

37



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

DETERMINACION DEL VALOR NUTRITIVO DEL
CHAPULIN *Sphenarium purpurascens* Ch.
(ORTHOPTERA: PYRGOMORPHIDAE),
COMO ALIMENTO PARA EL SER HUMANO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A :
EZEQUIEL VILCHIZ JAIMEZ

DIRECTORA: DR. SARA ESTHER VALDES MARTINEZ

ASESORAS: M. C. CAROLINA MORENO RAMOS

BIOL. AURORA VAZQUEZ MORA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

2000

2000



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.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

VERDAD NACIONAL
 JUSTICIA
 LIBERTAD

ASUNTO. VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
 PRESENTE

ATN: Q. Ma del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Determinación del valor nutritivo del chapulín Sphenarium purpurascens Ch
(Orthoptera pyrgomorphidae) como alimento para el ser humano".

que presenta el pasante. VILCHIZ JAIMEZ EZEQUIEL
 con número de cuenta: 8738608-0 para obtener el TITULO de
INGENIERO AGRICOLA

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo de Méx, a 22 de Febrero de 199 9

PRESIDENTE M.C. JOSE DIONISIO GARZA M.

VOCAL DRA. SARA E. VALDEZ MARTINEZ

SECRETARIO M.C. MARIA Y. CUERVO USAN

PRIMER SUPLENTE ING. ANGEL CASADO HERNANDEZ

SEGUNDO SUPLENTE ING. JOSE L. SANCHEZ GONZALEZ

AGRADECIMIENTOS

Al *ser todo poderoso* un profundo agradecimiento por las grandes maravillas del mundo.

A *México* en especial *al pueblo* de este país, que hace posible la educación en todos los niveles

A la *UNAM* por darme el honor de pertenecer a esta casa y otorgarme una de las cosas más valiosas de la vida una carrera universitaria.

A la Dra. *Sara Esther Valdés Martínez* por guiar acertadamente este trabajo y por su apoyo incondicional en estos últimos años.

A la M. C. *Carolina Moreno Ramos* por su gran aportación y dedicación para terminar esta última etapa de estudiante.

A la Biol. *Aurora Vizquez Mora* por su instrucción y ayuda tanto, durante mi formación académica como en la realización de este trabajo.

Al Dr. *Rene Miranda Rivalcava*, por su gran profesionalismo y su gran aportación a esta tesis.

Además a toda la sección de química orgánica a maestros y compañeros que de una forma directa e indirecta me dieron su ayuda.

A la Q.F.B. *Patricia Miranda* por su ayuda otorgada.

A la Dra. *Susana Mendoza Claira* por todas las molestias que le cause.

Al jurado de esta tesis por sus aportaciones para mejorarla

M.C. *Dionisio Garza Mallos*

M:C: *Maria del Yazzmin Cuervo Usan*

Ing. *Angel Cavada Hernandez*

Ing. *José Leonardo Sánchez González*

A la Ing. Agrícola *Martha Rodríguez Ramírez* por su ayuda aportada incondicionalmente a este trabajo

A la Ing alimentos *Claudia Acosta Santana* por su paciencia en la aportación de sus conocimientos

A la Q *Olivia Noguez Córdoba* un sincero agradecimiento por el tiempo que dedicó e realizar esta tesis.

Al QFB. *Roberto C. Osuna Morales* por su aportación otorgada.

A mi amigo *Sergio García Hernández* por su sincera amistad.

A los compañeros de carrera *Rafael Martínez Mendoza, Salvador Buendía Sánchez y Luciana Valdez Esquivel* por la convivencia.

A la Ing. Agrícola *Asunción Martínez Vázquez* por su gran ayuda desinteresada durante la realización del presente trabajo.

A banda compuesta en su mayoría por 13avos (*Angel, Araceli, Emilio, Gustavo, Rosa y Juan*), por una contadora (*Angélica*), por una séptima. (*Olivia*), y por un octavo (*José Angel*), por esas gratas reuniones y por todo lo demás.

Al futuro colega *Hector P. Hernández Huerta* por la amistad

A *Abelardo Calderón Frausto* por su amistad y por tener en común la carrera universitaria y el mismo lugar de origen.

Y demás compañeros de la 15ava (90-94) generación de la carrera de Ingeniería agrícola.

DEDICATORIAS

A mis padres *Ana María Prisciliana Jaiméz Ayala* y *Austreberto Vilchiz Ceja* por todo lo que me han dado en la vida.

A mis hermanos *Emma, Jereza* y *Benjamín* por formar esta familia.

A mis sobrinos, *Gustavo, Margarita, Antonio, Marcela, Sergio, Leicicia, Evangelina, Jesús, Juan Rey (†), Evelia, Guadalupe, Gerardo, Benjamín, José, María, Elna, Mariela, Ana María, Marco Erik, Laura Adilana*.

A la nueva generación: *Luis Angel, Paulina Elizabeth, Yalizareth, Esteban, Sergio, Esmeralda Lizeth, Yanulet, Ana Laura, Estefany Lizeth* y a la más joven que por vivir tan lejos y no tener comunicación no se como te llamas.

A mi tío y padrino *Gabino Jaiméz Ayala*.

A *Guadalupe, Francisco* y *Anastasio*, los cuales ya pertenecen a la familia.

A los Abuelos: a los que ya se fueron y a la que vive.

A *Maricela Carrillo Ramos* por que fuiste la motivación para terminar la carrera, por los momentos que vivimos y planeamos juntos, por lo que llegamos hacer, y por otras tantas cosa que definitivamente no podremos realizar.

A su valle, sus cerros, y a toda la gente del Ejido *Jose María Tafolla* Municipio de José Sixto Verduzco Estado de Michoacan.

ÍNDICE.

TABLAS Y FIGURAS.	VII
OBJETIVOS	VIII
HIPÓTESIS	VIII
INTRODUCCIÓN	IX
GENERALIDADES	1
1.- Descripción del chapulín (<i>S. purpurascens</i> Ch.)	2
1.1.- Taxonomía	3
1.2. - Ciclo de vida	3
1.3. - Descripción morfológica	4
2.- Importancia del chapulín como plaga	9
3.- Importancia del chapulín como alimento	11
4.- Proteína	11
5.- Minerales o cenizas	14
6.- Grasa	15
6.1. - Clasificación de las grasas	16
6.2. - Acidos grasos	17
7.- Quitina	20

8.- Cromatógrafo de gases en la determinación de ácidos grasos	20
8.1.- Espectrometría de masas	21
8.2.- Origen de la espectrometría de masas	21
8 3 - Usos de la espectrometría de masas	22
8 4.- Cromatógrafo de gases acoplado a un espectrometro de masas	22
MATERIALES Y MÉTODOS	24
RESULTADOS	32
ANÁLISIS DE RESULTADOS	33
CONCLUSIONES	39
REFERENCIAS	40
GLOSARIO	43
APÉNDICE	45

TABLAS Y FIGURAS.

Figura No. 1 Primer estadio	5
Figura No. 2 Segundo estadio	5
Figura No. 3 Tercer estadio	6
Figura No. 4 Cuarto estadio	7
Figura No. 5 Quinto estadio	7
Figura No. 6 Adulto macho	8
Figura No. 7 Adulto hembra	9
Tabla No. 1 Presupuesto para combatir el chapulín y la langosta en 1997 en la República Mexicana	10
Tabla No. 2 Contenido de proteína de algunos insectos, otros alimentos de origen animal y vegetal	13
Tabla No. 3 Contenido de cenizas de algunos insectos, alimentos de origen vegetal y animal	15
Tabla No. 4 Contenido de grasa de algunos insectos, alimentos de origen animal y vegetal	17
Tabla No. 5 Ácidos grasos saturados presentes en alimentos	18
Tabla No. 6. Ácidos grasos insaturados más comunes en los alimentos	19
Figura No. 8. Transterificación de una grasa	21
Figura No. 9. Esquema de un espectrómetro de masas	23
Tabla No. 7 Cantidad de reactivo que debe llevar cada tubo, para hacer la cuantificación de proteína por el Método de Löwry	29
Tabla No. 8 Métodos de desproteínización	29
Tabla No. 9 Análisis químico proximal	31
Tabla No. 10 Porcentaje de proteína cuantificada por la técnica de Takiguchi-Shimahara	32
Tabla No. 11 Ácidos grasos determinados en la grasa del chapulín	32
Tabla No. 12 Resultados de la comparación de medias	35
Tabla No. 13 Comparación de medias de los tres métodos para cuantificar proteína	36
Figura No. 10 Cromatograma de gases de la mezcla de reacción correspondiente a formación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos presentes en la grasa de <i>S. purpurascens</i> .	45

Figura No. 11. Serie (a – f) de esteres metilicos proporcionados por la base de datos del espectrómetro de gases al comparar los compuestos obtenidos de la reacción de transesterificación de la grasa de *S purpurascens*.

46

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar las propiedades nutritivas del chapulín *Sphenarium purpurascens*, Charpentier.

Objetivos particulares

- .- Determinar la composición química proximal del chapulín (*S purpurascens* Ch.).
- .- Evaluar el contenido de proteína del chapulín (*S purpurascens* Ch).
- .- Determinar el tipo de ácidos grasos presentes en el chapulín (*S purpurascens* Ch).

HIPÓTESIS.

De acuerdo con la literatura es elevado el contenido de proteína en el chapulín *S. purpurascens* por consiguiente se validara su valor nutritivo si se realiza un estudio comparativo que implique el empleo de diferentes métodos analíticos determinándose el porcentaje promedio de proteína así como los ácidos grasos presentes en la grasa correspondiente.

INTRODUCCIÓN

Los seres humanos en diferentes civilizaciones han consumido insectos por necesidad en ocasiones y otras veces por considerarlos una delicia. Las culturas del México antiguo tenían la costumbre de incluir en su dieta diferentes insectos que llegaron a ser demandados como impuestos a los pueblos dominados. Al respecto, para el chapulín del género *Sphenarium* único que se comercializa se informa en la literatura de un valor nutritivo el cual esta (familias Pyrgomorphidae y Acrididae) muy por encima de cualquier alimento tanto de origen vegetal como animal, esto en base al contenido de proteína (71.35%). Ante tal cantidad y debido a ciertos componentes (Nitrógeno por ejemplo) en esta especie, en el presente trabajo de tesis se realizó un estudio mediante el cual se utilizaron tres métodos diferentes para determinar este parámetro y comprobar que tan viable es que este insecto sea muy nutritivo. Los resultados obtenidos con las tres técnicas son totalmente diferentes; así el valor del contenido mayor es muy similar al reportado en la literatura, pero debido al modo de determinación no se considera confiable esta cantidad. A su vez los resultados correspondientes para el valor más bajo en función del método empleado se considera el más confiable. En cuanto a los minerales presentes en esta especie se observan diferencias significativas dado, supera por casi el doble al dato encontrado en la literatura. Finalmente en relación a la grasa se encontraron valores más aproximados en comparación a los previamente descritos, siendo conveniente mencionar de la presencia de 6 ácidos grasos comunes en los alimentos.

*Será inmundo para ustedes todo insecto
alado o que ande sobre cuatro patas;
pues de ellos solo podrán comer
la langosta y sus diferentes especies.*

Levítico II:20.

*No se deben ridiculizar los
hábitos alimenticios por el
solo hecho de ser diferentes.*

Marvin Harns antropólogo.

GENERALIDADES

Algunos escritos que manifiestan el consumo de insectos en tiempos antiguos son la Biblia, en el Antiguo Testamento dentro del Éxodo y el Levítico, se menciona del consumo de abejas, escarabajos y langostas; asimismo en el Nuevo Testamento, se menciona que Juan el Bautista se alimentaba de miel y langostas (Ramos, 1989). Por otro lado, en el imperio romano la aristocracia era entomófaga, en los banquetes decoraban sus platillos con langostas dulces. *Anteriormente en China, los pobres e indigentes consumían gusanos de seda, cigarras y grillos gigantes, los campesinos colectaban los capullos del gusano en la primavera, con el fin de matar el gusano sin estropear la seda, para lo cual colocaban los capullos en salmuera o bien los metían en el horno, y cuando ya estaban desovillados los secaban al sol y almacenaban para los meses de escasez* (Sacristán, 1998).

En México se desconoce el origen de la entomofagia por no contar con datos precisos que indiquen las razones que originaron esta costumbre, que ha llegado hasta nuestros tiempos, ya que se ha obtenido poca información de los códices y otros documentos escritos después de la conquista. Sin embargo hasta hoy existe la costumbre de la vermifagia (consumo de gusanos), en particular el gusano de maguey (*Acentroneme hesperiaris*), el cual es considerado como una delicia; y, otros cuyo consumo ya no se practica, es el gusano del maíz (*Heliothis zea*, y *Spodoptera frugiperda*) y algunos gusanos acuáticos (*Anax spp.*) (Ramos, 1989).

Las razones por las cuales los pobladores del México antiguo adoptaron el consumo de los insectos se pudo deber a varias causas, entre las que destacan: su abundancia (chapulines y otros insectos), su agradable sabor, por un conocimiento empírico transmitido de generación en generación, o por el valor nutricional de éstos. Así por ejemplo los escamoles formaban parte del tributo que se les daba a los aztecas en la época del emperador Moctezuma (Ramos, 1989).

El género *Sphenarium* era ya consumido hace muchos siglos costumbre que ha llegado hasta este siglo del cual se narra lo siguiente en la época de la colonia:

“ay otras langostas que llaman xopanchali, que quiere dezir langostas de verano son grandes y gruesas, no voelan sino andan por tierra comen mucho los frijoles, unas dellas son prietas, otras pardillas, otras verdes, suelen las comer” (Ramos, 1989).

Este género tiene una enorme importancia debido a que es el único chapulín que se comercializa en México teniendo una gran aceptación en varias partes de la república donde se llega a consumir hasta vivo (Ramos, 1987).

A nivel internacional el consumo de insectos se ha dado en muchos países, existiendo tres zonas importantes de mayor consumo de insectos: el centro y norte de Latinoamérica, el centro y sur de África, y Asia casi en su totalidad. En Nueva Guinea los insectos forman parte de la dieta de los habitantes, en Tailandia consumen con gran gusto las langostas fritas, grillos e insectos acuáticos, en Zimbabwe las larvas son consumidas con placer, los indios tatuyas de Colombia y Brasil consumen 20 especies diferentes, de las cuales el 75 % se consumen en estado larvario, en Ghana cuando aparecen las primeras lluvias las termitas emergen de la tierra y estas son consumidas fritas o asadas (Sacristán, 1998), otros insectos que se consumen son: las hormigas mieleras en Estados Unidos y Francia, larvas de mariposa en Rhodesia, langostas en los países árabes. Así en total se tienen registradas 628 especies comestibles en el planeta, de las cuales en México existen 247 (Ramos, 1989).

1. – Descripción del chapulín (*S. purpurascens* Ch.)

Insecto de color grisáceo, café-verdoso y moteado, de aparato bucal masticador, antenas filiformes multisegmentadas y más cortas que el cuerpo, patas saltadoras de 3 artejos, insecto áptero, hemimetabolo, la parte central del cuerpo más ensanchada que los extremos, se presenta en diversos climas y en varios estados de la República Mexicana

El género *Sphenarium* era ya consumido hace muchos siglos costumbre que ha llegado hasta este siglo del cual se narra lo siguiente en la época de la colonia

“ay otras langostas quede llaman xopanchali, que quiere dezir langostas de verano son grandes y gruesas, no voelan sino andan por tierra comen mucho los frijoles, unas dellas son prietas, otras pardillas, otras verdes, suelen las comer” (Ramos, 1989).

Este género tiene una enorme importancia debido a que es el único chapulín que se comercializa en México teniendo una gran aceptación en varias partes de la república donde se llega a consumir hasta vivo (Ramos, 1987).

A nivel internacional el consumo de insectos se ha dado en muchos países, existiendo tres zonas importantes de mayor consumo de insectos: el centro y norte de Latinoamérica, el centro y sur de África, y Asia casi en su totalidad. En Nueva Guinea los insectos forman parte de la dieta de los habitantes, en Tailandia consumen con gran gusto las langostas fritas, grillos e insectos acuáticos, en Zimbabwe las larvas son consumidas con placer, los indios tatuyas de Colombia y Brasil consumen 20 especies diferentes, de las cuales el 75 % se consumen en estado larvario, en Ghana cuando aparecen las primeras lluvias las termitas emergen de la tierra y estas son consumidas fritas o asadas (Sacristán, 1998), otros insectos que se consumen son: las hormigas mieleras en Estados Unidos y Francia, larvas de mariposa en Rhodesia, langostas en los países árabes. Así en total se tienen registradas 628 especies comestibles en el planeta, de las cuales en México existen 247 (Ramos, 1989).

1. – Descripción del chapulín (*S. purpurascens* Ch.)

Insecto de color grisáceo, café-verdoso y moteado, de aparato bucal masticador, antenas filiformes multisegmentadas y más cortas que el cuerpo, patas saltadoras de 3 artejos, insecto áptero, hemimetabolo, la parte central del cuerpo más ensanchada que los extremos, se presenta en diversos climas y en varios estados de la República Mexicana

1.1. Taxonomía

REINO	Animal.
PHYLLUM	Arthropoda.
SUBPHYLLUM	Unirramia.
SUPERCLASE	Hexapoda.
CLASE	Insecta.
SUBCLASE	Pterygota.
DIVISIÓN	Exaterygota
ORDEN	Orthóptera
SUBORDEN	Caelifera.
SUPERFAMILIA	Acridoidea.
FAMILIA	Pyrgomorphidae.
SUBFAMILIA	Pyrgomorphinae.
TRIBU	Sphenarini.
SUBTRIBU	Sphenarina.
GENERO	<i>Sphenarium</i> .
ESPECIE	<i>S. purpurascens</i> .

Fuente : Barrientos, 1992

1.2 - Ciclo de vida

S. purpurascens Ch, las primeras ninfas viven 15 días, después de lo cual mudan quedando la ninfa del segundo estadio que vive 12 días. Las ninfas del tercer estadio se distinguen por su tamaño y movilidad, tardan 14 días. Las ninfas del cuarto estadio mudan después de 21 días notándose que su movilidad aumenta considerablemente. La ninfa del quinto estadio tarda 23 días para llegar a adulto. La longevidad del adulto es de 86 días; siendo en total su ciclo de vida de 171 días en un ambiente de laboratorio (Serrano, 1989).

1.3.- Descripción morfológica

Cópula.- Se efectúa con mayor frecuencia por las tardes, a los ocho días después de que las ninfas llegan al estado adulto por lo que ya se considera a estos individuos sexualmente maduros. El acoplamiento dura de 6 a 7 horas, en repetidas ocasiones los adultos adoptan la posición de cópula, pero sin la unión de los genitales lo que se supone que es un mecanismo para conservar el calor (Cueva del Castillo, 1994).

Oviposición.- Se lleva a cabo 4 a 5 días después de la cópula, para realizarla la hembra camina en un determinado sitio antes de introducir el abdomen, se cree que las hembras primero hacen intentos de oviposición, para tratar de localizar un sitio adecuado después de esta acción entierran el cuerpo hasta el nivel del tórax, ovipositan por contracciones del abdomen durante un promedio de 4 horas. Los huevecillos son puestos a una profundidad de 3 cm., en paquetes envueltos en una sustancia blanquecina que se endurece y adquiere un color pardo. Una vez que ha ocurrido la oviposición, la hembra retira el abdomen observando a estas como si fueran de un tamaño mucho menor; en este acto pierden parte del abdomen muriendo horas después (Alfaro, 1995).

Huevecillos.- Las hembras ovipositan una ooteca que contiene un promedio de 29 huevecillos, estos miden 0.4 mm. de longitud. Son ovalados y con los extremos aguzados. La membrana de cada huevecillo, observada al microscopio presenta una cubierta que está compuesta de numerosas cavidades de estructura de tipo hexagonal, semejante a un panal de avispa. Son de color pardo brillante y presentan zonas de los polos oscurecidas.

En el primer estadio: Las ninfas miden 0.6 cm de largo, son de color pardo muy pálido con manchas a manera de puntuaciones más o menos circulares de color pardo oscuro, negro o ambos, uniformemente distribuidas en todo el cuerpo; la cabeza es proporcionalmente más grande que el resto del cuerpo en el que destacan los ojos por su dimensión: Las antenas se notan gruesas en proporción al cuerpo y consta de 8 artejos. Los tres pares de patas son delgados y presentan hileras de pequeñas espinas. Las uñas de los

tres pares de patas están muy desarrolladas, presentando una a cada lado del último segmento tarsal. Los segmentos abdominales son muy pequeños pero ya presentan cercos en la parte terminal. El sexo puede identificarse en este estadio sobre todo en los machos, en los que se observa claramente la placa genital; en las hembras en cambio las valvas apenas se distinguen (Figura 1).

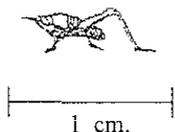


Figura No.-1 Primer estadio

En el segundo estadio. Estas ninfas miden 0.8 cm., el cuerpo es fusiforme pero con la cabeza un poco más alargada. El color pardo pálido se torna más oscuro y las manchas del cuerpo se vuelven más aparentes. Las antenas son más oscuras y constan de ocho artejos. Los bordes anterior y posterior del pronoto se presentan más oscuros, y más aún la parte distal de cada segmento tarsal. En la tibia de cada pata, se notan, en la cara extrema, dos hileras de espinas que se van engrosando de la parte basal a la distal, siendo más gruesas las del último par de patas, en donde al final de cada hilera de espinas llevan dos espolones. La parte distal de cada tibia tiene un color pardo oscuro. Las uñas de los tarsos se han desarrollado un poco más (Figura No. 2).

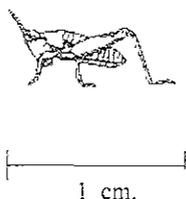


Figura No.-2 Segundo estadio

En el tercer estadio. La ninfa mide 10 mm. Las manchas oscuras de la cabeza y cuerpo, que eran de forma circular, se vuelven de forma irregular y variadas en tamaño, siendo anchas o angostas, sin un patrón de coloración definido, varían entre tonalidades de color verde, amarillo, gris, pardo o negro, en diferentes proporciones y en diferentes partes del cuerpo. Las manchas de las antenas se hacen más aparentes. Los ojos, son muy prominentes, presentan pigmentación, sin seguir un patrón definido. En la parte lateral de la cabeza, en las genas y en la parte lateral del pronoto, aparecen puntuaciones gruesas que asemejan pequeños tubérculos. Aparecen los esbozos alares en forma de almohadillas ovaladas, en la parte lateral del torax, en la unión de la coxa con el metatorax. Las patas se ven más largas y la mancha parda de la parte distal de las tibiae se acentúa. Los genitales aumentan de tamaño, siendo por ello fácil la diferenciación de los sexos (Figura No. 3).

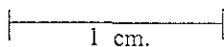


Figura No.- 3 tercer estadio

El cuerpo en el cuarto estadio es fusiforme mide 16 mm., es más ensanchada la parte media, la ninfa presenta un aspecto robusto y una coloración más definida, aunque la forma y color de las manchas varía mucho de un individuo a otro. Las antenas se componen de catorce artejos. Los ojos presentan, en algunos casos rayas de color pardo alternantes con amarillo sobre un fondo pardo claro (Figura No.4). Los esbozos alares han crecido en forma de almohadillas más finas, oblongas y de color obscuro, esta coloración de los esbozos alares es variable entre los individuos y se encuentran ya fuera de la cobertura del pronoto. No se distinguen esbozos alares metatorácicos. Las patas se vuelven más vigorosas aumentando de grosor, sobre todo los fémora del tercer par. Las espinas de las patas se engrosan. Los genitales externos se hacen más evidentes.

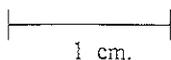
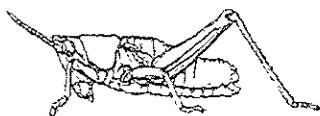


Figura No.-4 Cuarto estadio

Las ninfas del quinto estadio: miden 20 mm. Su cuerpo se alarga aún más por la distensión de los segmentos abdominales. Las antenas se vuelven largas y delgadas, constan de catorce artejos. Los ojos se observan más grandes, globulosos y de color negro. Los esbozos alares se ven más alargados y más aparentes. (Figura No 5) Las patas se ven más gráciles, pero las espinas y las uñas aumentan de tamaño, se vuelven más robustas. Las patas del tercer par se distinguen de las dos anteriores por su tamaño y el gran desarrollo del fémur, en el que se ven claramente los paquetes musculares. Las partes que componen los genitales externos se distinguen perfectamente sólo que aún no están esclerosados como en los adultos.

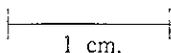
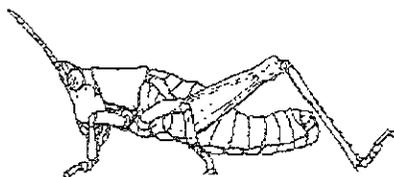


Figura No.-5 Quinto estadio

Adulto macho Miden 2.07 cm. de largo por 0.78 cm. en su parte más ensanchada. Generalmente son más delgados que las hembras, presentando una coloración más variable que va desde pardo muy oscuro a verde olivo brillante, habiendo individuos que presentan manchas negras

en todo el cuerpo. La cabeza es mucho más alargada que la de las ninfas. Los ojos son muy prominentes en relación al tamaño de la cabeza que es de forma triangular. Las antenas se observan alargadas y constan de catorce artejos. (Figura No. 6) El pronoto se observa como una silla de montar, en el mesonoto se presentan los esbozos alares, vestigiales, que llegan hasta la parte lateral del primer segmento abdominal. Las patas son robustas, siendo más notorios los del tercer par de patas, que son las de tipo saltador, la coloración de las patas varía mucho en tonalidades, pero mantiene el patrón ya mencionado en las ninfas. Los segmentos abdominales son en general más oscuros en posición dorsal que lateral y ventral, se ven más largos que en las ninfas y se diferencian claramente los nueve segmentos.

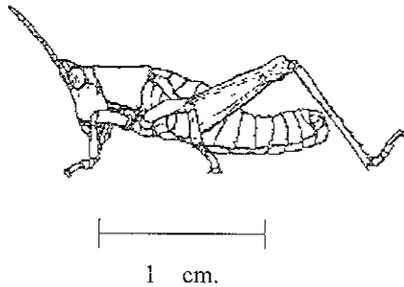
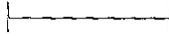
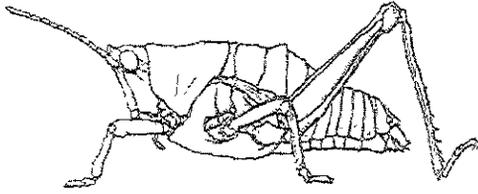


Figura No.-6 Adulto macho

Hembra adulta Las hembras adultas son más robustas que los machos debido al ensanchamiento que sufren en la parte correspondiente al meso y metatorax. Miden 2.10 cm. de largo por 0.83 cm. en su parte más ensanchada. La coloración es más constante, pues la mayoría de los individuos son de color verde brillante y sin manchas aparentes en la región dorsal como las que se observan en los machos (Figura No. 7). La cabeza es más ensanchada y más larga. Las antenas se notan más cortas que en el macho aunque constan de catorce artejos. Las patas de las hembras se ven más gráciles y los fémora menos desarrollados que los de los machos (Serrano, 1989).



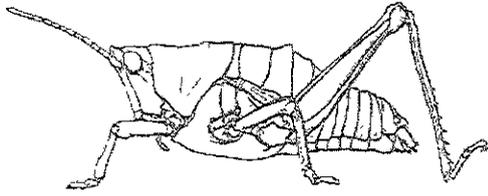
1 cm.

Figura No.-7 Adulto Hembra

2.- Importancia del chapulín como plaga.

En México los chapulines han causado grandes destrucciones, se cree estos fueron uno de los factores para la desaparición de las culturas tolteca y maya. El dato más antiguo en el continente americano sobre este insecto se encuentra en el libro sagrado de los quichés “ el Popol Vuh ”, donde se narran las migraciones de ciertos pueblos provocadas por hambre desatada por el chapulín (Marquez, 1963)

La especie *S. purpurascens* Ch., tiene una amplia distribución que abarca una área considerable que va desde la parte central de la República Mexicana hasta Centroamérica (Guatemala y Belice). Esta especie es un insecto polífago que se alimenta generalmente de frijol cuyo ataque es más fuerte durante las etapas de desarrollo vegetativo, en el caso del maíz el chapulín causa daños más serios cuando el cultivo emerge y en etapas más adelante consume los estigmas del elote ocasionando severas pérdidas, además causa defoliaciones parciales y totales independientemente del estado de desarrollo en cultivos como la alfalfa, calabaza, melón, sandía, pastos y algunos frutales en especial las rosáceas, aunque también se alimenta de plantas silvestres como el gigantón (*Tithonia tubaeformis*) (Barrientos, 1992).



1 cm.

Figura No.-7 Adulto Hembra

2.- Importancia del chapulín como plaga.

En México los chapulínes han causado grandes destrucciones, se cree estos fueron uno de los factores para la desaparición de las culturas tolteca y maya. El dato más antiguo en el continente americano sobre este insecto se encuentra en el libro sagrado de los quichés “ el Popol Vuh ”, donde se narran las migraciones de ciertos pueblos provocadas por hambre desatada por el chapulín (Marquez, 1963).

La especie *S. purpurascens* Ch., tiene una amplia distribución que abarca una área considerable que va desde la parte central de la República Mexicana hasta Centroamérica (Guatemala y Belice). Esta especie es un insecto polífago que se alimenta generalmente de frijol cuyo ataque es más fuerte durante las etapas de desarrollo vegetativo, en el caso del maíz el chapulín causa daños más serios cuando el cultivo emerge y en etapas más adelante consume los estigmas del elote ocasionando severas pérdidas, además causa defoliaciones parciales y totales independientemente del estado de desarrollo en cultivos como la alfalfa, calabaza, melón, sandía, pastos y algunos frutales en especial las rosáceas, aunque también se alimenta de plantas silvestres como el gigantón (*Tithonia tubaeformis*) (Barrientos, 1992).

En el año de 1997 para el control de la langosta y el chapulín se empleó un presupuesto total de 6.25 millones de pesos (Tabla No. 1), en 13 estados de la república el cual fue utilizado en estrategias tales como: detección de la emergencia de la plaga, combate oportuno de brotes, investigación sobre búsqueda, evaluación y validación de agentes de control biológico además de la capacitación y la divulgación de esta campaña. Las metas logradas fueron la exploración y muestreo de 433,500 ha., se combatió al chapulín y langosta en 30,000 ha., empleándose el control biológico en 2,300 ha., realizando 68 eventos de capacitación con la participación de 1,200 personas además de la edición y distribución de 39,100 impresos y 436 mensajes alusivos a la campaña, beneficiando 46,600 productores

Tabla No. 1 Presupuesto para combatir el chapulín y la langosta en 1997 en la República Mexicana.

Dependencia	Millones de pesos.
Aportación federal	2.84
Aportación estatal	2.10
Aportación de productores	1.31
Total	6.25

Fuente: SAGAR 1998.

En el año de 1998 se protegieron utilizando control biológico y químico 25,353 has. cultivadas en 9 entidades donde se realiza la lucha contra el chapulín y la langosta protegiendo principalmente cultivos básicos, industriales, pastizales, frutales y hortalizas, mediante la vigilancia de áreas de infestación y posibles invasiones, permitiendo detectar con oportunidad la formación de mangas y el control de éstas, evitando la pérdida en la producción en más de 2, 000,000 has. de diversos cultivos, cuyo valor aproximado es de 5 millones de pesos, beneficiando directamente a 120,979 productores (SAGAR, 1998).

3. – Importancia del chapulín como plaga

En cuanto a la importancia nutritiva del chapulín la bibliografía considera a varias especies de las familias Pyrgomorphidae y Acrididae como insectos nutritivos comparado con otros y con alimentos de origen animal y vegetal. El contenido de proteína, considerado el factor más importante en el valor nutritivo de este insecto, se puede observar en la tabla 2, donde de las 6 primeras especies, (excepto *Poliestes major* del orden Hymenoptera de la familia vespidae) 5 que son orthopteros superando por mucho a los demás insectos y alimentos tanto de origen animal como vegetal. En cuestión de grasa las especies de esta familia tienen un porcentaje menor al 7 % (*Taniopoda spp* 6.06 %, *S. histrio* 4.22 %, *S. Purpurascens* 6.52 %, *Melanoplus mexicanus* 4.20%) aunque la grasa es necesaria para el organismo, se recomienda que el consumo no sea en exceso. El contenido de minerales es menor al 4 % en las cuatro especies (*Taniopoda sp.* Adulto 3.95 %, *S histrio* G. Ninfas 2.44 %, *S. purpurascens* Ch. Adulto 2.41 %, *M. mexicanus* Adulto 2.40 %), de los orthopteros. Esta cantidad se puede considerar baja comparando estas cifras con la tabla 3, donde en él no aparece ninguna especie de este orden. Por lo tanto son 3 factores (proteína, grasa y minerales) los que hacen de los orthopteros los insectos que presentan el mayor potencial como alimento (Ramos 1987).

4. - Proteína

Existen varios métodos de clasificación de las proteínas, pero los principales están basados en la composición, forma, solubilidad y la función biológica de éstos biopolímeros. Las proteínas simples son aquellas que están compuestas exclusivamente de aminoácidos, mientras que las conjugadas contienen, además un grupo no proteico. Las glucoproteínas son las que tienen una fracción de carbohidrato que es generalmente un monosacárido o algún derivado nitrogenado. Las lipoproteínas se encuentran en la sangre y forman parte estructural de muchas células siendo los fosfolípidos, triglicérido y el colesterol. Las nucleoproteínas son complejos de proteína y ácidos nucleicos y su importancia radica en las funciones biológicas que desempeñan (Cheftel, 1989).

3. – Importancia del chapulín como plaga

En cuanto a la importancia nutritiva del chapulín la bibliografía considera a varias especies de las familias Pyrgomorphidae y Acrididae como insectos nutritivos comparado con otros y con alimentos de origen animal y vegetal. El contenido de proteína, considerado el factor más importante en el valor nutritivo de este insecto, se puede observar en la tabla 2, donde de las 6 primeras especies. (excepto *Poliestes major* del orden Hymenoptera de la familia vespidae) 5 que son orthopteros superando por mucho a los demás insectos y alimentos tanto de origen animal como vegetal. En cuestión de grasa las especies de esta familia tienen un porcentaje menor al 7 % (*Taniopoda spp* 6.06 %, *S. histrio* 4.22 %, *S. Purpurascens* 6.52 %, *Melanoplus mexicanus* 4.20%) aunque la grasa es necesaria para el organismo, se recomienda que el consumo no sea en exceso. El contenido de minerales es menor al 4 % en las cuatro especies (*Taniopoda sp.* Adulto 3.95 %, *S. histrio* G. Ninfas 2.44 %, *S purpurascens* Ch. Adulto 2.41 %, *M. mexicanus* Adulto 2.40 %), de los orthopteros. Esta cantidad se puede considerar baja comparando estas cifras con la tabla 3, donde en él no aparece ninguna especie de este orden. Por lo tanto son 3 factores (proteína, grasa y minerales) los que hacen de los orthopteros los insectos que presentan el mayor potencial como alimento (Ramos 1987)

4. - Proteína

Existen varios métodos de clasificación de las proteínas, pero los principales están basados en la composición, forma, solubilidad y la función biológica de éstos biopolímeros. Las proteínas simples son aquellas que están compuestas exclusivamente de aminoácidos, mientras que las conjugadas contienen, además un grupo no proteico. Las glucoproteínas son las que tienen una fracción de carbohidrato que es generalmente un monosacárido o algún derivado nitrogenado. Las lipoproteínas se encuentran en la sangre y forman parte estructural de muchas células siendo los fosfolípidos, triglicérido y el colesterol. Las nucleoproteínas son complejos de proteína y ácidos nucleicos y su importancia radica en las funciones biológicas que desempeñan (Cheftel, 1989).

Por su función biológica pueden clasificarse como: enzimas, proteínas de transporte, de reservas y nutritivas, contráctiles y motiles, estructurales, de defensa, reguladoras (Fenneme, 1989).

Las proteínas pueden dividirse en dos grandes clases sobre la base de su forma y ciertas características físicas; son éstas globulares y fibrosas. En las proteínas globulares la cadena polipeptídica o cadenas se hallan plegadas de modo muy compacto, adoptando formas esféricas o globulares. Las proteínas globulares son habitualmente solubles en sistemas acuosos y se difunden con facilidad. Las proteínas fibrosas son insolubles en el agua, tienen moléculas finas y alargadas, con las cadenas polipeptídicas extendidas a lo largo de un eje en lugar de hallarse plegadas en forma globular. La mayor parte de las proteínas fibrosas desempeñan un papel protector o estructural, ejemplo: colágeno, elastina, queritina, miosina y actina entre otras (Lenninger, 1991).

Las proteínas están constituidas por: nitrógeno, azúfre y fósforo además de otros compuestos. Son importantes por ser la base de toda célula viviente, proporcionan los materiales que constituyen los tejidos, los músculos, los huesos, las glándulas, los órganos internos, el sistema nervioso, la sangre, el cabello y las uñas. Toda persona debe consumir diariamente un mínimo de un gramo de proteínas por cada kilo que pese. En el organismo evitan la sensación del hambre e impiden la marchitez de la piel. Aunque en algunas personas pueden provocar hipersensibilidad, alergia y en algunos casos pueden resultar tóxicas; esto se debe a que inundan los tejidos y órganos sustancias tóxicas, produciéndose con mayor intensidad cuando las proteínas son de origen animal. (Avila, 1984). El déficit de consumo de proteína ocasiona en niños y adolescentes efectos adversos que van desde el retraso hasta la suspensión completa del crecimiento, en los adultos produce flexibilidad de los tejidos musculares y fatiga. (Badui, 1990). En la tabla 2, se puede observar la enorme diferencia que existe entre los insectos, los vegetales y otros alimentos de origen animal, destacando que en su etapa adulta los insectos tienen el mayor porcentaje de proteína, esto se puede ver en las primeras siete especies, con excepción de *Sphenarium histrio* de la cual su análisis fue en etapa de ninfa.

Tabla No. 2 Contenido de proteína de algunos insectos y otros alimentos de origen animal y vegetal.

Fuente.	Proteína %
Chapulín (<i>Melanoplus mexicanu</i>), adulto *	77.63
Chapulín (<i>Sphenarium histrio</i>), ninfas. *	77.33
Chapulín (<i>Schistocerca sp.</i>), adulto. *	75.00
Avispa (<i>Polistes major</i>), adulto.*	71.99
Chapulín (<i>Sphenarium purpurascens</i>), adulto.*	71.35
Chapulín (<i>Taniopoda sp.</i>), adulto.*	70.92
Oruga (<i>Eucheira ovatus</i>), adulto.*	67.69
Avispa (<i>Polybia nigratella</i>), estados inmaduros.*	62.93
Avispa (<i>Vespula squamosa</i>), estados inmaduros.*	62.85
Avispa (<i>Brachygastra azteca</i>), estados inmaduros.*	62.74
Avispa (<i>Polybia occidentalis bohemia H</i>), estados inmaduros.*	61.57
Langostino (<i>Palinurus interruptus</i>)	45.00
Harina de soya (<i>Glycine max</i>)	43.00
Bacalao seco (<i>Gadus morhua</i>)	40.00
Soya (<i>Glycine max</i>)	37.00
Atún en conserva (<i>Thunnus alalunga</i>)	35.00
Queso gruyere	33.00
Queso manchego	32.50
Caviar	32.00
Haba. (<i>Vicia faba</i>)	30.00

*INSECTO.

5. – Minerales o cenizas

Los minerales son indispensables para el buen funcionamiento del organismo humano, su déficit puede provocar serios problemas de salud. Los minerales son importantes, ya que intervienen en varias funciones, por ejemplo: el azufre, el fósforo, el cloro, el sodio, el hierro, el potasio, el magnesio, sirven para formar y reparar los tejidos, el hierro es necesario para formar el pigmento rojo de la sangre, el manganeso y el cobre facilitan la asimilación del hierro; el fósforo y el azufre son necesarios para formación de moléculas de proteínas. (Badui, 1990) El fósforo, el calcio y el magnesio participan en la formación de huesos y actúan en la transportación de los ácidos grasos, el cloro tiene una presencia importante en la digestión gástrica por el ácido clorhídrico.

El déficit de minerales se traduce en grandes problemas para la salud, por ejemplo: la falta de hierro produce anemia, la falta de zinc detiene el crecimiento y aumenta la mortalidad, el manganeso ocasiona esterilidad si su porcentaje de consumo es muy bajo, el yodo da lugar a la hipertrofia de tiroides o bocio, la falta de cobre tiene como consecuencia la aparición de canas prematuras (Avila, 1984).

El consumo excesivo de minerales puede por su parte causar serios problemas al organismo, las consecuencias se traducen en efectos graves como la hipertensión arterial e incluso pueden provocar consecuencias fatales, por lo que se recomienda que el consumo diario para un adulto sea de 5 a 6 g (Badui, 1990).

En la tabla No. 3, las dos primeras especies (un insecto y un vegetal) superan por un porcentaje muy alto a todas las demás especies, entre las restantes la diferencia no es tan notoria, alternándose insecto y vegetal, ya que no se encontró el porcentaje de otro producto animal que pudiese compararse con los presentados en esta tabla.

Tabla No. 3 Contenido de cenizas de algunos insectos y alimentos de origen vegetal y animal.

Fuente	Cenizas %
Mosca (<i>Ephyora hians</i> S.) Larva.*	31.12
Chícharo seco (<i>Pisum sativum</i>).	22.70
Gallina ciega (<i>Phyllophaga Sp.</i>), larva.*	9.26
Mariposa (<i>Arsenura armida</i> C.), larva.*	8.23
Levadura de cerveza (extracto seco)	7.90
Avispa (<i>Liometopum apiculatum</i> M.), estado inmaduro de obrera.*	7.85
Mariposa (<i>Eucheira socialis</i> W.), larva.*	6.80
Alcachofa (<i>Cynara scolymus</i> L.)	6.50
Mariposa (<i>Latebraria amphipyriodes</i>) C., larva.*	6.09
Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	5.80
Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> M.)	5.50
Hormiga (<i>Atta cephalotes</i> L.) Larvas, pupas, obreras adultas.*	5.36
Avispa (<i>Liometopum apiculatum</i> M.) Estados inmaduros de reproductoras.*	5.28
Cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	5.00

INSECTO *

6. - Grasa

La grasa y los aceites son los principales lípidos que se encuentran en los alimentos. Las grasas son triglicéridos sólidos, mientras que los aceites son líquidos a temperatura ambiente. Las principales fuentes naturales de este tipo de moléculas son los tejidos animales, las oleaginosas (girasol, ajonjolí), aguacate, cacahuete, nuez entre otras (Stanley, 1991).

Tabla No. 3 Contenido de cenizas de algunos insectos y alimentos de origen vegetal y animal.

Fuente	Cenizas %
Mosca (<i>Ephyora hians</i> S.) Larva.*	31.12
Chícharo seco (<i>Pisum sativum</i>).	22.70
Gallina ciega (<i>Phyllophaga Sp.</i>), larva.*	9.26
Mariposa (<i>Arsenura armida</i> C.), larva.*	8.23
Levadura de cerveza (extracto seco)	7.90
Avispa (<i>Liometopum apiculatum</i> M.), estado inmaduro de obrera.*	7.85
Mariposa (<i>Eucheira socialis</i>) W., larva.*	6.80
Alcachofa (<i>Cynara scolymus</i> L.)	6.50
Mariposa (<i>Latebraria amphipyriodes</i>) C., larva.*	6.09
Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	5.80
Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> M.)	5.50
Hormiga (<i>Atta cephalotes</i> L.) Larvas, pupas, obreras adultas.*	5.36
Avispa (<i>Liometopum apiculatum</i> M.) Estados inmaduros de reproductoras.*	5.28
Cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	5.00

INSECTO *

6. - Grasa

La grasa y los aceites son los principales lípidos que se encuentran en los alimentos. Las grasas son triglicéridos sólidos, mientras que los aceites son líquidos a temperatura ambiente. Las principales fuentes naturales de este tipo de moléculas son los tejidos animales, las oleaginosas (girasol, ajonjolí), aguacate, cacahuete, nuez entre otras (Stanley, 1991).

6.1. Clasificación de las grasas

- 1.- Lípidos simples, ésteres de ácidos grasos y alcoholes.
 - 1.1.- Grasas y aceites
 - 1.2.- Ceras

- 2.- Lípidos compuestos. Lípidos simples conjugados con moléculas no lipídicas
 - 2.1.- Fosfolípidos.
 - 2.2.- Glucolípidos.
 - 2.3.- Lipoproteínas.

- 3.- Compuestos asociados.
 - 3.1.- Ácidos grasos.
 - 3.2.- Alcoholes.
 - 3.3.- Hidrocarburos.
 - 3.4.- Vitaminas liposolubles.

Fuente: Badui, 1990

La importancia de la grasa para el organismo humano radica en la energía que le proporciona 9.3 cal/gr, es parte estructural de las membranas celulares, proporciona un abrigo natural contra el frío, actúa como aislante natural en los animales por no ser buen conductor de calor, y el tejido adiposo mantiene la temperatura del organismo. Las vitaminas A y B indispensables para el crecimiento; y la vitamina E; es requerida para la reproducción, es decir solo son solubles en grasa y la grasa les sirve como vehículo dentro del organismo (Avila, 1984).

La grasa en general se encuentra en diversas proporciones tanto en plantas como en animales. En los insectos el porcentaje de grasa varía aún en una misma especie, dependiendo del estado de desarrollo en que se encuentre, la mayor proporción de grasa corresponde al estado inmaduro generalmente a la larva.

Tabla No. 4 Contenido de grasa de algunos insectos y alimentos de origen animal y vegetal

Fuente	%
Nuez (<i>Corya illoensis</i>)	63.00
Mariposa (<i>Comandia redtenbachi</i>) larva*	56.55
Mariposa (<i>Araphalus afin rusticus</i>). Larva*	56.06
Almendra (<i>Prunus amygdalus</i>)	54.00
Coleóptero (<i>Schizophorus acupunctatus</i>). Larva*	51.68
Cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	50.00
Cacahuete tostado (<i>Arachis hypogaia</i>)	48.00
Chinche (<i>Euchistus Eggleston</i>) Adulto.*	45.12
Jamón york	44.00
Huevo en polvo	43.00
Coco (<i>Cocos nucifera</i>)	42.00
Chinche (<i>Euchistus zopilotensis</i>) *	41.68
Piñón (<i>Pinus cembroides</i>)	41.00

* INSECTO

Comparando el contenido de grasa de los insectos y otros alimentos no hay una diferencia tan marcada como sucede con la proteína, incluso la nuez supera en porcentaje al insecto con mayor cantidad de grasa, como puede observarse en la tabla No. 4. En lo que se refiere a los insectos con gran cantidad de grasa, destaca que la mayor proporción es en estado inmaduro (larva), a diferencia de lo que sucedió con la proteína que se encuentra en un alto porcentaje en los adultos.

6.2 Ácidos grasos

Los ácidos grasos se definen como ácidos monocarboxílicos de cadena alifática con número par de átomos de carbono, que pueden ser saturados o insaturados normalmente, son moléculas no ramificadas que contienen de 14 a 32 átomos de carbono se han identificado cientos de ellos que se localizan en los tejidos animales, vegetales así como en

ciertos microorganismos, aunque la mayoría de estos se encuentre en muy bajas concentraciones (Stanley, 1991).

Los ácidos grasos son importantes para el organismo pues este necesita una cantidad determinada que no puede sintetizar por sí mismo (ácidos linoléico y linoléico) Aunque la dosis necesaria de éstos es mínima en la dieta, sus funciones en el organismo son muy importantes por ejemplo: el ácido linoléico facilita las reacciones de asimilación de otros alimentos. La linoleína facilita la reabsorción del colesterol que puede ser responsable no solo de la arteriosclerosis sino también de cálculos biliares. las grasas animales que son pobres en linoleína deben ser evitadas en la alimentación de personas amenazadas por la arteriosclerosis (Avila, 1984).

Tabla No 5 Ácidos grasos saturados presentes en alimentos

Nombre Trivial	Nombre Sistematizado	Fórmula Condensada	Punto de Fusión (°C)	Punto de ebullición (°C)
Butírico	Butanico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	- 5.9	164
Caproico	Hexanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	- 3.4	206
Caprílico	Octanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	16.7	240
Cáprico	Decanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	31.7	271
Láurico	Dodecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	44.2	130
Mirístico	Tetradecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	54.4	149
Palmítico	Hexadecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	63.0	169
Estéarico	Octadecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	69.4	184
Araquídico	Eicosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	76.0	204
Behémico	Docosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	79.0	---
Lignocérico	Tetracosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	84.2	---
Cerótico	Hexacosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{24}\text{COOH}$	87.7	---

Fuente: Badui, 1990

Los ácidos grasos saturados no contienen ningún doble enlace en su molécula, este grupo de moléculas contiene principalmente de 4 a 24 átomos de carbono. su punto de fusión aumenta con el peso molecular o tamaño de la molécula los de 4 a 8 átomos de carbono son líquidos a 25° C, mientras que los ácidos de 10 átomos de carbono en adelante son sólidos, su solubilidad en agua es inversamente proporcional al peso molecular (Badui, 1990). Algunos de los ácidos grasos saturados más comunes en los alimentos se presentan en la tabla No 5

Tabla No. 6. Ácidos grasos insaturados más comunes en los alimentos

Nombre Trivial	Nombre Científico	Formula Condensada	Punto de Fusión (° C)
Palmitoleico	Cis-9-Hexadecenoico	$C_{15}H_{29}COOH$	- 0.5
Oleico	(Z)-9-Octadecenoico	$C_{17}H_{33}COOH$	13.0
Linoleico	(Z,Z)-9,12-Octadecadienoico	$C_{17}H_{31}COOH$	- 5.0
Linolénico	(Z,Z,Z)-9,12,15-Octadecatrienoico	$C_{17}H_{29}COOH$	- 11.0
Araquidónico	5,8,11,14-Eicosatetraenoico	$C_{19}H_{31}COOH$	- 49.5
Vaccénico	Trans-11-Octadecenoico	$C_{17}H_{32}COOH$	39.5
Gadoleico	Cis-11-Eicosenoico	$C_{19}H_{37}COOH$	23.5
Eurico	Cis-13-Docosenoico	$C_{21}H_{40}COOH$	38.0
Brasídico	Trans-13-Docosenoico	$C_{21}H_{40}COOH$	-----

Fuente: Badui 1990

Los ácidos grasos insaturados contienen uno o más dobles enlaces de carbono, por lo general el enlace doble está situado en la posición 9 y 10, (Neckers, 1980) estos compuestos tienen una gran actividad química ya que están propensos a transformaciones oxidativas y de isomeración. Son abundantes en los aceites vegetales y de las grasas extraídas de productos marinos. Su temperatura de fusión disminuye con el aumento de las dobles ligaduras y ésta es siempre menor que la de los saturados con la misma longitud de

cadena. Los que contiene una sola insaturación se les llama monoenoicos o monoinsaturados y los de más de una se les denomina polienoicos o poliinsaturados (Badui, 1990). Los ácidos grasos insaturados más comunes en los alimentos se presentan en la tabla No 6.

7.- Quitina

La quitina es un polímero de amplia distribución en la naturaleza, es un material resistente e insoluble en agua y en otros disolventes orgánicos comunes esta se diluye en ácidos y álcalis, no se degradada por las enzimas digestivas de los mamíferos (Cabeza, 1996). Se presenta en forma de cristales submicroscópicos o micelas, en la cutícula del insecto, los cuales se alinean formando fibrillas que tienden a orientarse en una misma dirección a nivel de la cutícula. La quitina es el componente más común de la cutícula aunque no rebasa el 50% de la composición total (Wiggleswort, 1978). La cutícula de *M. sanguinipes* está constituida por un porcentaje de 4.3 % de proteína soluble en agua y la quitina se encuentra en un 30.1%, en *Antheracea mylitta* la quitina constituye el 30.2 % acompañada de un 60.64 % de proteína (King 1984).

8.- La cromatografía de gases en la determinación de ácidos grasos

La cromatografía de gases es una técnica para la separación de compuestos volátiles, la separación se realiza con el empleo de las diferencias de reparto de los productos, dicho reparto tiene lugar entre un gas y un líquido, en ambos casos el gas es la fase móvil a través de la columna (compuesto básico de cualquier sistema cromatográfico) (Torre, 1971).

La cromatografía de gas-líquido ha sido un importante método para la determinación de los ácidos grasos, (Jamienson, 1965), estos deben primero ser convertidos en productos volátiles mediante una reacción cuantitativa (Egan, 1988). Para el caso que nos ocupa, el proceso común se denomina transesterificación, en ésta, los esteres del glicerol reaccionan con otro alcohol en presencia de un ácido para dar origen a nuevos ésteres. En reacción

cadena. Los que contiene una sola insaturación se les llama monoenoicos o monoinsaturados y los de más de una se les denomina polienoicos o poliinsaturados (Badui, 1990). Los ácidos grasos insaturados más comunes en los alimentos se presentan en la tabla No 6

7.- Quitina

La quitina es un polímero de amplia distribución en la naturaleza, es un material resistente e insoluble en agua y en otros disolventes orgánicos comunes esta se diluye en ácidos y álcalis, no se degradada por las enzimas digestivas de los mamíferos (Cabeza, 1996). Se presenta en forma de cristales submicroscópicos o micelas, en la cutícula del insecto, los cuales se alinean formando fibrillas que tienden a orientarse en una misma dirección a nivel de la cutícula. La quitina es el componente más común de la cutícula aunque no rebasa el 50% de la composición total (Wiggleswort, 1978). La cutícula de *M sanguinipes* está constituida por un porcentaje de 4.3 % de proteína soluble en agua y la quitina se encuentra en un 30.1%, en *Antheracea mylitta* la quitina constituye el 30.2 % acompañada de un 60.64 % de proteína (King 1984).

8.- La cromatografía de gases en la determinación de ácidos grasos

La cromatografía de gases es una técnica para la separación de compuestos volátiles, la separación se realiza con el empleo de las diferencias de reparto de los productos, dicho reparto tiene lugar entre un gas y un líquido, en ambos casos el gas es la fase móvil a través de la columna (compuesto básico de cualquier sistema cromatográfico) (Torre, 1971).

La cromatografía de gas-líquido ha sido un importante método para la determinación de los ácidos grasos, (Jamienson, 1965), estos deben primero ser convertidos en productos volátiles mediante una reacción cuantitativa (Egan, 1988). Para el caso que nos ocupa, el proceso común se denomina transesterificación, en ésta, los esteres del glicerol reaccionan con otro alcohol en presencia de un ácido para dar origen a nuevos ésteres. En reacción

involucrada de equilibrio es necesaria una gran cantidad del alcohol cuyo éster se quiere y al desplazar al equilibrio en el sentido requerido (Streitwieser, 1983), o bien eliminar uno de los productos de la mezcla reaccionante, esto último es preferible siempre que sea aplicable, de esta manera suele llevarse la reacción hasta la conversión total (Morrison, 1990). En el Figura No. 8 se puede apreciar la reacción general de la transesterificación.

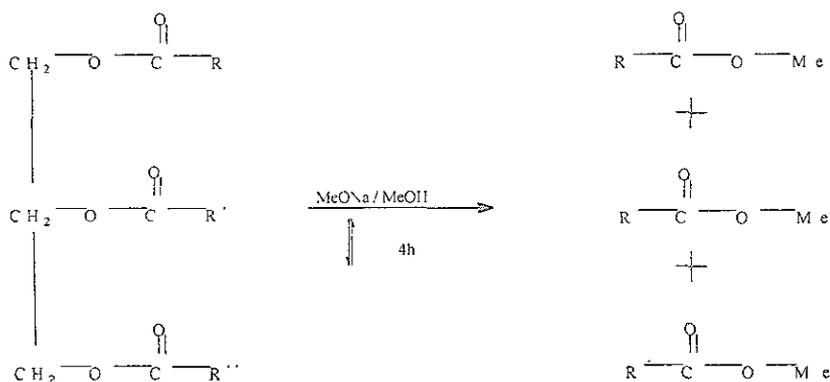


Figura No 8.- Transesterificación de una grasa. (Wingrove, 1981)

8.1. - La espectrometría de masas

La espectrometría de masas es una técnica analítica usada para identificar principalmente compuestos orgánicos. cuantificar materiales, así como una herramienta de apoyo para elucidar estructuras de moléculas orgánicas desconocidas, esto puede efectuarse con cantidades pequeñas (Sulter, 1990).

8.2. - Origen de la espectrometría de masas

La espectrometría de masas tiene sus orígenes en el tubo vacío de J.J. Thomson, que demostró la existencia de electrones y "rayos positivos" en el principio del siglo. (Busch, 1988) Thomson observó que la nueva técnica podía ser usada con éxito por químicos para

analizar sustancias químicas, lo cual manifestó en su libro “Rayos de Electricidad positiva y sus Aplicaciones al Análisis Químico”. A pesar de esta observación, la aplicación primaria de la espectrometría de masas residió en los físicos por espacio de casi 30 años. Fue usada para descubrir un gran número de isótopos así como para medir sus masas exactas. Estas medidas dieron lugar a la creación de desarrollos posteriores en diversos campos abarcando desde la geocronología hasta la investigación bioquímica. (Watson, 1985)

8.3. - Usos de la espectrometría de masas

Los usos de la espectrometrías de masas son muy amplios resaltando entre ellos los proporcionados en la lista que se presenta a continuación.

- Identificación de estructuras de biomoléculas tales como carbohidratos, ácidos nucleicos y esteroides.
- Determinación de fármacos en el cuerpo (Antidoping deportivo) .
- Análisis forenses, tales como confirmación y cuantificación de drogas.
- Análisis de contaminantes en el medio ambiente.
- Identificación y cuantificación de componentes de mezclas orgánicas complejas.
- Análisis inorgánicos ultrasensibles.

(Busch, 1988)

8.4.- Cromatografía de masas acoplada a espectrometría de masas

Es común acoplar un cromatógrafo de gases a un espectrometro de masas, la información que se obtiene consiste en una serie de espectros de masas adquiridos secuencialmente (Figura No 9). Para generar ésta información. el espectrómetro de masas busca un intervalo básico (Ejemplo 30-500 unidades de masa atómica) respectivamente durante la corrida cromatográfica, si la búsqueda es tomada cada segundo y la corrida dura 30 minutos, se pueden registrar hasta 1800 espectros. (Karasek, 1988) Esta información suele ser mostrada de tres maneras: primero, se puede desplegar cualquiera de

las series de espectros; segundo, las abundancia relativa de los iones en cada espectro son sumadas, y su suma es tabulada secuencialmente generando un cromatograma total iónico. Cada pico en el cromatograma total iónico representa un compuesto diluido, el cual puede ser identificado por interpretación de su respectivo espectro de masas. Finalmente, se puede mostrar la abundancia de una relación m/z (masa/carga) sencilla sobre el curso de una corrida cromatográfica para producir un perfil real del ión seleccionado o cromatograma de masas. Para una sola corrida cromatográfica, es factible obtener un cromatograma total iónico y un perfil real del ión seleccionado de masa de interés, en adición a cada espectro de masas. Esta técnica se usa para seleccionar componentes de interés en una mezcla compleja, sin tener que examinar cada espectro de masas individual. (Lyon, 1985)

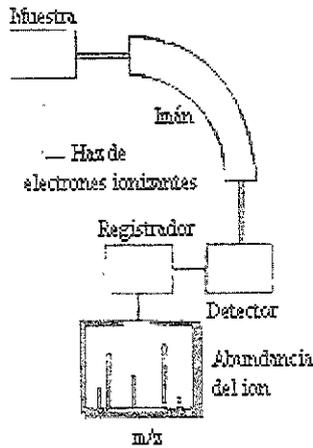


Figura No. 9. – Esquema de un espectrómetro de masas (Fox 2000).

MATERIALES Y METODOS

Para el presente trabajo se utilizaron chapulines colectados en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán campo 4, en los meses de octubre y noviembre de 1995, la colecta se realizó manualmente por las mañanas y con red por las tardes. La cantidad aproximada fue de 2 kilos de peso seco para el desarrollo de todos los análisis.

Conservación. Los chapulines una vez colectados se colocaron en frascos de vidrio, y se establecieron en refrigeración a una temperatura de 4 ° C con el propósito de matarlos y conservarlos.

Identificación de la especie. Para esto se realizó con información y la ayuda proporcionada por la Biol. Aurora Vázquez Mora efectuándose esto en el laboratorio de sanidad vegetal de la carrera de Ingeniería Agrícola por medio de la metodología descrita por Marquez 1962.

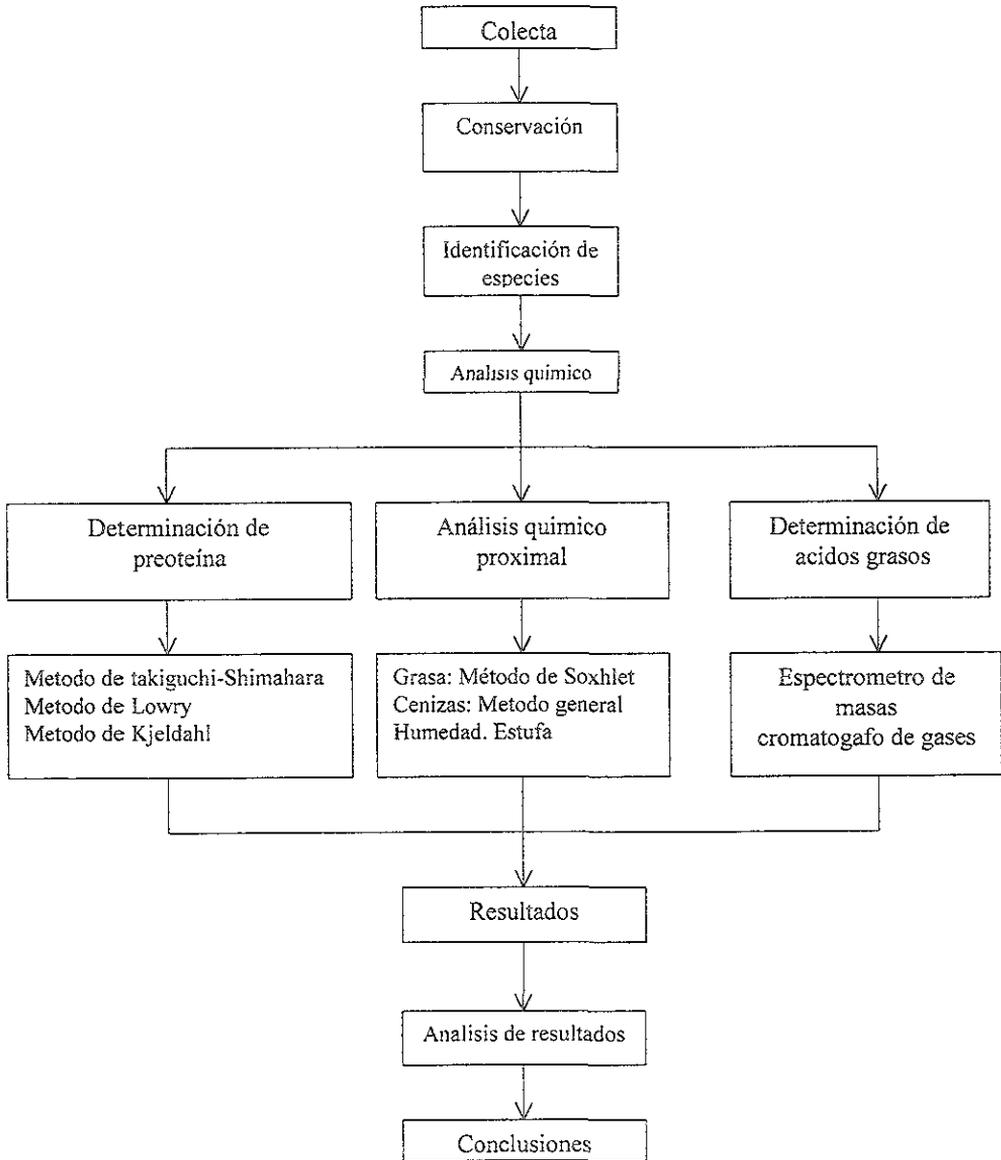
Separación de la especie. Una vez que se identifico la especie se separó *S. purpuranscens* Ch. de los otros insectos entre los que se encontraron ejemplares como *Pedies spp.*, que también es un chapulín y otros insectos de diferente orden principalmente coleópteros; este problema se presentó en todos los frascos donde se almacenaron chapulines colectados con red.

Análisis químico

Los métodos utilizados para los diferentes análisis fueron los siguientes:

- Humedad : Método general con arena
- Cenizas : Método general de Estufa
- Grasa : Método de Soxhlet
- Proteína . Método de Kjeldahl, Lowry y Shimahara y Takiguchi.
- Acidos grasos: El espectómetro de masas acoplado al cromatógrafo de gases

METODOLOGIA



Humedad

El procedimiento utilizado fue el método general con arena, el cual consistió en colocar a peso constante la caja de humedad con 5 g. de arena, se pesó y se agregó 5g., de muestra la cual se mezcló con la arena, se colocó en el horno por 24 horas a una temperatura de 75 °C al cumplirse el tiempo las cajas de humedad se colocaron en el desecador y por último se pesaron en la balanza analítica.

$$\text{Humedad} = \frac{P_i \text{ c/muestra} - P_f}{P_m} \times 100$$

Donde:

P_i c/muestra : peso inicial con muestra.

P_f : peso final.

P_m : peso de la muestra.

(Egan 1988)

Cenizas

Para la determinación de cenizas se empleó el método general; para lo cual se colocó crisoles a peso constante y una vez lo anterior se le colocó 3g. de muestra exponiéndolos a fuego directo; una vez que ya no desprendían humo se colocaron en el horno de mufla a una temperatura de que va entre los 500 a 600 °C, hasta que la muestra adquirió un color blanquisco, inmediatamente después se colocaron en el desecador con el fin de enfriar los crisoles y por último se pesaron en una balanza analítica (Egan, 1988).

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P_f - P_{cm}}{P_m} \times 100 =$$

Donde :

Pf : peso final.

Pcm : peso del crisol sin muestra.

Pm : peso de la muestra.

Grasa

El método utilizado fue el de Soxhlet, para el cual se utilizó un matraz de bola a peso constante en él se colocó 200 ml de éter de petróleo. En un cartucho a peso constante se depositó 5g, de muestra, se montó el aparato y se dejó el reflujo 4 horas. Al cumplirse el tiempo se separó la grasa del éter de petróleo utilizando un rotovapor, una vez esto el matraz junto con la grasa se colocó a peso constante por espacio de 6 horas a una temperatura de 50 °C, acto seguido se introdujo al desecador y como último paso se pesó en la balanza analítica (Egan, 1988).

$$\text{Grasa} = \frac{\text{Peso de la grasa}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 =$$

Ácidos grasos

Para la extracción de la grasa se empleó un sistema de extracción con equipo de soxhlet (Un matraz de bola, una mantilla, un refrigerante y un soporte universal) utilizando 40g de muestra con 200 ml, de benceno durante 8 horas de reflujo, una vez fría la muestra, la mezcla resultante se filtró al vacío empleando papel filtro y como filtro ayuda a la celita. La grasa con el benceno, filtrado se mezcló con 30g de TAFF se agitó por 30 minutos con el fin de purificar la grasa. Nuevamente se filtró la mezcla utilizando el mismo material y reactivos que la primera vez, lavándose en el embudo con 25 ml de benceno 3 veces. Por último se separa la grasa del benceno con la ayuda del rotovapor (Doniz, 1994).

Transterificación

La grasa limpia se puso a reflujo por 4 horas con metilato de sodio 4 N y al final se obtuvo la muestra que se corrió en el cromatógrafo de gases (Figura No. 8) (Doniz, 1994).

Proteína

Se utilizaron 3 métodos diferentes

- 1.- Método de Kjeldahl
- 2.- Método de Lowry
- 3.- Método de Takiguchi y Shimahara.

Método de Kjeldahl.

En esta prueba se utilizó el destilador de Kjeldahl. Para lo cual se pesaron 0.2 g., de sulfato de cobre y 1.0 g de sulfato de sodio se envolvieron en papel copia o cebolla y se colocaron en un matraz, agregándoles 3 ml. de ácido sulfúrico concentrado, acto seguido se pusieron a calentar hasta que adquirieron un color verdoso, se vació al destilador aplicando antes un poco de agua; al mismo tiempo se colocó un matraz con 50 ml, de ácido bórico al 5 % después se llenó la copa del destilador con hidróxido de sodio al 40 % una vez que el matraz tuvo 100 ml, de disolución se valoró con ácido clorhídrico 0.1 N (Egan, 1988).

$$\% \text{ Proteína} = \frac{m_{\text{HCl}} \times N_{\text{HCl}} \times 0.014}{P_m} \times F \times 100$$

P_m

DONDE :

m_{HCl} : mililitros gastados de HCl.

N_{HCl} : normalidad de HCl.

P_m · peso de la muestra.

F · 6.25

Método de Lowry

Reactivos.

1.- Na C ₂ H ₄ O ₆ .H ₂ O	2%	Tartrato de sodio y potasio.
2.- Cu SO ₄ 5H ₂ O	1%	Sulfato de cobre.
3.- NaCO ₃ /NaOH 1N.	2%	Sodio

Reactivo A:

1.- 0.5 ml

2.- 0.5 ml.

Aforo con disolución salina No. 3 a 50 ml

Reactivo B:

Reactivo de fenol 1N se diluyó el reactivo comercial (1:2) con agua destilada.

Disolución patrón: Albúmina serica bovina 0.5 mg/ml.

Disolución salina: (NaCl) 0.85%

Concentración de proteína en la curva patrón (mg/ml)

Tubo No	Concentración
2	0.00385
3	0.00769
4	0.01154
5	0.01923
6	0.03846
7	0.05769
8	0.07692

Se agregó la cantidad de reactivo en el número de tubo, como se indica en la tabla No. 7

Tabla No. 7 Cantidad de reactivo que debe llevar cada tubo para hacer la cuantificación de proteína por el Método de Lowry

Tubo Reactivo	Blanco	2	3	4	5	6	7	8	Muestra
Standard		0.02	0.04	0.06	0.1	0.2	0.4		
Solución salina	0.4	0.38	0.36	0.34	0.3	0.2	0.1		
Muestra									0.4
Reactivo A	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Mezclar y dejar reposar 10 min.									
Reactivo B	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Mezclar y dejar reposar 30 min. Hacer lectura									

La lectura en el espectrofotómetro se realizó a 550 nanómetros

Técnica de Shimahara y Takiguchi

Aquí se utilizó otra técnica en la cual es necesario hacer una desproteínización utilizando los dos métodos que aparecen en la tabla No. 8.

Tabla No. 8 Métodos de desproteínización.

	Método 1	Método 2
NaOH	1.5 %	3 %
Temperatura	Ebullición	Ambiente
Tiempo	1 hora	3 horas
Muestra/volumen	1g./ 10ml	1g./20ml
Agitación	No	Sí

Se utilizó la técnica de Y. Takiguchi y K. Shimahara la cual consiste en:

Reactivos:

- NaOH 10 N.
- Ácido clorhídrico 12 N.
- Disolución amortiguadora 0.5 M., pH 5.1.
- Ninhydrin-Hydrindantin disolución: Ninhydrina (0.5 g) e Hydrindantina (0.15g) disueltos en 100 ml, de metil cellosolve, disolución preparada antes de utilizarse.

Se agregaron 0.3 g, de muestra en un matraz Erlenmeyer de polipropileno con 50 ml, de hidróxido de sodio, cubierto con papel aluminio este se colocó en la autoclave a 121°C por 60 min., al terminar este se colocó en un baño de hielo, se neutralizó con ácido clorhídrico al mismo tiempo que se agita y continúa en un baño frío, se filtró con embudo de Gooch con un tamaño de poro de 20-30 μ m, se realizó un lavado hasta completar 150 ml. En un tubo de ensayo se colocó 0.5 ml, de la solución muestra, 5 ml, de disolución amortiguadora y 5 ml, de disolución ninhydrina-hydrindantina en ese orden se agitaron, se cubrieron con papel aluminio y son encubados en agua a punto de ebullición por 10 min, y enfriados rápidamente en hielo. La absorbancia se determinó a 564 nm en el espectrofotómetro. Se preparó una solución en blanco en idénticas condiciones pero usando 0.5 ml, de agua destilada en lugar de la solución muestra (Shimahara, 1988).

Fórmula para calcular el % de proteína

$$\% \text{ Proteína} = 2.37 (A_{564} / W)$$

Donde:

A_{564} : absorbancia

W : peso de la muestra.

NOTA. Es válido cuando el contenido de proteína sea igual o menor al 60%.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos y que a continuación se muestran difieren con los encontrados en la literatura, como puede observarse en la tabla No. 9. Los datos del análisis químico proximal son los únicos que se compararon aunque no se encontró ningún dato de humedad, por lo demás difieren. En la cuestión de los ácidos grasos en insectos no se encontró dato antecedente. En la proteína hay una gran diferencia entre los datos obtenidos de los métodos utilizados con los de la literatura.

Tabla No. 9 Análisis químico proximal.

Parámetros Medidos	Datos Correspondiente al presente trabajo	Datos correspondiente al presente trabajo (% en base seca)	Datos reportados por Ramos Elorduy (% en base seca)
Humedad	70.48%		-----
Grasa		9.12	6.52*
Cenizas		4.13	2.41*
Proteína Método de Kjeldahl		60.54	71.35*
Proteína Método de Lowry		16.64	-----
Proteína Método de Takiguchi-Shimahara		25.71	-----

*No se reporta el método utilizado para cuantificar estos parámetros

Tabla No. 10. Porcentaje de proteína determinado mediante la técnica de Takiguchi-Shimahara

Método	Testigo (Sin desproteinizar)	Método 1	Método 2
Promedio	26.58	26.54	24.01

Tabla No. 11 Ácidos grasos encontrados en la grasa del chapulín .

Pico	TR (min)	Área %	Nombre	No. de Carbonos	No. de hidrógenos	No. de oxígenos
1	17.56	378.52	Ácido Tetradecanoico	14	28	2
2	20.87	1853.83	Ácido 11-Hexadecenoico	16	30	2
3	21.11	10554.39	Ácido Pentadecanoico	16	32	2
4	24.42	11671.74	Ácido 6-Octadecenoico	18	34	2
5	24.75	2249.14	Ácido Heptadecanoico	18	36	2
6	24.82	2049.13	Ácido 9,12- Octadecadienoico	18	32	2

ANÁLISIS DE RESULTADOS

La tabla No 9 muestra los resultados obtenidos en el análisis químico proximal que comparados con los reportados por Ramos en 1989 para esta especie, presentan una diferencia considerable en todos los resultados (grasa, cenizas y proteína). Respecto al porcentaje de humedad no se encontró dato alguno de esta especie o de cualquier otro insecto; por lo tanto en la comparación con alimentos "comunes" de origen animal y vegetal resultó que se encuentra el valor obtenido por abajo de las verduras (de 90 a 95%) con un 20 a 25 % menos, dependiendo de la familia y la especie. En comparación con la carne de

Tabla No. 10. Porcentaje de proteína determinado mediante la técnica de Takiguchi-Shimahara

Método	Testigo (Sin desproteinizar)	Método 1	Método 2
Promedio	26.58	26.54	24.01

Tabla No. 11 Ácidos grasos encontrados en la grasa del chapulín .

Pico	TR (min)	Área %	Nombre	No. de Carbonos	No. de hidrógenos	No. de oxígenos
1	17.56	378.52	Ácido Tetradecanoico	14	28	2
2	20.87	1853.83	Ácido 11-Hexadecenoico	16	30	2
3	21.11	10554.39	Ácido Pentadecanoico	16	32	2
4	24.42	11671.74	Ácido 6-Octadecenoico	18	34	2
5	24.75	2249.14	Ácido Heptadecanoico	18	36	2
6	24.82	2049.13	Ácido 9,12- Octadecadienoico	18	32	2

ANÁLISIS DE RESULTADOS

La tabla No 9 muestra los resultados obtenidos en el análisis químico proximal que comparados con los reportados por Ramos en 1989 para esta especie, presentan una diferencia considerable en todos los resultados (grasa, cenizas y proteína). Respecto al porcentaje de humedad no se encontró dato alguno de esta especie o de cualquier otro insecto; por lo tanto en la comparación con alimentos "comunes" de origen animal y vegetal resultó que se encuentra el valor obtenido por abajo de las verduras (de 90 a 95%) con un 20 a 25 % menos, dependiendo de la familia y la especie. En comparación con la carne de

cerdo (60%), el chapulín presenta un 10 % más, con respecto al contenido de humedad está mínimamente arriba de la carne, de res (70%). El insecto fresco presenta el 70.48% de humedad puede decirse que es lógico, pues corresponde a la cantidad aproximada que por lo general es lo que compone a un ser vivo animal.

En relación al contenido de grasa lo reportado por la literatura es de 6.22% cuantificando la grasa a esta especie el porcentaje en promedio es de 9.12%, existiendo una diferencia aproximada del 3%, aun así comparada con las especies de la tabla No. 4, no queda ubicada, debido a que este porcentaje está muy por abajo de la última especie que aparece (Piñón 41.00 % de grasa). Ahora, comparando el contenido de grasa del chapulín con los principales alimentos de origen vegetal, más consumidos por los mexicanos: el maíz (3%), arroz (0.3%), frijol (1.7%), chile (0.3%), jitomate (0.4%), estos dos últimos consumidos como salsa y la papa (0.1%) supera por mucho a todos estos alimentos. Comparado con el maíz, que contiene la mayor cantidad de grasa de estos alimentos, el chapulín triplica este porcentaje. En cuanto a las carnes más consumidas en el país supera por el doble a la de res (5.4%), pero está por abajo de la de cerdo (21%), existiendo una diferencia mínima con la carne de conejo (9.3%) y la carne de pollo (9.0%).

El porcentaje de cenizas reportado en la bibliografía es de 2.41%, en este trabajo se obtuvo un promedio de $4.13\% \pm 0.19\%$ con una diferencia de 1.72% más, que comparado con los alimentos de la tabla No. 3 quedaría por abajo del cacao (5.00% de cenizas). El porcentaje de cenizas que conforma al chapulín es superado por el encontrado en frijol (5.8%), sin embargo al compararlo con el contenido en chile (0.9%) lo rebasa enormemente, con el arroz (3.0%) y el maíz (3.4%) la diferencia es menor. En cuanto a las carnes existe una similitud con el pollo, el cual presenta 2.97%, dándonos una diferencia de 0.56% y muy por arriba de la del conejo el cual presenta 0.86%.

En cuanto al contenido de proteína la bibliografía informa que esta especie *S. purpurascens*, en su fase adulta presenta 71.35%, un porcentaje muy alto en comparación con muchas especies de insectos y cualquier otro alimento. Los datos del presente trabajo

son en promedio del 60.54%, lo que se encuentra por arriba de los otros alimentos de origen animal y vegetal que no son insectos. El 16.64% de proteína encontrado en el chapulín comparado con otros productos de mayor consumo por los mexicanos su diferencia no es muy grande, considerando los cuatro principales. frijol, maíz, chile, jitomate; con el chile y el jitomate la diferencia es muy grande ya que estos presentan 1.3% y 1.0% respectivamente. En comparación con el maíz *S. purpurascens* presenta casi el doble, ya que en este producto de primera necesidad tan sólo se encuentra el 8.5%. Con el frijol la diferencia es muy poca, debido a que esta leguminosa presenta el 16% de proteína. En lo que respecta a las carnes de mayor consumo encontramos que en el chapulín la cantidad de proteína no es muy diferente a la que presenta por ejemplo la carne de cerdo(17.2%) existiendo menos del 1% de diferencia, la carne de res y conejo tiene 21% y la de pollo 19%, como se puede observar el chapulín puede adoptarse como un alimento por tener una similitud con las carnes más consumidas en cuanto al contenido de proteína.

Comparando los tres métodos la diferencia es muy notoria, como se mencionó el método de Kjeldahl mide nitrógeno por lo tanto la proteína se obtiene mediante una operación multiplicando el N x 6.25. Ahora si el 60.54% de proteína obtenida por esta técnica se compusiera de 16.64% de proteína obtenida por el método de Lowry, que mide enlace peptídico y por lo tanto proteína verdadera se ve una gran diferencia entre los resultados por el método de Kjeldhal, siendo más confiable el dato obtenido por el método de Lowry que aunque es menor el resultado es más cercano al dato de 25.71 de proteína asociada a la quitina que se determinó por la técnica de Takiguchi y Shimahara. El dato de 16.64 % porcentaje que aunque es bajo comparado a los demás, no indica una pobre cantidad de proteína por la similitud que tiene con los principales alimentos que se consumen en México.

Proteína

En el tabla No. 10 se pueden observar los resultados obtenidos utilizando la técnica de Takiguchi y Shimahara. En esta técnica se utilizaron dos métodos para

desproteínización; lo cual se hizo antes de realizar todo el proceso de Takiguichi y Shimakara encontrándose que la diferencia es muy pequeña en los resultados finales con un promedio general de 25 71%.

Con el propósito de dar validez estadística a los resultados se realizó un análisis de comparación de medias, con el cual se podrá determinar como los dos métodos con sus diferentes variables (concentración de NaOH, temperatura, tiempo, volumen de la muestra y agitación), afectan en la desproteínización del chapulín para determinar la cantidad de proteína asociada a la quitina.

Para la comparación de medias se utilizó como testigo los resultados obtenidos de la muestra a la cual no se desproteínizó, los dos métodos de desproteínización como tratamientos y el número de datos como repeticiones. La comparación de medias demostró que estadísticamente no hay diferencia significativa entre el testigo y los métodos. Para realizar la comparación de medias es necesario hacer transformaciones de los datos por lo tanto existen diferentes números en cuanto al resultados de la proteína (Tablas 12 y 13.)

Tabla No.- 12 Resultados de la comparación de medias

Tratamiento.	Proteína.
Testigo, Sin desproteínizar	31.62 a
Método 1	30.53 a
Método 2	29.69 a

Por otro lado en cuanto al contenido de proteína, evaluado por el método de Lowry se encontró que los chapulines presentaron un 16.64% de proteína verdadera dato que es mucho menor que el encontrado por el método de Kjeldahl, el resultado es lógico, debido a que con el método solo determina Nitrógeno evaluando todo este elemento como proteína y el método de Lowry mide proteína verdadera. Con base en lo anterior el contenido real de proteína en el chapulín es de 16.64%, otro punto a considerar es que esto no quiere decir que ésta proteína este disponible nutrimentalmente para el organismo. Por ejemplo, para

que el 25.71% obtenido por la técnica de Takiguchi-Shimahara, sea asimilado por el organismo humano tendría que llevarse a cabo condiciones similares en el estómago a las que señala la técnica (Tabla No. 12).

En concreto ningún dato encontrado en la bibliografía corresponde a los datos reportados en el presente trabajo, en este aspecto cabe mencionar que la alimentación tiene una gran importancia, esto debido a que la literatura menciona que para su alimentación prefiera el girasol silvestre mientras que los chapulines colectados para este trabajo se encontraron en un mayor número en el chayotillo: planta silvestre de la familia de las cucurbitáceas, lo anterior es solo como comentario debió a que no existen estudios sobre la variación del porcentaje de proteína en estos insectos con respecto al tipo de dieta que pueda tener esta o cualquier otra especie.

Comparación de medias

Se realizó una comparación de medias para tener valor estadístico entre tres métodos de análisis de proteína (Lowry, Kjeldahl y Takiguchi-Shimahara) encontrándose que existe una diferencia significativa entre los tres métodos utilizados.

Tabla No. 13 Comparación de medias de los tres métodos para cuantificar proteína.

1.- Kjeldahl	51.26 a
2.- Takiguchi-Shimahara	30.47 b
3.- Lowry	24.11 c

En cuanto al contenido de ácidos grasos determinados por cromatografía de gases acoplada al espectrómetro de masas previa transesterificación de la grasa, se lograron identificar 6 ácidos grasos. De estos fueron identificados como insaturados: ácido 11-hexadecenoico, ácido 6-octadecenoico, y ácido 9,12-octadecadienoico: y con ácidos

saturados: el ácido tetradecenoico, ácido pentadecanoico y ácido heptadecanoico. Encontrándose en mayor cantidad, de los ácidos insaturados, el ácido 6-octadecanoico; y el ácido pentadecanoico el de mayor proporción en lo que se refiere a ácidos saturados, tal como lo muestra la tabla No. 11.

Por último es necesario comentar que la preparación es diferente para consumo que la que se les dio para este análisis: Para consumo comúnmente el chapulín se sacrifica con agua caliente y sal deshidratándose al sol; en el presente trabajo se mataron mediante refrigeración y se secaron en horno.

CONCLUSIONES

Con base en los objetivos presentes y bajo las condiciones en que se desarrolló el estudio, se concluye que el valor nutritivo de la especie estudiada es menor a lo reportado en la literatura.

De los métodos utilizados, por la forma de medir la proteína, el más confiable es el de Lowry; con el cual se obtuvo el resultado más bajo.

El método de Kjeldahl determina proteína mediante la cuantificación de nitrógeno, en los insectos esto lleva a un error debido a que esta especie presenta un alto contenido de este elemento.

La técnica de Takiguchi-Shimahara mide proteína no digerible.

El contenido de grasa y cenizas es bajo comparado con otros alimentos y algunos insectos, cabe señalar que el organismo humano requiere estos elementos en una cantidad mínima para realizar funciones importantes.

El porcentaje de humedad encontrado en esta especie no se comparó con otros insectos debido a que no se encontró dato ninguno al respecto, tomando en cuenta que para su consumo los chapulines se deshidratan.

Se encontraron un número total de seis ácidos grasos: tres ácidos grasos saturados (tetradecanoico, pentadecanoico y heptadecanoico) y tres ácidos grasos insaturados (11-hexadecenoico, 6-octadecenoico y 9,12 octadecanoico) de los cuales sólo el tetradecanoico es de los ácidos más comunes que se presentan en los alimentos.

Finalmente, aún cuando el contenido proteico es bajo, éste supera a alimentos como el maíz y el frijol por lo que si se recomienda como alimento.

REFERENCIAS

- 1 Alfaro Lemus A. L.: 1995 , Biología de *Sphenarium purpurascens* Charp (Orthoptera. Acrididae) y patogeneidad de *Beauveria bassiana* (Balls) Vuill. En laboratorio, Chapingo, México, tesis de licenciatura , Parasitología Agrícola U.A.CH 67 p.
- 2 Avila Monteso J. O. 1984, Diccionario de los alimentos, Editorial edita-mexicana. México-Barcelona, p 760.
- 3 Badui Dergal S., 1990, Química de los alimentos, Segunda edición, Editorial Alhambra Mexicana, México, pp. 510-512.
- 4 Barrientos L. L. 1992. Manual técnico sobre la langosta voladora (*Schistocerca piceifrons* W) y otros acridoideos de Centroamérica y sureste de México , FAO/OIRSA. San Salvador p. 162.
- 5 Busch G. L. 1988, Mass spectrometry/mass spectrometry: principles and applications of tandem mass spectrometry; VCH Publisers
- 6 Cabeza Melara, F. A., 1996, Introducción a la entomología, Editorial Trillas, México, pp 49.
- 7 Cueva C. R., 1994, Protandria y conducta de apareamiento de *Sphenarium purpurascens*. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM México, 56 p.
- 8 Chefel J. C., Cuq J. L., Lorient D. 1989 Proteínas alimentarias. Bioquímica-Propiedades funcionales, valor nutricional, modificaciones químicas, Editorial Acriba, Madrid, pp. 20.
- 9 Doniz Rivera M. E., 1994, Evaluación de Ac. grasos por cromatografía de gases acoplada a espectrómetro de masa en diversos salamis comerciales. Tesis, UNAM, FES-C, QFB.
- 10 Egan H., 1988, Análisis químico de alimentos de Pearson, Primera Edición, Editorial Continental, México.
- 11 Fennema, Owen R , 1989, Food chemistry Editorial Dekker, New York, pp. 132.
- 12 Fox M. A., Whittell J K., 2000, Química Orgánica. Segunda Edición. Editorial Pearson Educación, México pp 210.

- 13 Jamieson R. G., (1965), He analisis of oils and fats by chromatografy; the journal of chromatografy, 17, pp. 230-237.
- 14 Karasek F. W, 1988 Basic gas spectrometry/ mass spectrometry, Elsevier, New York, USA.
- 15 King R. C., Akaih H 1984 ,Insect ultrastructure, Plenum press New York USA., p. 624
- 16 Lenninger L. A. 1991., Bioquímica, Editorial Omega, España, pp. 95-130
- 17 Lyon P. A., 1985 Desorption mass spectrometry are SIMS and FAB the same?, American Chemical Society, Washigton, USA.
- 18 Marquez M. C. 1962. Estudios de las especies del género *Sphenarium* basado en sus genitalia (Acrididae, Orthoptera), con la descripción de una nueva especie. Ann. Inst. Biol. U.N.A.M.. 33 (1-2):247-258.
- 19 Melfetty F. W., 1985, Tandem mass spectrometry ; Wiley interscience, New York, USA.
- 20 Morrison R. T., Boyd R.N., 1990, Química orgánica, Quinta edición, Editorial Addison-Wesley Iberoamericana, México, pp. 861-868.
- 21 Neckers D. C., Doyle M. P., 1980, Química orgánica, editorial Continental, México, pp. 510-512.
- 22 Ramos Elorduy J. 1987, Insectos como fuente de proteína en el futuro, Segunda Edición, Editorial LIMUSA, México, pp. 88-94.
- 23 Ramos Elorduy J., Pino Moreno J. M. 1989, Los insectos comestibles en el México antiguo, Editorial AGT, México, pp. 4-49.
- 24 Sacristán E., 1998, Entomofagia el arte de comer insectos, Muy interesante, año XV No. 9, México, pp 70-79.
- 25 SAGAR www.sagar.gob.mx
- 26 Serrano L. G. y Ramos Elorduy J., 1989. Biología de *Sphenarium purpurascens* Charpentier y Algunos aspectos de su comportamiento (Orthoptera:Acrididae). Ann. Inst., UNAM., SEP, Zología 59 (2): 139-152.
- 27 Shimahara K. and Takiguchi Y., Preparation of crustacean chitin, methods in enzymology, 161 (1988), pp., 417-423.
- 28 Stanley H. P., et al , 1991, Química orgánica, Segunda Edición, Editorial Mcgraw-Hill, México, pp, 868-872.

- 29 Streitwieser A., Heacock C. H., 1983, Química orgánica, Editorial Interamericana, México, pp., 481- 482.
- 30 Sulter C. H. and Watson J. 1990., Biomedical applications in spectrometry; Wiley Interscience, New York.
- 31 Torre Boronat M.C., de la, 1971, Cromatografía, Editorial Toray-Masson, España, pp. 83-117.
- 32 Watson J. T., 1985, Introduction to mass spectrometry; Raven press, New York USA.
- 33 Wigglesworth V.C., 1978, Fisiología de los insectos, Editorial Acribia, España, pp. 4-12
- 34 Wingrove A. S., Caret R. L. 1981, Organic chemistry, Harper & Row, Publishers New York USA. p 1334.

GLOSARIO

Áptero: sin alas.

Área anal de la tegmina: zona posterior de la ala mesotoraxica conocida como tegmina

Área media de la tegmina: parte media de la tegmina

Artejo: unidad móvil, articulada, que conforma los apéndices de un artrópodo.

Banda submarginal: banda oscura usualmente presente en las alas posteriores de las especies de Oedipodinae.

Braquíptero: de alas cortas.

Carina: elevación o quilla de la cutícula.

Cercos: (Cerci): apéndices del décimo segmento abdominal, filamentosos y articulados.

Clípeo: esclerito anterior o inferior a la frente en la cual se articula el labio.

Coxa: segmento basal que articula .

Epiprocto: plato dorsal triangular del onceavo segmento abdominal situado encima del ano.

Esclerosado: Endurecimiento de la cutícula derivado de la presencia de proteínas estructurales, que con frecuencia también se acompaña de un oscurecimiento o pigmentación.

Espolón: proyección cuticular sólida, afilada y articulada, localizadas sobre todo en el ápice de las tibias.

Filiforme: tipo de antena en la cual los segmentos son similares en tamaño y más o menos esféricos, con constricciones entre ellos, su forma asemeja un collar.

Gena: parte lateral de la cabeza situada por debajo de los ojos y extendida hasta la sutura gular, cerca de las piezas bucales.

Labio inferior: Estructura oral posterior a las maxilas, derivada de la fusión de un supuesto segundo par de maxilas, en ocasiones provisto con estructuras especializadas sensoriales y palpos.

Labro: labio superior. Estructura oral impar que cubre la base de las mandíbulas y se articula con el clípeo.

Meta: Prefijo que alude a las estructuras situadas en el tercer segmento torácico o metatorax

Meso: prefijo que alude a las estructuras situadas en el segmento torácico o mesotorax.

Occipital: referente al área posterior de la cabeza (occipucio).

Ooteca: estuche que cubre o encierra los huevos.

Ovipositor: estructura tubular o valvada, expuesta o retraída con la cual depositan los huevos en el substrato específicos.

Palpo: especie de antena en los insectos.

Paraproctos: par de lóbulos formados por las porciones ventro-laterales del epiprocto.

Plato subgenital: En los machos, el plato ventral terminal debajo de los genitales.

Postgena: partes laterales del arco occipital de la cabeza.

Pronoto: superficie en forma de silla de montar del primer segmento o protorax se divide en dos zonas: prozona (preescutum, escutum, escutelum) y metazona (postescutelum)

Protorax: el segmento frotal del torax.

Sutura: líneas de unión entre escleritos, formadas por estrías o ranuras.

TAFF: Tonsil Actisil FF, nombre comercial de una arcilla bentonítica.

Tarsos: pequeños segmentos que componen el pie de los insectos.

Tegmina: ala mesotorácica más o menos esclerosada de un ortóptero u homóptero.

Tegumento: La cubierta superficial del cuerpo y sus apéndices.

Trocánter: pequeño segmento de la pata del insecto localizada entre la coxa y el fémur.

Valvas :par de placas laterales que cubren al ovipositor.

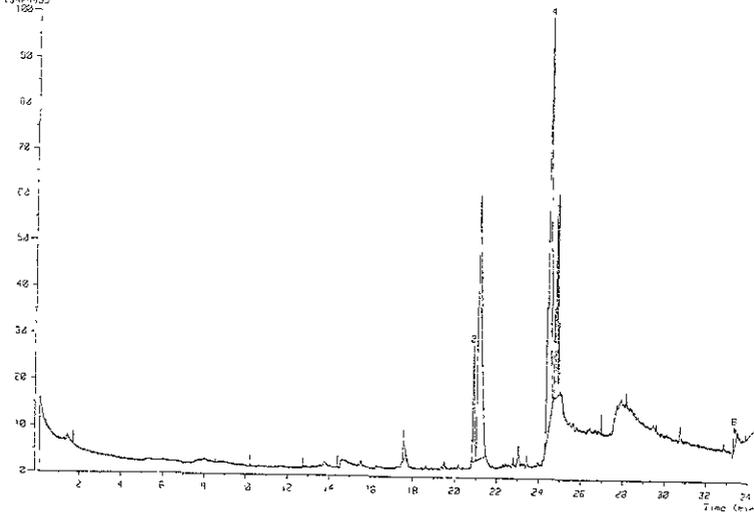
Vena: Tubos o filamentos que fortalecen las alas de los insectos.

Vértice: la parte superior de la cabeza, situada entre la frente, el occipucio y los ojos compuestos.

Vg: Ejemplo.

APENDICE

(TIC 1)
 Date 12-Dec-96 16:25
 Sample *
 Note Dr-Rene-Miranda-AX505
 Inlet GC Ion Mode E1+
 Ion Species Regular (SE-Lines)
 TIC Range m/z 33 to 650
 Output RT Range: 8.00 to 34.99 min

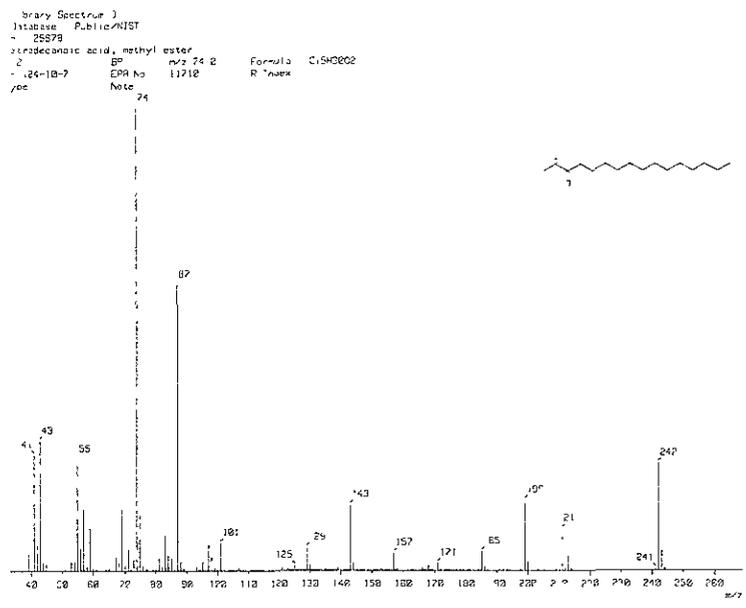


(TIC 1)
 Date : 12-Dec-96 16:25 Page. 1
 Data chapulin
 Sample *
 Note Dr-Rene-Miranda-AX505
 Inlet GC Ion Mode - E1+
 Ion Species Regular TIC Range m/z 33 to 650

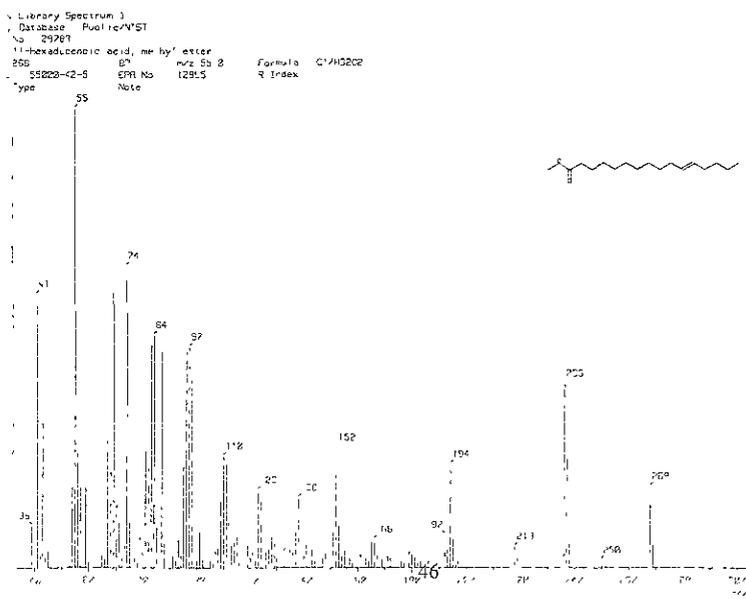
No	RT[min]	Area	Area%	Height	Height%	Width[sec]	INTEGR
1	17.56	378.52	1.26	69.67	1.54	5.10	EB
2	20.87	1852.83	6.19	399.02	8.83	6.36	BV
3	21.11	10554.39	35.22	907.08	20.08	10.93	VB
4	24.42	11671.74	38.95	1443.78	31.96	7.59	BB
5	24.75	2289.14	7.51	659.05	14.81	3.16	BV
6	24.82	2049.13	6.84	698.39	15.46	2.76	VV
7	24.93	687.32	2.29	251.45	5.57	2.57	VB
8	33.34	519.47	1.73	78.49	1.74	6.21	BB

Figura No. 10.- Cromatografo de gases de la mezcla de reaccion correspondiente a formacion de los esteres metilicos de los acidos grasos presentes en la grasa de *S. Purpurascens* Ch.

Figura No. 11.- Serie (a-f) de esteres metilicos proporcionados por la base de datos del espectrómetro de masas al comparar los componentes de la reacción de transesterificación de la grasa de *S. purpurascens* Ch.



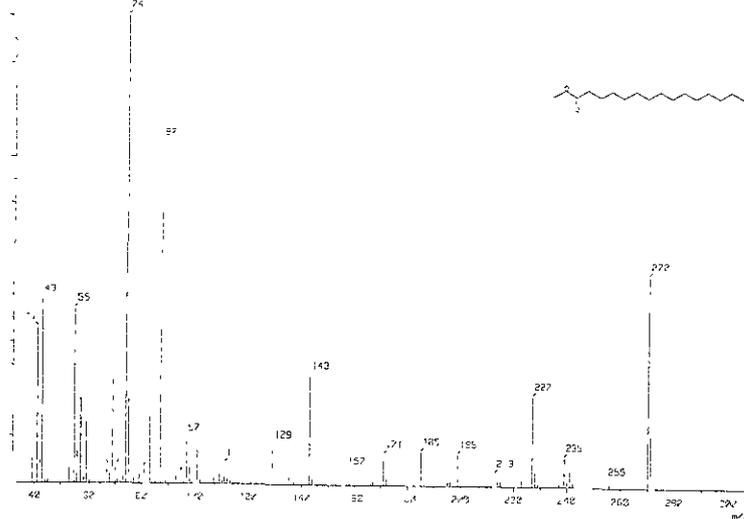
a



b

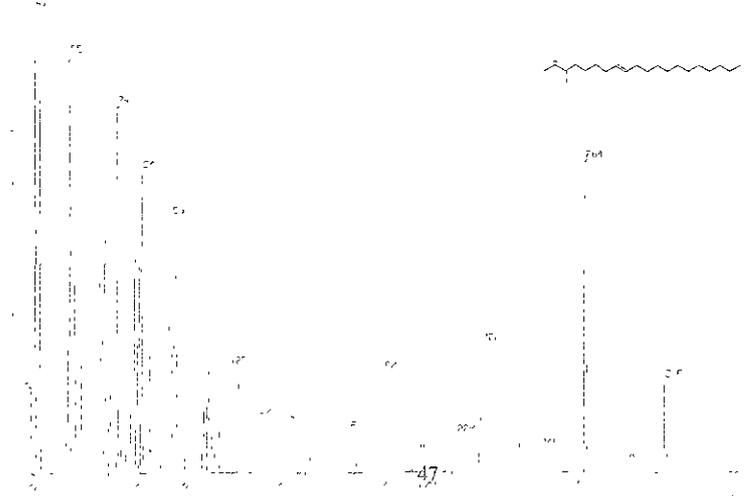
Figura No. 11 Continuación

Library Spec. run
 Database: NIST
 File: 10237
 Name: 274
 Formula: C₂₇H₅₄
 MW: 378.76
 CAS: 5129-62-2
 Type: Alkane
 Note: R⁺ 100% 1.12E+05 1.12E+05



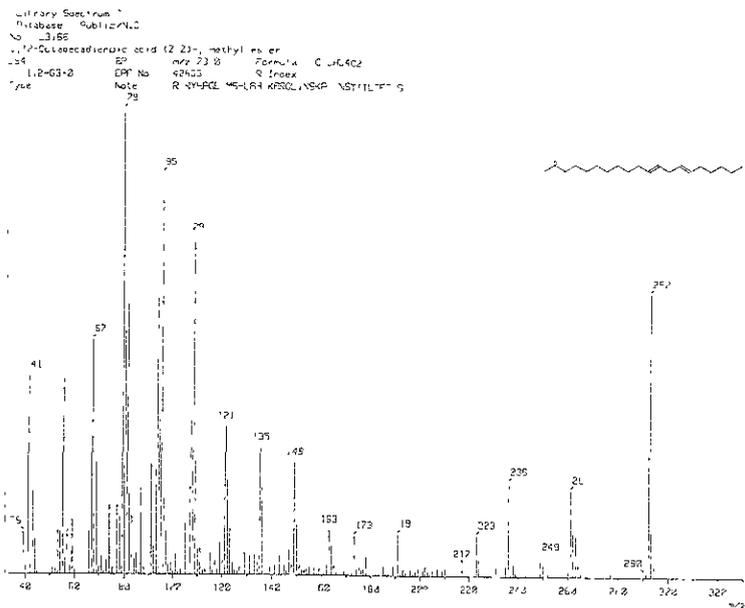
c

Library Spec. run
 Database: NIST
 File: 10237
 Name: 274
 Formula: C₂₇H₅₄
 MW: 378.76
 CAS: 5129-62-2
 Type: Alkane
 Note: R⁺ 100% 1.12E+05 1.12E+05

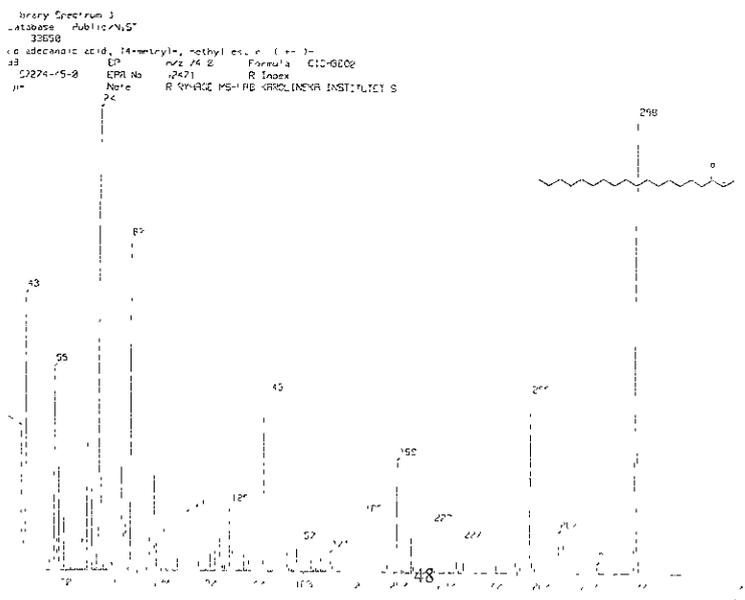


d

Figura No. 11 Continuación



e



e