 2 y 4 se presentaron valores muy semejantes, 0.99, 0.98 y 0.97 respectivamente, mientras que el grupo testigo registró 0.88, y el grupo 3 presentó el valor mínimo de 0.25 (Cuadro 3).

.....
Cuadro # 3. Coeficiente de correlación "r" de los valores de la relación Peso-Longitud de *Aegiale hesperalis*.

Grupo	1	2	3	4	Testigo
r	0.99	0.98	0.25	0.97	0.88

.....

PRUEBA "t" PARA COMPARAR PENDIENTES

Para determinar si el tipo de dieta suministrada afectó el crecimiento de los organismos, se aplicó una prueba estadística "t" en la cual se compararon las pendientes "B" (velocidades de crecimiento (Cuadro # 4)), de cada uno de los grupos con respecto de los demás (Cuadro # 5), mediante la siguiente ecuación:

$$t = \frac{B_1 - B_2}{S_b}$$

=====

Cuadro # 4. Velocidad de crecimiento "B" de *Aegiale hesperia*

GRUPO	1	2	3	4	Testigo
VELOCIDAD					
DE	2.9570	2.8903	-0.5578	2.8654	2.5659
CRECIMIENTO					
(B)					

=====

=====

Cuadro # 5. Valores obtenidos al aplicar la prueba estadística "t" a los valores de la pendiente "B" en cada uno de los grupos en la relación peso-longitud de *Aegiale hesperia*.

	B1	B2	B3	B4	BTestigo	
B1	-----	-10.35	-----	-14.33	-60.71	gl = 28
B2		-----	-----	2.63	-38.67	$\alpha = 0.05$
B3			-----	-----	-----	t = 1.701
B4				-----	-121.26	
B CONTROL						

=====

MORTALIDAD

Para la obtención de la mortalidad se utilizó el número de organismos en cada grupo (Cuadro # 6)

Cuadro # 6. Mortalidad "z" de *Aegiale hesperiaris*.

GRUPO	1	2	3	4	Testigo
MORTALIDAD	-0.0546	-0.0756	-0.1907	-0.0743	-0.0746

Los modelos de mortalidad de cada uno de los grupos quedaron estructurados de la manera siguiente:

- Grupo 1 $N_t = 26.8187 e^{-0.0546t}$
- Grupo 2 $N_t = 31.3307 e^{-0.0756t}$
- Grupo 3 $N_t = 36.5470 e^{-0.01907t}$
- Grupo 4 $N_t = 29.4531 e^{-0.07466t}$
- Testigo $N_t = 36.5470 e^{-0.07466t}$

Las curvas que representan las ecuaciones anteriores se encuentran en las Figs. # 9, 10, 11, 12, 13. Mostrando una comparación de las curvas de mortalidad de *A. hesperiaris* en la Fig. 14.

GRUPO 1

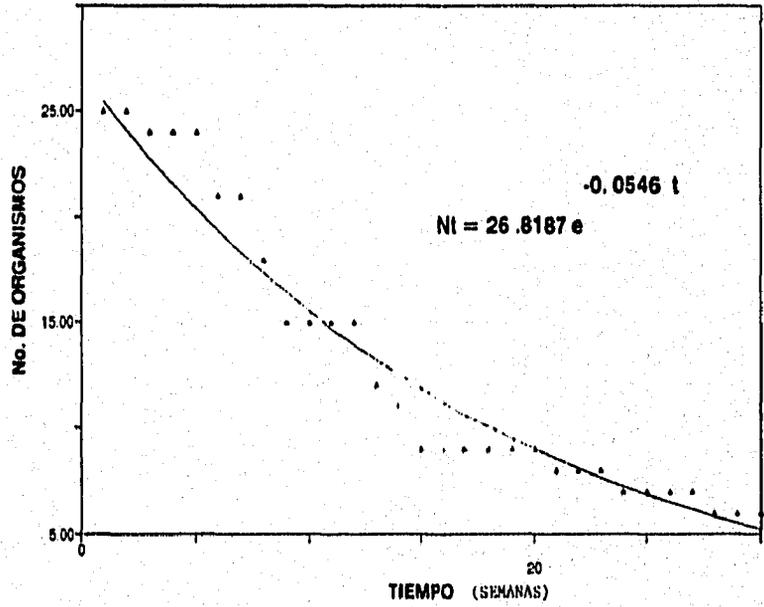


Fig. 9 Curva de mortalidad de *Aegle hesperalis* en el grupo 1.

GRUPO 2

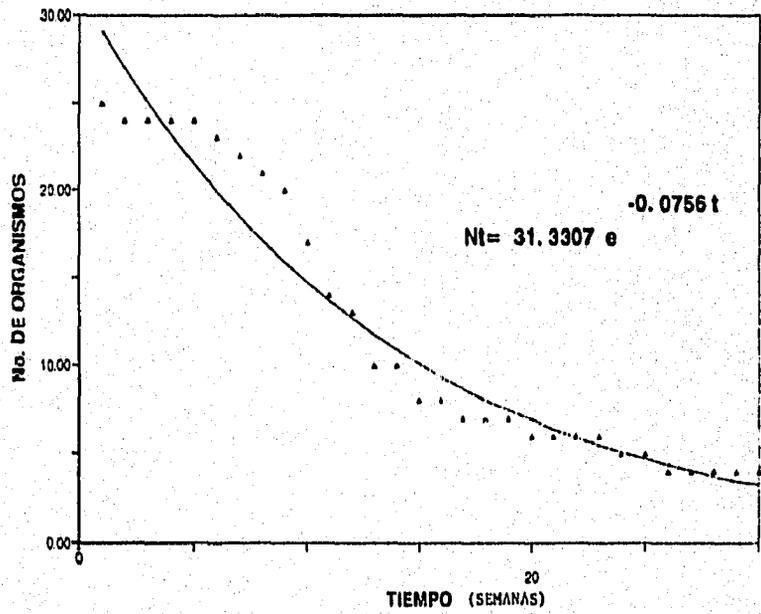


Fig. 10 Curva de mortalidad de *Aegiale hesperiaris* en el grupo 2.

GRUPO 3

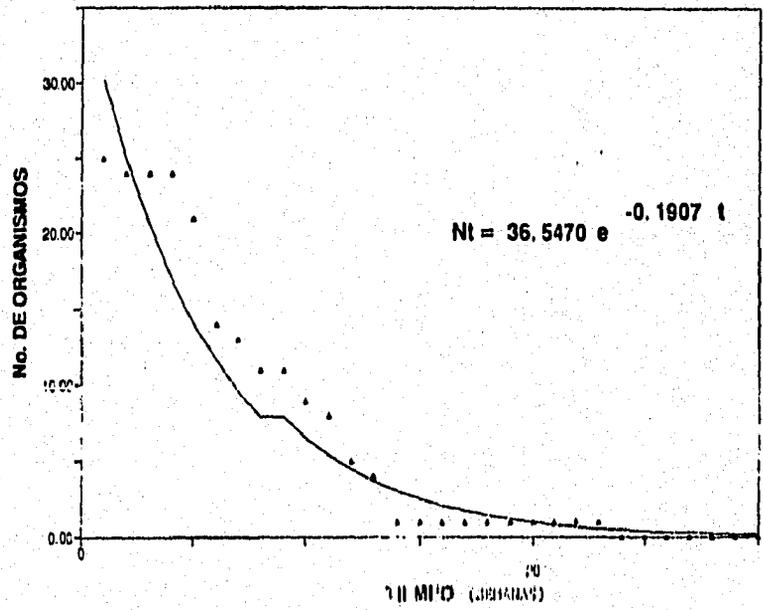


Fig. 11 Curva de mortalidad de *Aspergillus fumigatus* en el grupo 3.

GRUPO 4

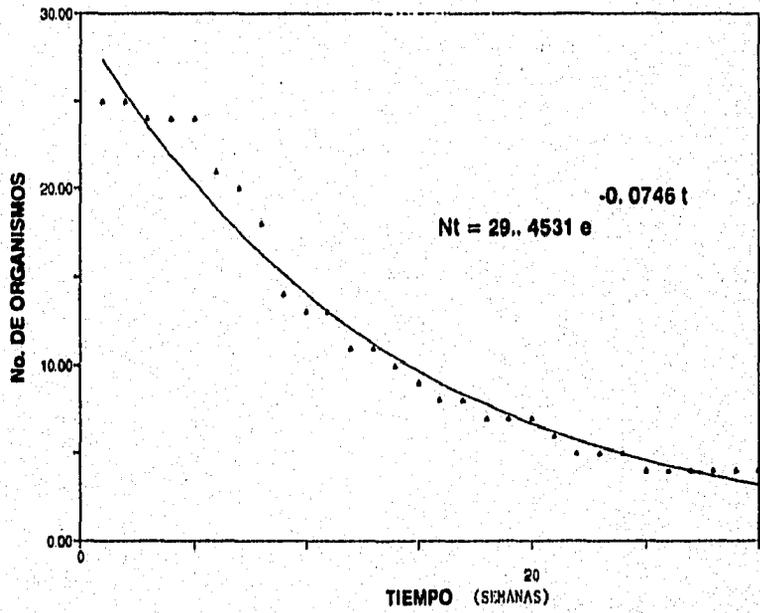


Fig. 12 Curva de mortalidad de *Aegiale hesperlaris* en el grupo 4.

GRUPO TESTIGO

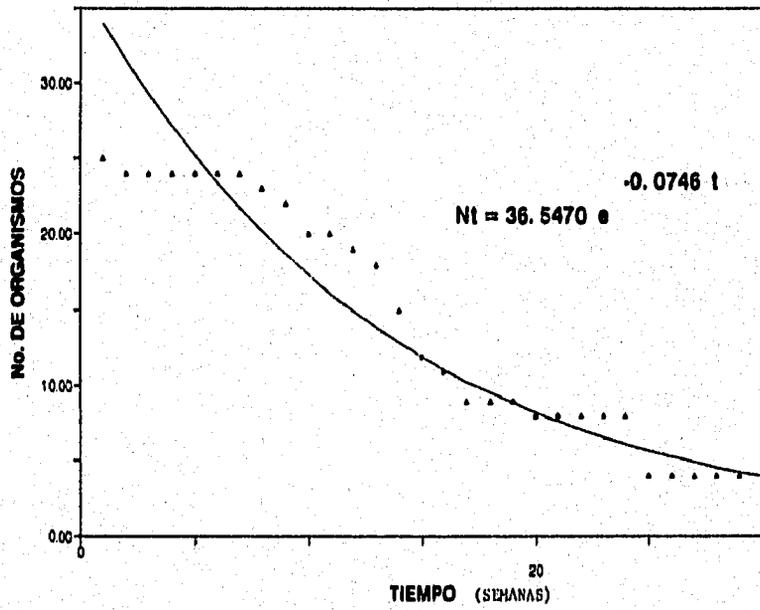


Fig. 13 Curva de mortalidad de *Aegla hesperalis* en el grupo testigo.

MORTALIDAD

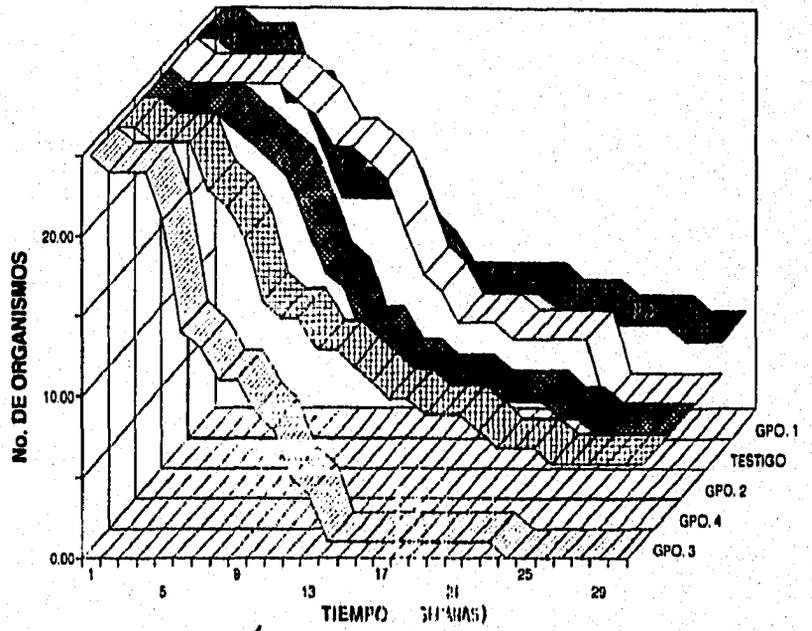


Fig. 14 Comparación de las curvas de mortalidad de *Aegialia hesperiaris*.

ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

La cantidad de proteínas en la peca vieja fue 0.60% en epidermis, 0.26% en parénquima y 0.33% en ambas estructuras; en la peca joven, 0.49%, 0.31% y 0.27% respectivamente (Fig. # 15).

Extracto etéreo. En peca joven fue de 0.50% en epidermis, 0.09% en parénquima y 0.23% en epidermis y parénquima; en peca vieja, 0.40%, 0.25% y 0.30% respectivamente (Fig. # 16).

En cuanto a los carbohidratos (Fig. # 17), cenizas (Fig. # 18), humedad (Fig. # 19) y fibra cruda (Fig. # 20) los valores son muy semejantes en ambos tipos de peca, pero siempre la epidermis fue la estructura que presentó los valores más altos (Cuadros # 7 y 8).

Las figuras 21 y 22 muestran una comparación de los nutrientes antes mencionados entre los diferentes tipos de pecas.

=====

Cuadro # 7. Análisis químico en base húmeda (%) de pencas jóvenes de Agave salmiana.

PENCA JOVEN						
	PROTEINAS	EXTRACTO ETEREO	CARBO- HIDRATOS	FIBRA CRUDA	HUMEDAD	CENIZAS
EPIDERMIS	0.49	0.50	7.5	41.85	47.87	2.19
PARENQUIMA	0.31	0.09	11.2	13.53	74.41	0.46
EPIDERMIS Y PARENQUIMA	0.27	0.23	14.2	34.66	49.42	1.36

=====

Cuadro # 8. Análisis químico en base húmeda (%) de pencas viejas de *Agave Salmiana*.

	PENCA VIEJA					
	PROTEINAS	EXTRACTO ETEREO	CARBO- HIDRATOS	FIBRA CRUDA	HUMEDAD	GENIZAS
EPIDERMIS	0.60	0.40	11.2	32.92	52.50	2.40
PARENQUIMA	0.26	0.25	14.40	25.34	59.08	0.67
EPIDERMIS Y PARENQUIMA	0.33	0.30	10.0	34.90	48.99	1.00

PARAMETROS NUTRICIONALES

Los valores promedio para las variables evaluadas fueron los siguientes:

Consumo de alimento (C.I.) fue de 1.4163, digestibilidad aproximada (A.D.) 94.5352 y la eficiencia de conversión (E.C.D.) 1.8756 (Cuadro # 9).

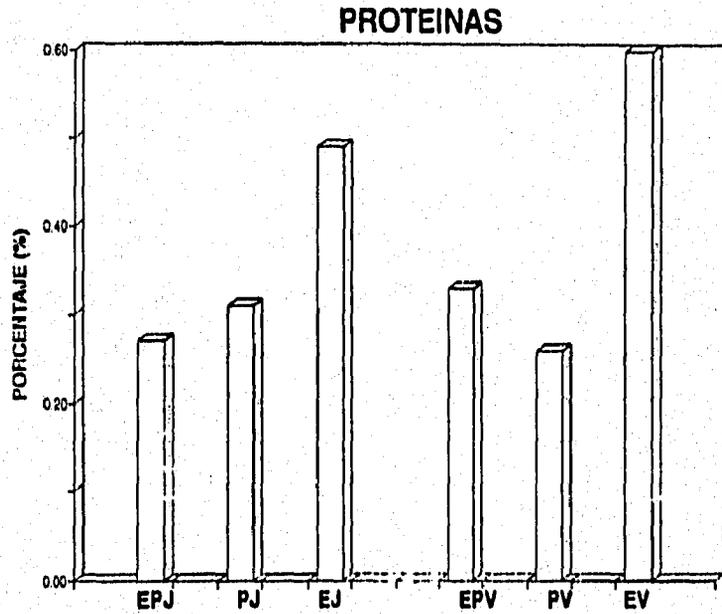


Fig. 15 Comparación del contenido proteínico en las estructuras anatómicas de pencas jóvenes y viejas de *Agave salmiana*.

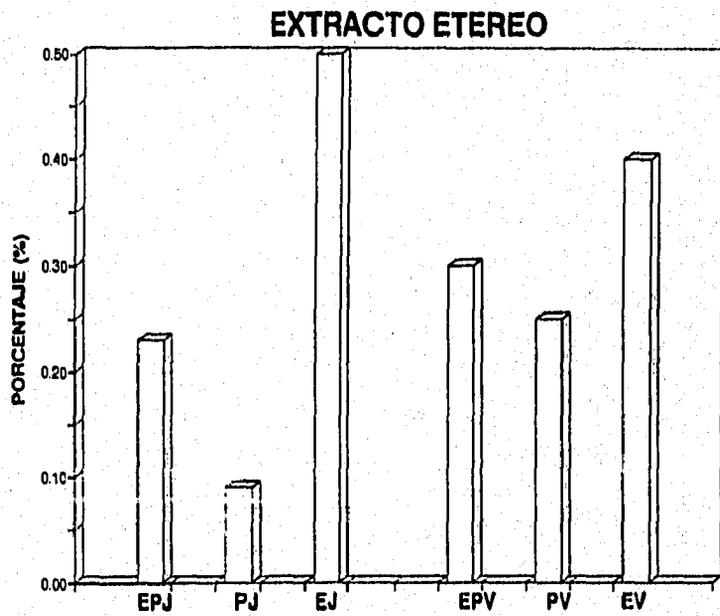


Fig. 16 Comparación del extracto etéreo contenido en las estructuras anatómicas de pencas jóvenes y viejas de *Agave salmiana*.

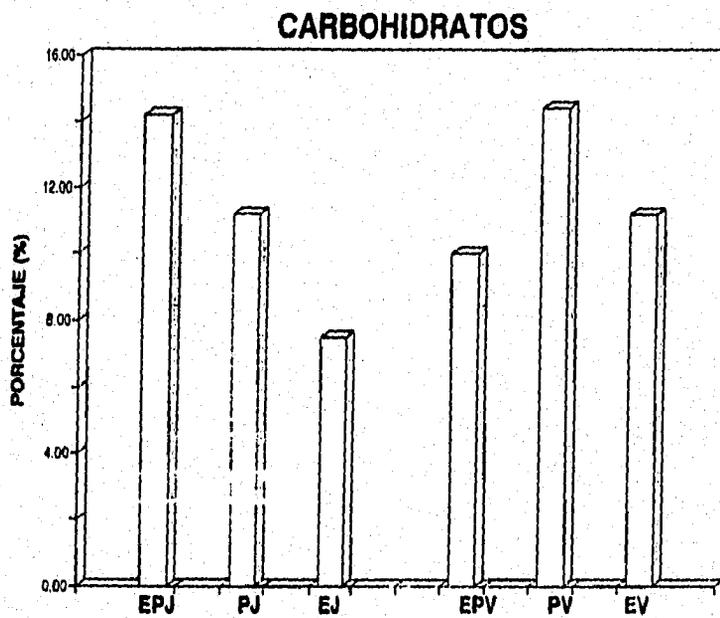


Fig. 17 Comparación del contenido de carbohidratos en las estructuras anatómicas de pencas jóvenes y viejas de *Agave salmiana*.

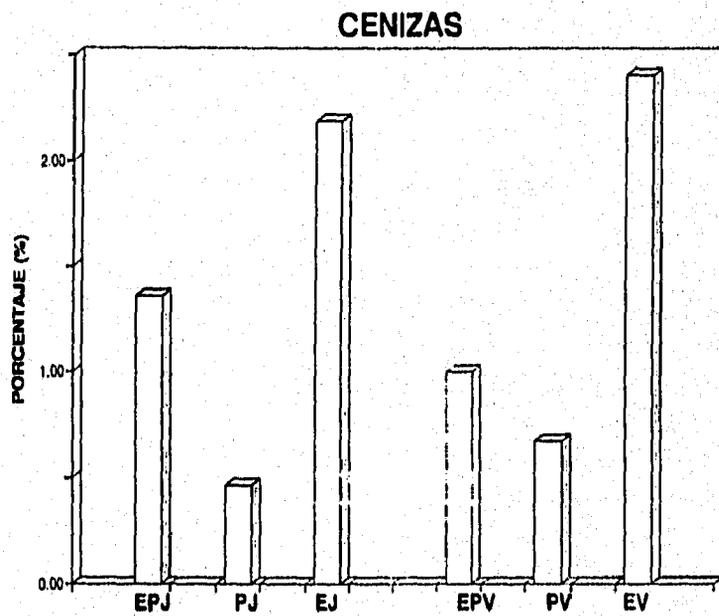


Fig. 18 Comparación del contenido de cenizas en las estructuras anatómicas de pencas jóvenes y viejas de *Agave salmiana*.

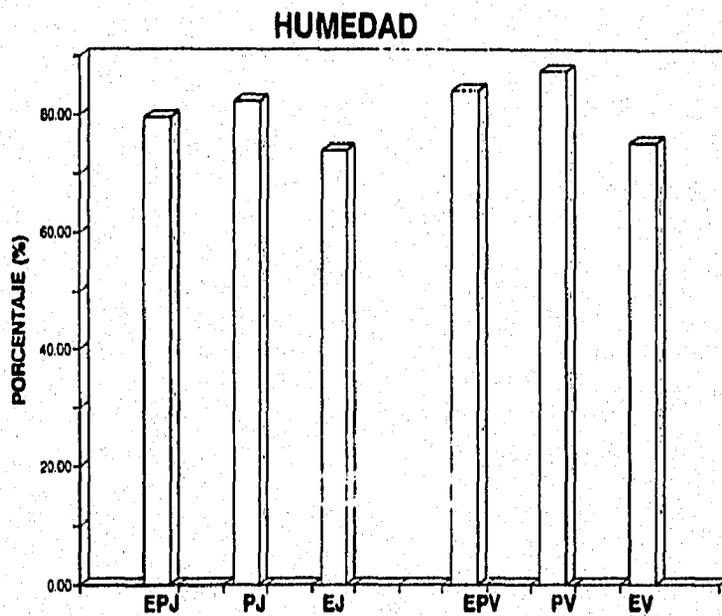


Fig. 19 Comparación de la humedad contenida en las estructuras anatómicas de pencas jóvenes y viejas de *Agave salmiana*.

FIBRA CRUDA

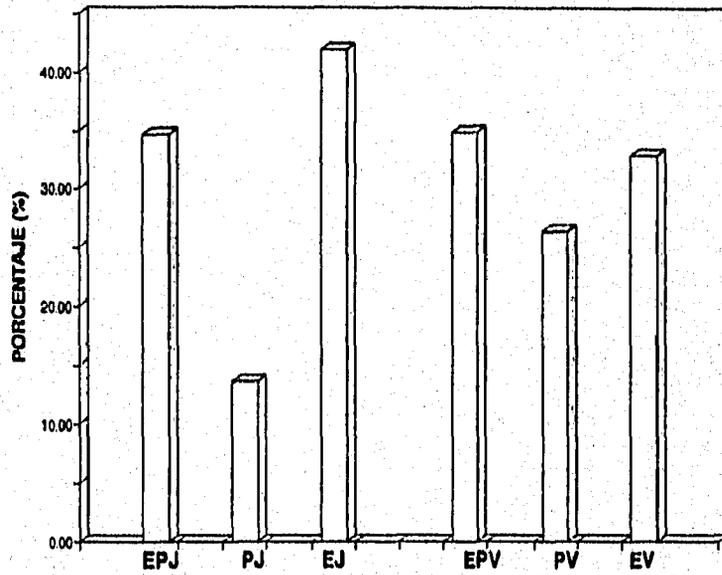


Fig. 20 Comparación del contenido de fibra cruda en las estructuras anatómicas de pencas jóvenes y viejas de *Agave salmiana*.

HUMEDAD, FIBRA CRUDA Y CARBOHIDRATOS.

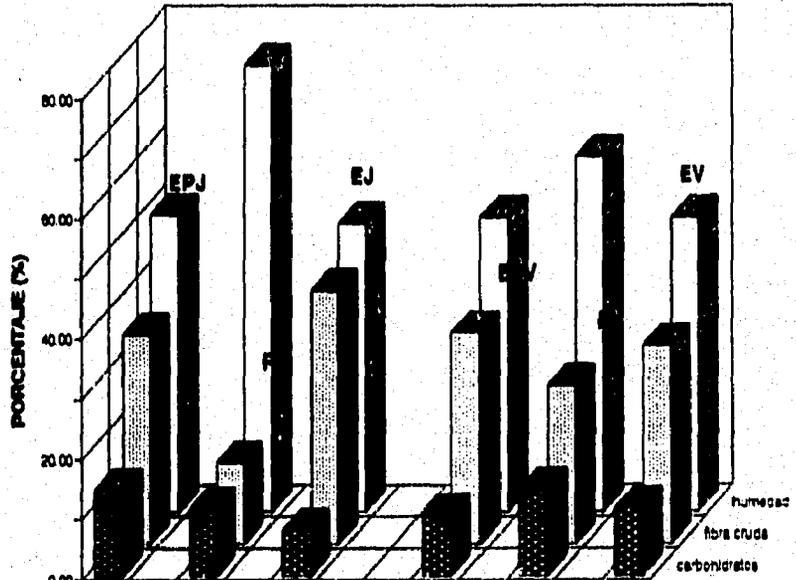


Fig. 21 Comparación de nutrientes contenidos en las estructuras anatómicas de pencas jóvenes y viejas de *Agave salmiana*.

CENIZAS, PROTEINAS Y EXTRACTO ETereo

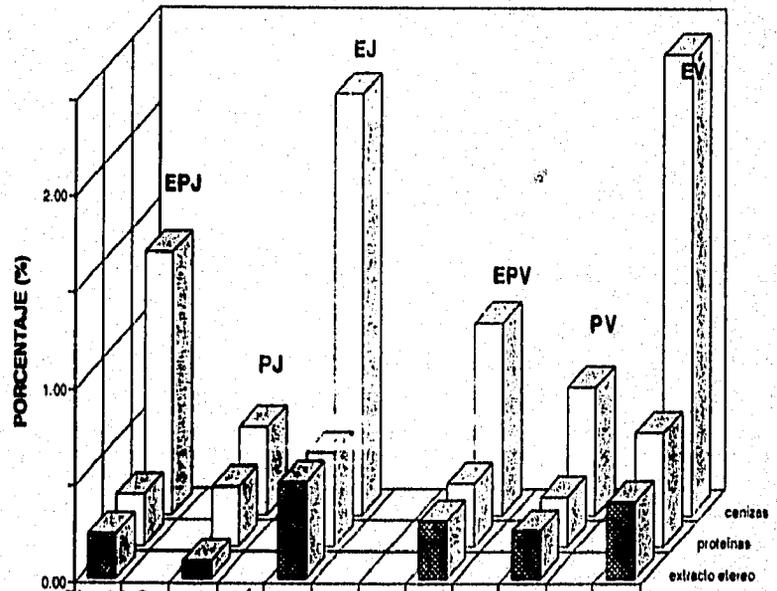


Fig. 22 Comparación de nutrientes contenidos en las estructuras anatómicas de pencas jóvenes y viejas de *Agave salmiana*.

PARAMETROS NUTRICIONALES

Los valores promedio para las variables evaluadas fueron los siguientes:

Consumo de alimento (C.I.) fue de 1.4183, digestibilidad aproximada (A.D.) 94.5352 y la eficiencia de conversión (E.C.D.) 1.8756 (Cuadro # 9).

=====

Cuadro # 9. Valores promedio de los parámetros nutricionales evaluados en el grupo control de *Aegiale hesperalis*

CONSUMO DE ALIMENTO	DIGESTIBILIDAD APROXIMADA	EFICIENCIA DE CONVERSION
C. I.	A. D.	E. C. D.
%	%	%
1.4183	94.5352	1.8756

=====

**CONSUMO DE ALIMENTO (C.I.)
DE *Aegiale hesperiaris***

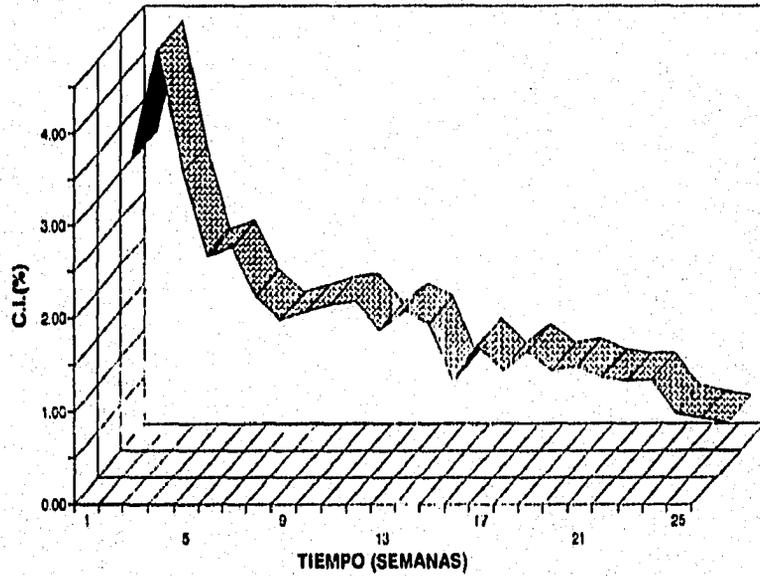


Fig. 23 Curva de consumo de alimento de *Aegiale hesperiaris*.

**DIGESTIBILIDAD APROXIMADA (A.D)
DE *Aegiale hesperiaris***

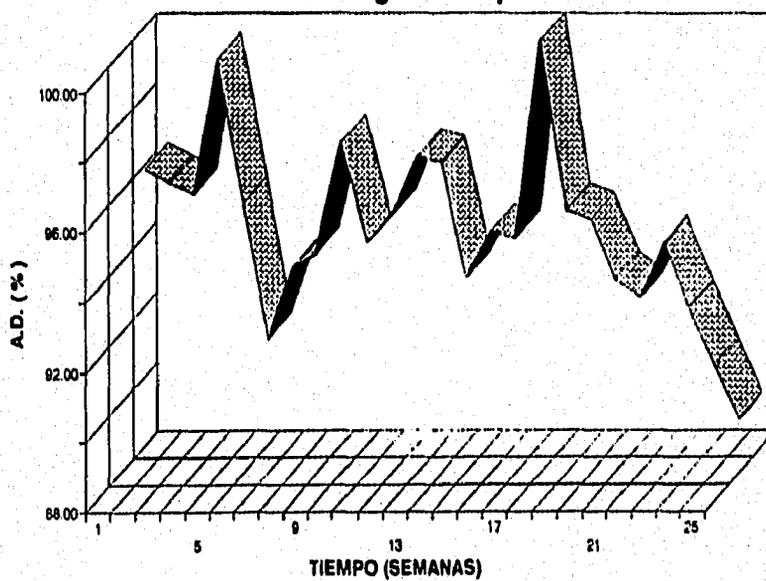


Fig. 24 Curva de digestibilidad aproximada de *Aegiale hesperiaris*.

**EFICIENCIA DE CONVERSION (E.C.D)
DE *Aegiale hesperiaris***

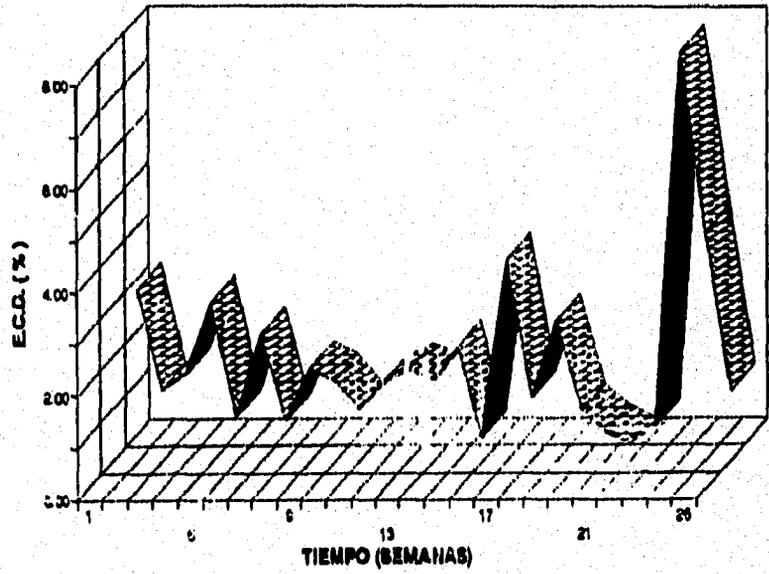


Fig. 25 Curva de eficiencia de conversión de *Aegiale hesperiaris*.

11. DISCUSION

SISTEMATICA

Actualmente aún existe confusión en la determinación en las especies del "gusano blanco del maguey" y en la de los Agaves en los que habita durante su etapa larval. Con respecto al insecto, algunas ocasiones se le incluye en el género *Aegiale* (*Acentrocne*)

Se consultó al Dr. Carlos Beutespacher B. del Instituto de Biología de la U.N.A.M., y la última revisión sistemática publicada (De la Maza, 1991), en ambos casos se corroboró que la especie correcta para el "gusano del maguey" es *Aegiale hesperiaris*, Walker, 1856.

En cuanto al maguey, varios autores han reportado que *A. hesperiaris* es plaga específica de ciertas especies del género *Agave*, ya que la hembra presenta preferencias para ovipositar. Ancona (1934), menciona que *Agave salmiana* y *A. lehmanni* registran la mayor infestación de *A. hesperiaris*; Lezama (1952), registra *A. maximiliana* como la especie hospedera del "gusano blanco", y Halfiter (1957) indica que la variedad el "chato" de *A. tequilana* es la más atacada por *A. hesperiaris*, aunque las diferencias no son muy marcadas, con respecto a otras especies.

Sin embargo, Pino (1979), registra a *A. elroviensis* como el hospedero de *A. hesperiaris* en el Valle del Mezquital, lo cual es raro, ya que esta especie de *Agave* no ha sido aún registrada en la zona.

El problema consiste, posiblemente, en que las especies de maguey en la que se han localizado las puestas de *A. hesperiaris*, no han sido determinadas correctamente, por

lo cual es difícil afirmar si hay preferencia de la mariposa al ovipositar; pero si efectivamente existe tal selección por parte del insecto, probablemente sea resultado de que las condiciones para el crecimiento de la larva son mejores en determinada especie de *Agave*, lo anterior es primordial, porque es un aspecto no considerado cuando se ha intentado el cultivo del "gusano blanco del maguey"

Las puestas de huevecillos de *Aegiale hesperaris* que se colectaron para realizar la investigación se localizaron en penca de *Agave salmiana* Otto. var. *salmiana* conocido comúnmente en la zona como "maguey manso"

Por otra parte, se ha observado que algunas veces las mariposas pueden ovipositar sobre cualquier material, y no precisamente en la planta hospedera.

Según lo reportado por Castillo (1993), lo anterior, es consecuencia de que las mariposas se dañan las alas durante el vuelo de la cópula o de que las reservas energéticas con las que cuentan son mínimas y, por lo tanto, quedan imposibilitadas para dirigirse al sitio correcto para ovipositar, "ya que los insectos gastan energía durante el vuelo en cantidades prodigiosas en relación a su peso" (Gilmour, 1968).

Aunqu tal anomalía en la conducta de oviposición también se presenta cuando los factores ambientales son adversos (Castillo, 1993).

RELACION PESO- LONGITUD

Los promedios más bajos de peso y longitud se presentaron en las larvas que fueron alimentadas con parénquimas de maguey grupos 1 y 3, mientras que a las que se les suministró el fragmento de maguey completo, sin desprender la epidermis, (grupos 2 y 4), alcanzaron los valores más altos, siendo el mejor de ambos el 4, alimentado con fragmentos de penca joven (Cuadro 2).

La relación entre la longitud y el peso brindan una idea de la condición de los organismos, y estos alcanzan un grado óptimo cuando encuentran los factores adecuados para su desarrollo.

Durante la experimentación, las larvas de cada uno de los grupos experimentales y testigo se mantuvieron bajo las mismas condiciones ambientales, por lo tanto, las diferencias en el factor de condición, se deben principalmente a la variable suministrada: el alimento.

Los organismos que se alimentaron con penca vieja (grupos 1 y 2), presentaron un mejor factor de condición que los que consumieron penca joven; (3, 4 y el testigo), al que se alternaron ambos tipos de penca (Cuadro 3).

Lo anterior, explica el comportamiento de la mariposa al ovipositar preferentemente en pencas viejas, corroborando lo reportado por Lezama (1952), "las hembras realizan sus posturas en las pencas más gruesas y grandes, por ser las más ricas en elementos nutritivos"; ya que cuando las larvas se alimentan con este tipo de penca alcanzan una mejor condición. Por lo tanto, la dieta suministrada a los grupos 1 y 2, según los resultados obtenidos, es la adecuada para el cultivo de organismos que se destinen a reproducción.

CRECIMIENTO

La correlación entre el peso y la longitud de las larvas mostró que el tipo de crecimiento en todos los grupos, excepto en el 3, fue de tipo exponencial, (Cuan todos los grupos,

Las velocidades de crecimiento presentaron diferencias significativas en cada uno de los grupos con respecto de los demás (Cuadro 5). De acuerdo con el valor de la pendiente, las larvas del grupo 1 alcanzaron en menor tiempo la talla máxima (Fig. 4).

Los organismos del grupo 3, como ya se mencionó, no presentaron un crecimiento exponencial, por lo tanto, se excluyó del análisis estadístico por el alto índice de mortalidad que se presentó en las larvas antes de concluir la investigación. Tal situación se presentó debido a que las larvas no lograron un aumento en talla y peso continuo, predominando cierto tipo de "enanismo" (Fig. 5).

Probablemente en la dieta, suministrada a los organismos del grupo 3, se suprimió un nutriente esencial que se encuentra en la epidermis del Agave lo que les impidió conseguir un crecimiento y desarrollo normal, seguramente se trata de un lípido, que las larvas toman de la cutícula cerosa de este tipo de plantas, ya que según Blum (1985) y Huffaker (1984), estos compuestos son necesarios para el crecimiento, muda y desarrollo normal de las alas del adulto en los lepidópteros; y aunque estos organismos, así como el resto de los insectos, presentan rutas metabólicas para interconversión de algunas moléculas orgánicas (Gilmour, 1968), no logran sintetizar compuestos importantes como los esteroides que son necesarios en el crecimiento y reproducción de todos los insectos (Chapman, 1982).

Con fines de cultivo, la dieta utilizada en el grupo 1 permite reducir los costos de manutención de los organismos ya que en un tiempo mínimo logran una buena talla comercial y una condición óptima.

MORTALIDAD

La mortalidad de las larvas en todos los grupos fue elevada (Cuadro 6) y las principales causas fueron las siguientes:

a) **Parámetros ambientales.** Las condiciones ambientales durante la investigación no fueron estables ya que se presentaron algunas fluctuaciones que no se controlaron, por ejemplo, en el interior del cuarto de cultivo la temperatura máxima ascendió hasta 35 °C; por lo cual las larvas se trasladaron a una campana de flujo laminar, en la cual se mantuvieron a una temperatura que fluctuó entre los 23 y 28 °C así como con una humedad relativa del 60%.

Como consecuencia del traslado de las larvas del cuarto de cultivo a la campana, el fotoperíodo no se mantuvo como al principio de la experimentación, cuando los organismos se mantuvieron en oscuridad constante.

Aunque puede inferirse que este factor no haya sido determinante en el índice de mortalidad, ya que las orugas, por sus hábitos, permanecen siempre en el interior de la penca del maguey en oscuridad absoluta.

b) **Parásitos.** La mayor incidencia de parasitismo se presentó por los hongos del género *Entomophthora*, reportado también por Halffter (1957); este hongo, de tipo algodonoso, ataca tanto a las larvas como a las crisálidas, es importante mencionar que los organismos se hicieron más vulnerables al ataque del hongo durante la época de invierno.

c) **Muda.** Como se sabe, una de las características presente en los insectos es el fenómeno de muda o ecdisis y durante este período se encuentran en el estado más sensible a cualquier factor ambiental y biológico.

En todos los grupos, las larvas presentaron problemas al momento de la muda y en la mayoría de los casos murieron, ya fuera por el ataque de algún parásito o por las fluctuaciones ambientales durante este período.

d) Alimentación. Independientemente de las variables de alimentación que se manejaron en la investigación, en ocasiones, las larvas no se alimentaron. Algunas veces se detectó esta situación y se cambió el fragmento de maguey suministrado por otro diferente, pero a los pocos días, si la larva no lo aceptaba, moría. No se logró determinar qué circunstancias determinan lo anterior ya que se presentó en todos los grupos experimentales; es importante mencionar que esto se presentó fuera de los momentos de la muda.

En el grupo 3 la mortalidad fue excesiva. A partir de la séptima semana de experimentación únicamente existía el 50% de los organismos y para la quinceava, solamente quedaba un organismo. Como antes se mencionó, la única variable que se aplicó con respecto a los demás grupos fue la alimentación, por lo cual puede inferirse que este factor está directamente relacionado con la mortalidad de las larvas de este grupo (Fig. 11), donde la dieta suministrada a estos organismos consistió en parénquima de pencea joven.

ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE *Agave salmiana*

La epidemis de maguay fue la que presentó la mayor cantidad de proteínas y grasas, siendo aún más ricas en estos nutrientes, la penca vieja (Figs. 15, 16). por consiguiente las larvas de los grupos 2 y 4 que se alimentaron con fragmentos de maguay con epidemis de penca vieja y joven, presentaron diferencias marcadas de crecimiento con respecto a los grupos 1 y 3, en los que únicamente se suministró el parénquima de maguay y, como ya se mencionó anteriormente, su crecimiento fue mínimo además de que finalmente murieron como sucedió en el grupo 3. Lo anterior debido a que la mayoría de los animales necesitan en las dietas además de algunas moléculas orgánicas (vitaminas y aminoácidos esenciales) que son incapaces de sintetizar por sí mismos, una cantidad equilibrada de azúcar, grasa y proteína, aunque en los insectos hay mecanismos para la interconversión de estas tres clases de moléculas, estas rutas metabólicas no son lo suficientemente activas para proporcionar el crecimiento al máximo, a menos que los tres se suministren en la dieta (Gilmour, 1968).

Los carbohidratos presentan valores semejantes en ambos tipos de penca, pero en mayor cantidad en el parénquima (Fig. 17), aunque es importante mencionar que estos compuestos como fuente de energía, en los insectos, no son esenciales, ya que los insectos pueden oxidar otro tipo de sustratos distintos a los hidratos de carbono como lípidos o las proteínas.

En cuanto a los demás nutrientes que se evaluaron, con la fibra cruda, humedad y las cenizas se presentaron en la epidemis fue donde se presentaron en mayor cantidad que en el parénquima de ambas pencas, (jóvenes y viejas) (Figs. 18, 19 y 20).

Por lo tanto, según los resultados obtenidos, cuando se efectúe el cultivo masivo de "gusano blanco" existen dos modalidades para alimentar a las larvas dependiendo de la finalidad que se desee dar a éstas: reproducción o consumo, en el primer caso se necesitan individuos con capacidades físicas óptimas, o gran cantidad de reservas energéticas, aunque su velocidad de crecimiento sea más lenta, mientras que en el segundo, sólo es necesario que las larvas alcancen su talla comercial.

PARAMETROS NUTRICIONALES

El alimento al insecto le sirve para sostener el crecimiento, desarrollo y reproducción, el alimento no sólo debe contener los nutrientes básicos sino que debe ser asimilable y convertido en energía y en sustancias de tipo estructural (Cuadro # 10).

a) INDICE DE CONSUMO DE ALIMENTO (C.I.)

Según la evaluación, el consumo de alimento durante la etapa larval es inversamente proporcional al crecimiento y desarrollo del insecto, es decir, entre mayor sea la talla del insecto menor es la cantidad de alimento ingerida, además de que la oruga deja de alimentarse en el momento de la muda (Fig. 23). Al parecer, durante el estado larval es únicamente cuando el insecto se alimenta ya que al adulto no se le ha observado alimentándose.

Cuando se realiza un cultivo de organismos uno de los aspectos de mayor importancia es el conocer el consumo de alimento, con la finalidad de suministrar la cantidad adecuada de alimento que, en este caso, la oruga de *A. hesperaris*, requiere durante su crecimiento. De ignorar lo anterior, pueden presentarse problemas que impidan el éxito en el cultivo. Por ejemplo, proporcionar a la larva un exceso de alimento puede ocasionar, por una parte, que al descomponerse el alimento este se

convierta en sitio propicio para el desarrollo de organismos necrófagos que dañen al insecto, y por otra, el desperdicio del alimento no es redituable en un cultivo de organismos, sino por el contrario este implica un derroche de recursos.

b) DIGESTIBILIDAD APROXIMADA (A.D.)

Al igual que el parámetro anterior, la digestibilidad de *A. hesperians* disminuye durante los periodos de muda y al final del estado larval (Fig. 24).

c) EFICIENCIA DE CONVERSION (E.C.D.)

En comparación con los parámetros anteriores, en este caso se alcanza su punto máximo al final del estadio larval lo que indica que la mayor parte del alimento ingerido se incorpora en la formación de la crisálida y posteriormente en el adulto (Fig. 25).

La alta eficiencia de conversión de alimento es un indicador importante del valor de un animal como fuente de alimento humano, ya que la alta eficiencia de conversión se asocia con el valor nutritivo del insecto. En el caso del gusano blanco del maguey se reporta con una alta eficiencia de conversión.

12. CONCLUSIONES

El nombre correcto de la especie del "gusano blanco del maguey" es *Aegiale hesperaris* Walker, 1850.

Los huevecillos de *A. hesperaris* que se colectaron para la experimentación fueron localizados en hojas viejas de *Agave salmiana* Otto var. *salmiana*.

Existen diferencias significativas en la cantidad de proteínas y grasas presentes en las hojas, (pencas jóvenes y viejas), de un mismo agave, así como en las estructuras de éstas (epidermis y parénquima).

La preferencia de las hembras de *A. hesperaris* para ovipositar en las pencas viejas de los agaves está determinada por la cantidad de nutrientes, particularmente proteínas y lípidos, que presentan estas en comparación con las pencas jóvenes, ya que cuando las orugas se alimentan del primer tipo de hojas, logran un mejor crecimiento y desarrollo.

Alimentar a las larvas únicamente con parénquima de maguey, retirando la epidermis ocasiona un retraso en el crecimiento de las larvas y finalmente la muerte de éstas, ya que se le suprimen elementos nutricionales, tan importantes para los insectos, como los lípidos que le impiden continuar con su crecimiento normal.

Las características nutricionales presentes en el *Agave* influyen directamente sobre el crecimiento y desarrollo de las larvas de *A. hesperaris*, independientemente de que estos insectos realicen rutas metabólicas para la interconversión de moléculas orgánicas.

La mortalidad de *A. hesperaris* está determinada independientemente de los parásitos naturales, por la calidad y cantidad de los nutrientes básicos presentes en el alimento que ingieren.

La dieta natural óptima para el cultivo del "gusano blanco del maguey", (*Aegiale hesperaris*), consiste en alimentarlos con pencas viejas de *Agave*, (hojas externas de la roseta) con epidermis; este tipo de alimentación permite obtener organismos en condiciones adecuadas para la finalidad que se desee: consumo humano, continuación del ciclo para mantener la cría o también para restablecer las poblaciones naturales que se han extinguido..

13. RECOMENDACIONES

- 1. En este trabajo se presenta la forma mediante la cual se pueden obtener los mejores resultados en la cría de larvas de *A. hesperiaris*, pero debido a que el número de orugas que se transformaron en crisálidas fue mínimo, no fue posible determinar si lo observado en el primer estadio del ciclo de vida, de este insecto, puede extrapolarse al estado de adulto, por lo tanto, es necesario realizar el estudio correspondiente que permita establecer lo anterior.**
- 2. Es importante efectuar una investigación en la que se establezca si las variables que se aplicaron a las larvas presentan algún efecto secundario en las generaciones descendientes de estos organismos.**
- 3. Las observaciones realizadas durante la investigación, parecen indicar la posibilidad de que los desechos fecales de las larvas de *A. hesperiaris* presenten propiedades bactericidas o fúngicas. Por lo tanto, es importante llevar a cabo el estudio químico de las heces, porque es un factor importante a considerar en el cultivo de estos organismos, ya que el índice de mortalidad que se presenta en el laboratorio debido al ataque de parásitos, es muy alto.**
- 4. Es necesario que se realicen estudios de comportamiento, ecología, y fisiología durante todos los estadios del ciclo de vida de *A. hesperiaris* porque muchos aspectos aún se desconocen y por lo tanto el éxito pleno en el cultivo de esta especie aún no se ha logrado.**
- 5. Mientras no se encuentre una dieta artificial que optimice los resultados en la cría de las larvas de *A. hesperiaris* se recomienda se utilice la alimentación natural del insecto, ya que de lo contrario, el cultivo de la especie no es rentable.**

15. APENDICE

Prueba "t" de la Relación peso-longitud de *Aegiale hesperaris*

$$t = \frac{B_2 - B_1}{S_b}$$

$$S_b = \frac{s^2_{YX}}{h}$$

$$s^2_{YX} = \frac{\sum X - (\sum X)^2}{h}$$

$$s^2_{YX} = \sum (Y_1 - Y_0)^2$$

GRUPO	n	Sb	B	
1	25	0.00844	2.9570	
2	25	0.00879	2.8903	$\alpha = 0.5\%$
4	25	0.002484	2.8654	
TESTIGO	25	0.001732	2.8659	

14 BIBLIOGRAFIA

- ACKERY, P. 1984 *Systematic and faunistic studies on Butterflies The biology of Butterflies*. Edit. Vane-Wright & P. Ackery. London.
- ANCONA, L.H. 1934. Los gusanitos de maguey.
An. Ins. Biol. 6(1): 194-200.
- ANCONA, L.H. 1935. Histología de los gusanitos de maguey.
An. Ins. Biol. 5(1): 352-361.
- ANCONA, L.H. 1935. Nota acerca de las células lisígenas y fagocitarias de las crisálidas de *Aegiale (Acentroceme) hesperia*. Kirby.
An. Ins. Biol. 6: 193-199.
- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemist. 1991.
Vol. 1 15th. Edition. edit. Kenneth Helrich, U.S.A.
- BLAZQUEZ, I. 1870. *Insectos del maguey*.
Tomo I. La Naturaleza.
- BEUTELSPACHER, C. 1980. *Mariposas diurnas del Valle de México*.
Ediciones Científicas. México.
- BEUTELSPACHER, C. 1984. *Mariposas de México*.
Edit. Prensa Médica Mexicana, S.A. México.
- BLUM, M. 1965. *Fundamentals of insect physiology*.
Wiley-Interscience Publication, U.S.A.
- BODEHEIMER, F.S. 1951. *Insects as human food*.
W.J. Publishers. The Hague.

BORROR, D. & DE LONG, D. 1976. An introduction to the study of insects.
4th. Edition Holt Rinehart, Winston, U.S.A.

CETENAL, 1985. Carta topográfica, geológica, uso del suelo y climática. SPP. Escala 1: 50 000. México-Tlaxcala.

CRAVIOTO, R. 1951. Valor nutritivo de los alimentos mexicanos.
Ciencia 11(1-2): 9-17.

CRAVIOTO, R. & MASSIEU, G. et al. 1951. Composición de alimentos mexicanos.
Ciencia 11(5-6): 129-155.

CHAPMAN, R. 1982. The insects. structure and function.
3rd. Edition. Harvard University Press. U.S.A.

CHEN, E.N.P. & OSORNO, V. J.L. (1984) Biología y cría artificial del gusano blanco del maguey. Tesis de Licenciatura en Biología, ENEP Iztacala, UNAM..

DAMPF, A. 1924. Estudio morfológico del gusano del maguey.
(*Acentrocne me hesperiaris* Wlk.)
Rev. Mex. Biol. 4(4):147

DANIELS, W. 1965. Bioestadística: Base para el Análisis de las Ciencias de la Salud.
Edt. Limusa México, P. 263-267.

DEFOLIART, G. 1975. Insects as a Source of Protein.
Bull. Ent. Soc. Amer. 21(3): 161

DE LA MAZA, J. & WHITE, A. 1991. La fauna de mariposas de México.
Parte II. Hesperioidea (Lepidoptera: Rhopalocera).
Rev.Mex.Lep. 14(1): 3-9

DE LA MAZA, R. 1987. Mariposas Mexicanas.
Fondo de Cultura Económica, México.

FREEMAN, H. 1969. Systematic review of the Megathymidas.
Journal. Lep. Soc. 23 (Supl. 1) 1-3, 26-29

GARCIA, D.M.E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koepen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana.
Edit. Offat Lorios. México

GILMOUR, D. 1968. Metabolismo de los insectos.
Edit. Alhambra, España.

GOBIERNO DEL ESTADO DE HIDALGO. 1988. El maguey "Arbol de las maravillas".
Museo Nacional de Culturas Populares, México.

HALFFTER, G. 1957. Plagas que afectan a las distintas especies de Agave cultivadas en México. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México.

HART, L. 1991. Análisis modano de los alimentos.
Edit. Acribia Zaragoza España.

HOUSE, H. 1961. Insect nutrition.
Ann. Rev. Ent. 6: 13-26

HUFFAKER, C. 1984. Ecological entomology.
A Wiley-Interscience Publication, U.S.A.

LEZAMA, M. 1952. Historia, producción, industrialización y algunas plagas de los Agaves. Tesis. Universidad Autónoma de Chapingo.

MUÑOZ, J.L. 1986. Detección de minerales por espectrofotometría de absorción atómica en algunos insectos comestibles de la República Mexicana. Tesis de Licenciatura en Biología, ENEP Iztacala, UNAM.

OSBORNE, D. & VOOGT, P. 1986. Análisis de los nutrientes de los alimentos. Edit. Acribia Zaragoza, España.

PINO, J.M. 1978. Composición química de algunas especies de insectos comestibles del estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura en Biología, Fac. Ciencias, UNAM.

RAMOS-ELORDUY, J. & PINO, J.M. 1979. Insectos comestibles del Valle del Mezquital y su valor nutritivo. An. Ins. Biol. UNAM. (1): 563-574.

RAMOS-ELORDUY, J. & PINO, J.M. 1987. Los insectos como fuente de proteína en el futuro. 2a. Ed. Edit. Limusa México.

ROMERO, L. 1984. Composición química de algunos insectos comestibles del estado de Puebla. Tesis de Licenciatura en Biología, ENEP Iztacala, UNAM.

SECRETARIA DE GOBERNACION Y GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO. 1988. Los municipios del Estado de México. Colección Enciclopedia Municipios de México.

SEGURA, J. 1901. El maguey y su cultivo. 4a. Ed. Imprenta particular de las Agrícolas Mexicanas, México