

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo
Integral Regional, Unidad Oaxaca**



**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE
LOS RECURSOS NATURALES**

**EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD EN EL CICLO BIOLÓGICO DEL
CHAPULÍN *Sphenarium purpurascens* CHARPENTIER**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

SERVIO TULIO AQUINO OLMEDO

DIRECTOR DE TESIS:

DR. RAFAEL PÉREZ PACHECO

DR. GERARDO RODRÍGUEZ ORTIZ



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**Centro Interdisciplinario de Investigación
para el Desarrollo Integral Regional,
Unidad Oaxaca**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACION Y APROVECHAMIENTO DE
RECURSOS NATURALES**

(PRODUCCIÓN Y PROTECCIÓN VEGETAL)

**EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD EN EL
CICLO BIOLÓGICO DEL CHAPULÍN *Sphenarium
purpurascens* CHARPENTIER**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL
GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
PRESENTA**

SERVIO TULIO AQUINO OLMEDO

DIRECTOR DE TESIS:

DR. RAFAEL PÉREZ PACHECO

DR. GERARDO RODRÍGUEZ ORTIZ

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.

Enero 2015



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO**

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 08 del mes de enero del 2015 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA) para examinar la tesis de grado titulada: "Efecto de la temperatura y humedad en el ciclo biológico del Chapulin *Sphenarium purpurascens Charpentier*"

Presentada por el alumno:

Aquino

Apellido paterno

Olmedo

materno

Servio Tulio

nombre(s)

Con registro:

B	1	2	1	3	9	8
---	---	---	---	---	---	---

aspirante al grado de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA
Directores de tesis

Dr. Rafael Pérez Pacheco

Dr. Gerardo Rodríguez Ortiz

Dr. Jaime Ruiz Vega

Dr. José Antonio Sánchez García

Dr. Teodulfo Aquino Bolaños

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. José Rodolfo Martínez y Cárdenas



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
I.P.N.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 13 de Enero de 2015, el (la) que suscribe **SERVIO TULIO AQUINO OLMEDO**, alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**, con número de registro **B121398**, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Rafael Pérez Pacheco y Dr. Gerardo Rodríguez Ortiz y cede los derechos del trabajo intitulado: **"Efecto de la temperatura y humedad en el ciclo biológico del Chapulin *Sphenarium purpurascens* Charpentier"**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: posgrado@ipn.mx ó servioaquino@yahoo.com.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


SERVIO TULIO AQUINO OLMEDO



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
IPN.

A mi esposa "Ninfa Ruiz Santiago"

Y mis amados hijos

*La gratitud lo cambia todo. Por ello
Hoy quiero agradecer a:*

Mi Director de Tesis, Dr. Rafael Pérez Pacheco, mi tutor y consejero, por quien siento una gran admiración. A él le agradezco, sus consejos, paciencia, su gran generosidad y su plena disposición para dedicar parte de su tiempo en momentos de flaqueza. Fue un placer poder compartir y disfrutar de su experiencia y amistad.

Al Instituto Politécnico Nacional y al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca (CIIDIR-Oaxaca), por permitirme crecer en mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico brindado en el tiempo de realización de mis estudios de maestría.

Al Programa Institucional de Formación de Investigadores del IPN (BEIFI) por promover la integración de los alumnos con investigadores en proyectos.

Agradezco el apoyo del Dr. José Antonio Sánchez García por enriquecer este trabajo con su experiencia y comentarios.

Agradezco al Dr. Gerardo Rodríguez Ortiz por permitirme crecer en mi formación, gracias a las observaciones realizadas a esta investigación, Dr. por su disponibilidad, amabilidad y amistad, ¡muchas gracias!

Agradezco ampliamente al Dr. Jaime Ruiz Vega por la información proporcionada, guía, comentarios, observaciones al presente trabajo y ser tolerante conmigo.

Mi más amplio agradecimiento al Dr. Teodulfo Aquino Bolaños por las observaciones al trabajo de investigación, amistad y enseñanzas.

Un agradecimiento especial al M.C. Sabino Honorio Martínez Tomas por su paciencia, apoyo, tiempo y consejos en la realización de este trabajo, porque aunque no formo parte de mi comité siempre estuvo apoyando mi trabajo hasta el final. Además de brindarme su amistad y pasar muy buenos momentos de convivencia en mi estancia en la Bioplanta. ¡Gracias amigo!.

RESUMEN

Oaxaca es uno de los estados de los cuales el registro de su ortoptero fauna es casi nulo, solo hay registros de su colecta para consumo humano, pero no hay registros de su reproducción o conservación. En Oaxaca se encuentran muchas especies endémicas y con un gran valor cultural y (etno-entomológico). En el presente trabajo se presentan los resultados de proceso de cría de *Sphenarium purpurascens* Charpentier, donde se evaluó el efecto de la temperatura y humedad en el ciclo biológico de *Sphenarium purpurascens* Charpentier y se hace una descripción de la biología y comportamiento en cautiverio, su caracterización de conducta de apareamiento donde se observó que los machos iniciaron el apareamiento a los 13 días después de la última muda y las hembras a los 9.3 días, oviposición y su avivamiento. Para ello se realizaron colectas en el 2012, 2013 y 2014, en los municipios de Cuilapam, Zaachila, Zimatlan y Ejutla; estos pertenecen a los valles centrales de Oaxaca, en los sitios elegidos se observó que se encontraban poco perturbados y sin indicios de uso de contaminantes. Se obtuvo un promedio de cuatro ootecas por hembra con un promedio de 17 huevecillos esto en condiciones de laboratorio a $27^{\circ}\text{C} \pm 2.2^{\circ}\text{C}$ y en el avivamiento se observó que el tiempo mínimo para la eclosión fue de 143 días bajo condiciones de laboratorio y el tiempo máximo de 270 días se presentó en el testigo que estuvo bajo condiciones medio ambientales.

ABSTRACT

Oaxaca is one of the states in which registration of your orthoptero fauna is almost zero, there is only records from his collection for human consumption, but no records of their reproduction and conservation. In Oaxaca are many endemic species and a great cultural value and (ethno-entomological). In this paper the results of breeding process of *Sphenarium purpurascens* Charpentier, where the effect of temperature and humidity in the life cycle of *Sphenarium purpurascens* Charpentier was evaluated and a description of the biology and behavior in captivity is presented, its characterization mating behavior where it was observed that males mating began 13 days after the final molt and females at 9.3 days, oviposition and its revival. To do collections were made in 2012, 2013 and 2014, in the municipalities of Cuilapam, Zaachila, Zimatlan and Ejutla; these belong to the central valleys of Oaxaca, in the chosen sites was observed which were undisturbed and without evidence of use of pollutants. Ootecas average four female was obtained by averaging 17 eggs under laboratory conditions it at $27 \pm 2.2^{\circ}\text{C}$ and revival was observed that the minimum time to hatch was 143 days under laboratory conditions and the maximum time 270 days he appeared in the witness who was under environmental conditions.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	vi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 2. JUSTIFICACIÓN	4
CAPÍTULO 3. OBJETIVOS	5
3.1. Objetivo general.....	5
3.2. Objetivos específicos.....	5
CAPÍTULO 4. Hipótesis	5
CAPÍTULO 5. REVISIÓN DE LITERATURA	6
5.1 Generalidades de (Orthoptera: Pyrgomorphidae).....	6
5.2 Caracterización del género <i>Sphenarium</i> Chevrolat.....	8
5.3 Status taxonómico.....	8
5.4 Distribución geográfica del género <i>Sphenarium</i>	9
5.5 <i>Sphenarium purpurascens</i>	10
5.5.1 Ubicación taxonómica.....	10
5.5.2 <i>Sphenarium purpurascens</i>	10
5.6 Ciclo biológico.....	11
5.7 Distribución geográfica de <i>Sphenarium purpurascens</i>	21
5.8 Distribución altitudinal de <i>Sphenarium purpurascens</i>	22
5.9 Hospedantes.....	23
5.10 Diapausa.....	25
5.11 Biología y comportamiento.....	26
5.12 Ciclo biológico de <i>S. purpurascens</i> en laboratorio.....	28
5.13 Conducta de apareamiento, copula y oviposición.....	29
5.14 Requerimientos térmicos para el desarrollo de <i>S. purpurascens</i>	34
5.15 Hábitos alimenticios.....	39

5.16 Fenología.....	40
5.17 Alimentación.....	43
5.18 Importancia.....	43
CAPÍTULO 6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
6.1 Determinación de sitios de colecta.....	46
6.2 Colecta del material entomológico.....	47
6.3 Identificación de chapulines colectados.....	48
6.4 Cría de <i>S. purpurascens</i> Charpentier.....	48
6.5 Caracterización del apareamiento y oviposición de <i>S. purpurascens</i>	48
6.5.1 Experimento 1.- Efecto de la temperatura y humedad en el tiempo de desarrollo embrionario, eclosión y desarrollo del ciclo biológico.....	49
6.6 Tiempo de desarrollo del ciclo biológico de <i>S. purpurascens</i> en laboratorio.....	51
6.6.1 Experimento 2.- Efecto de incubación y frio en el ciclo biológico de <i>S. purpurascens</i>	52
CAPÍTULO 7. RESULTADOS.....	56
7.1 Sitios de colecta de <i>Sphenarium purpurascens</i>	56
7.2 Identificación de <i>S. purpurascens</i>	58
7.3 Biología y comportamiento de <i>Sphenarium purpurascens</i>	59
7.4 Caracterización de conducta de apareamiento y oviposición de <i>Sphenarium purpurascens</i>	60
7.5 Avivamiento de <i>S. purpurascens</i>	63
7.5.1 Experimento 1.- Efecto de la temperatura y humedad en el tiempo de desarrollo embrionario, eclosión y desarrollo del ciclo biológico.....	63
7.5.2 Experimento 2.- Efecto de incubación y frio en el ciclo biológico de <i>S. purpurascens</i>	66
7.6 Tiempo de desarrollo del ciclo biológico de <i>S. purpurascens</i>	68
7.6.1 Determinación de edades de <i>S. purpurascens</i> de las muestras traídas de campo.....	68
7.6.2 Determinación de edades de <i>S. purpurascens</i> de los avivamientos en laboratorio.....	70
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES.....	71
CAPÍTULO 9. BIBLIOGRAFÍA.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.		Pág.
1	Huevecillos de <i>S. purpurascens</i> tomada de Rangel-Manchain et al., (2005).....	12
2	Fenología del desarrollo de los huevecillos de <i>Sphenarium purpurascens</i> en la Reserva del Pedregal. N= 30 hembras sacrificadas y revisadas cada quince días. El periodo de oviposición inicia a finales de octubre y se puede extender hasta la primera quincena de enero. Tomada de Castellanos-Vargas (2001).....	13
3	<i>Sphenarium purpurascens</i> Charpentier, instares ninfales N1, N2, N3, N4, N5. Tomada de Anaya et al., (2000).....	17
4	<i>Sphenarium purpurascens</i> Charpentier, vista lateral.....	17
5	<i>Sphenarium purpurascens</i> Charpentier, A) macho, B) hembra, vista dorsal.....	18
6	<i>Sphenarium purpurascens</i> Charpentier, A) macho, B) hembra, vista lateral.....	19
7	Grupo de hospedantes preferidos por <i>Sphenarium purpurascens</i> ; según Navarro, 1999.....	24
8	Fenología de <i>Sphenarium purpurascens</i>	42
9	Distribución geográfica de los sitios de colecta de chapulín <i>S. purpurascens</i> en los Valles Centrales de Oaxaca.....	56
10	<i>Sphenarium purpurascens</i> vista lateral.....	58
11	<i>Sphenarium purpurascens</i> A) Hembra B) Macho.....	59
12	Figura 12: Apareamiento de <i>S. purpurascens</i>	61
13	Porcentaje de avivamiento de <i>S. purpurascens</i> en diferentes tipos de sustrato....	68

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Longitud de ootecas, profundidad de oviposición y tamaño de huevecillos de <i>S. purpurascens</i> Rangel-Manchain et al., (2005).....	12
2	Etapas de maduración de los ovarios y huevecillos de las hembras de <i>S. purpurascens</i> de la Reserva del Pedregal. N = 300 hembras sacrificadas y revisadas del 31 de agosto de 1999 al 13 de enero de 2000. Datos de Castellanos-Vargas (2001).....	14
3	Distribución altitudinal por rango de <i>S. purpurascens</i>	21
4	Listado de hospedantes silvestres y cultivados del chapulín de la Milpa <i>S. purpurascens</i> (Charpentier) Quijano-Carranza, J.A. (2011).....	22
5	Cuadro 5. Tiempo requerido por <i>S. purpurascens</i> para cumplir su ciclo biológico en condiciones de laboratorio Serrano y Ramos, (1990).....	28
6	Cuadro 6: Ciclo biológico de <i>S. purpurascens</i> en condiciones de laboratorio (T=25°+/-3°C, HR=60+/- 5% y Fotoperiodo 12:12, L:O ¹) en Chapingo, México Alfaro, (1995).....	28
7	Comparación de las de ootecas y los huevecillos de <i>Sphenarium purpurascens</i> en cuatro tipos de sitios contrastantes: M = sitios planos conservados con <i>Muhlenbergia robusta</i> , P = sitios planos perturbados con <i>Pennisetum clandestinum</i> , H = hoyos y G = grietas; éstos últimos con <i>Eupatorium petiolare</i> y <i>Dodonaea viscosa</i> . Valores promedio ± error estándar, Los valores entre paréntesis denotan el intervalo. Las letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey con $P < 0.05$	33

8	Temperatura base y unidades calor para el desarrollo de <i>S. purpurascens</i>	35
9	Duración promedio en días de cada estado de desarrollo de <i>S. purpurascens</i> en tres temperaturas y porcentajes de supervivencia Guzmán (1999).....	36
10	Grados día de desarrollo y temperatura base de cada instar de <i>S. purpurascens</i> Guzmán (1999).....	37
11	Contenido de aminoácidos de <i>S. purpurascens</i> Ramos-Elorduy <i>et al.</i> , (1997).....	45
12	Efecto de tratamientos de incubación y frío para el avivamiento de <i>S. purpurascens</i>	54
13	Numero de apareamientos, de ootecas, días entre puestas y tiempo de oviposición.....	63
14	Etapas evaluadas para el avivamiento de ootecas de <i>S. purpurascens</i> en laboratorio.....	64
15	Temperatura, humedad y precipitación presente en el proceso de avivamiento de ootecas de <i>S. purpurascens</i> bajo condiciones de campo.....	66
16	Avivamientos de <i>S. purpurascens</i> en laboratorio.....	67
17	Ciclo biológico de <i>S. purpurascens</i> en campo y laboratorio.....	68
18	Tiempo en días transcurrido entre los estadios de <i>S. purpurascens</i> colectados en campo y observados en laboratorio.....	70
19	Tiempo transcurrido en días por los estados ninfales (N) de <i>S. purpurascens</i> ciclo verano-otoño obtenidos bajo condiciones de campo.....	71
20	Tiempo transcurrido en días por los estados ninfales (N) de <i>S. purpurascens</i> ciclo otoño- invierno obtenidos bajo condiciones de laboratorio.....	71

CAPÍTULO 1.

INTRODUCCIÓN

Sphenarium purpurascens (Orthoptera: Pyrgomorphidae) en México es el ortóptero más abundante y presenta una distribución geográfica muy amplia que comprende el centro, sur y occidente en estados como Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Jalisco, Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Morelos, Distrito Federal, Estado de México, Chiapas y Tabasco (Navarro-Nava, 1999). Comúnmente se conoce como “saltamontes” o “chapulín de la milpa” ya que es abundante en agroecosistemas donde se cultiva maíz (Serrano-Limón y Ramos-Elorduy, 1989).

Sphenarium purpurascens es la especie de chapulín predominante en el estado de Oaxaca, ocasiona daños a la (milpa) asociación maíz, frijol, calabaza debido a la defoliación que efectúa (Ramos-Elorduy *et al*; 1984).

El control químico con paratión y malatión es la principal forma de control de esta plaga, sin embargo esta forma de control no es factible económicamente (Méndez, 1992). Sin embargo la idea de un manejo biológico ha ido en incremento. Independiente de las estrategias de manejo utilizadas, estas pueden ser optimizadas para mejorar la capacidad de toma de decisiones (Guzmán, 1999).

Aunque *Sphenarium purpurascens* es considerada una plaga de importancia local en ecosistemas agrícolas, también es uno de los insectos comestibles más importantes en México, que puede ser controlada a través de estrategias alternativas de manejo (FAO, 2013). Una de estas alternativas de control practicada en el estado de Oaxaca es la recolección con lo que el campesino no sólo incrementa sus

cosechas, sino además diversifica la alimentación y alivia un poco el problema de la falta de carne en la población, sobre todo la infantil.

Como alimento *S. purpurascens* es muy importante en las comunidades indígenas de Oaxaca debido a que tiene un valor nutritivo alto y son una fuente de proteína, vitaminas (Ramos-Elorduy *et al.*; 1988) y altamente digestibles (Ramos-Elorduy *et al.*, 1981).

La actividad de los insectos es influida por una combinación de factores inherentes al individuo, tales como: la alimentación, el desarrollo, los hábitos de oviposición y dispersión, y los factores medioambientales como la temperatura, la humedad y la intensidad de luz; estos son factores denso independientes que afectan la dinámica de poblaciones (Vejar 2004). La temperatura es un factor muy importante, porque depende de esta la duración del ciclo de vida del insecto. Así como la humedad relativa, para evitar la deshidratación de los estados de desarrollo más susceptibles de los insectos (huevecillo y pupa, o en cualquier fase inactiva). La iluminación es requerida por los insectos para regular sus actividades fisiológicas diarias o estacionales. De acuerdo con las condiciones mencionadas anteriormente Oaxaca con su clima semicalido subhúmedo presenta las mejores condiciones para la sobrevivencia de este insecto al no presentar temperaturas que puedan ocasionar la mortalidad de las ninfas de primer instar (Quijano-Carranza, 2011). Se estudió el efecto de la temperatura y humedad necesarias en el ciclo biológico del chapulín. Ya que de esta interacción depende la eclosión de huevecillos y desarrollo de *S. purpurascens*

CAPÍTULO 2.

JUSTIFICACIÓN

El estudio del Chapulín *Sphenarium purpurascens* es muy importante, debido a que en el Estado de Oaxaca el conocimiento de la ortoptero fauna es prácticamente nulo, a pesar que es una zona prioritaria de estudio por la diversidad de ortoptero ides que posee, por su localización tropical y la gran variedad de climas y tipos de vegetación que alberga, además por el valor cultural (consumo humano y etno-entomológico) de *S. purpurascens*, que también es la especie de chapulín predominante en el Estado de Oaxaca, su importancia es como alimento para las comunidades indígenas, pero en la actualidad la población de esta especie se ha visto disminuida por la captura excesiva para su consumo y comercialización, además que son fuente de alimento para aves migratorias como la garza blanca *Ardea alba* que en los últimos años se ha observado que es uno de sus más grandes depredadores en los Valles Centrales de Oaxaca, ya que los chapulines que se han convertido en una alternativa de sobrevivencia debido a la disminución de humedales, lagos y ríos de donde obtenían su alimento. Por esta razón este proyecto pretende conocer la importancia del efecto de la temperatura y humedad necesaria en el ciclo biológico del chapulín, para posteriormente desarrollar estrategias de producción masiva de esta especie en las comunidades rurales de los Valles Centrales de Oaxaca, como alternativa alimentaria y de comercialización.

CAPÍTULO 3

OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- Determinar el efecto de la temperatura y humedad en el ciclo biológico del chapulín *Sphenarium purpurascens*.

3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la temperatura y humedad en el ciclo biológico de *Sphenarium purpurascens*.
- Conocer la influencia de la temperatura y humedad del suelo, en el avivamiento del huevecillo.
- Evaluar la viabilidad de los huevecillos de *Sphenarium purpurascens* obtenidos en laboratorio.

CAPÍTULO 4.

HIPÓTESIS

La temperatura y humedad afectan la duración del ciclo biológico del chapulín *Sphenarium purpurascens* en el laboratorio.

CAPÍTULO 5.

REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. Generalidades de Orthoptera: Pyrgomorphidae)

Los ortópteros, llamados comúnmente saltamontes, grillos y langostas, constituyen un gran orden de insectos que comprende más de 20 mil especies, principalmente distribuidas en las regiones cálidas del planeta (**Fontana et al., 2007**). Una característica particular de los ortópteros está dada por sus dimensiones promedio superiores a cualquier otro orden de insectos. Por otra parte, son peculiares las patas posteriores de tipo saltatorio y la presencia difundida de los órganos estriduladores. Los ortópteros también tienen un origen muy antiguo.

La revisión de **Barrientos-Lozano (2004)** sobre los ortópteros mexicanos reporta 274 géneros y 920 especies; mientras que **Fontana et al. (2007)** citan 250 géneros y 651 especies.

Los ortopteroides tienen gran valor ecológico **Preston-Mafham (1990)**. Los ortopteroides son uno de los grupos de insectos más abundantes a simple vista, sobre todo en lugares abiertos y soleados como praderas, pastizales, zonas alteradas, bosques abiertos y campos de cultivo. Los ortópteros son los herbívoros dominantes en estos hábitats. Asimismo, ocupan un lugar muy importante dentro del ciclo de nutrientes de los ecosistemas, ya que consumen gran cantidad de biomasa vegetal, de la cual no ingieren toda y la excedente cae al suelo, donde resulta más disponible para la fauna desintegradora del suelo. Asimismo, son alimento de diversos depredadores vertebrados: reptiles, aves (pájaros y aves rapaces) y mamíferos (monos, zorros y guajolotes) (**Preston-Mafham, 1990; Capinera et al., 2004**).

El orden Orthoptera se diferencia de otros grupos de insectos por tener las patas posteriores adaptadas para saltar. Tienen distribución mundial, pero son más diversas en los trópicos (**Gwynne et al., 1996**).

El orden está subdividido en dos subórdenes, Ensifera y Caelifera, incluso algunos autores los consideran dos órdenes separados. Los Caelifera, por su parte, se caracterizan por tener las antenas cortas, compuestas de pocos antenitos (no más de 30) a veces ampliadas en el ápice, los órganos timpánicos (si es que están presentes) se ubican a los lados del abdomen, el aparato estridulatorio generalmente es de tipo fémur posterior-tegmina, las hembras presentan un ovipositor corto y robusto con forma de pinza y sus hábitos alimentarios son predominantemente fitófagos.

Existen diversos estudios en México sobre listados faunísticos de chapulines según **Salas-Araiza et al., (2003)**, cita diversos trabajos destacando los de Hebard (1932), Otte (1981, 1984), y Pfadt (1994) que señalan la descripción y distribución de chapulines en Estados Unidos y México; en los trabajos de Márquez-Mayaudón (1954, 1965, 1968) se determinan las especies de acrídidos de Puebla y Guerrero, y la composición de las especies de acrídidos, fásmidos, tetigónidos y grillos del Pedregal de San Angel; Descamps (1974) estudia los acrídidos del estado de Veracruz; Rivera (1986) llevó a cabo un estudio faunístico de los Acridoidea de Mapimí, Dgo.; Delgado *et al.* (2000) realizaron un análisis taxonómico de las diferentes especies de ortópteros, incluyendo a los acrídidos del área natural protegida Sierra Fría del estado de Aguascalientes, y Anaya-Rosales *et al.* (2000) elaboraron un manual para el diagnóstico de las especies de chapulines del estado de Tlaxcala y los estados circundantes.

Sin embargo la fenología de los ortopteroides mexicanos está muy poco documentada. El primer y único trabajo al respecto fue realizado por **García-García (2006)** para la comunidad de ortópteros del Parque Nacional el Cimatario, en el estado de Querétaro. La mayor parte de las especies poseen adultos entre septiembre y diciembre, pero algunas otras están presentes durante casi todo el año. Los registros de varias generaciones a lo largo del año, así como de la

existencia de diapausa no se tienen documentadas para muchas especies mexicanas.

El estado de Oaxaca es uno de los estados de los cuales el conocimiento de su ortoptero fauna es casi nulo, además de que este estado puede registrar una alta riqueza de especies, por lo cual se considera una entidad en la que este tipo de estudios es prioritario **(Cano-Santana et al., 2012)**.

5.2. Caracterización del género *Sphenarium* Chevrolat

Ubicación taxonomica

Orden: Orthoptera

Superfamilia: Acridoidea

Familia: Pyrgomorphidae

Subfamilia: Pyrgomorphinae

Género: *Sphenarium* Charpentier

Especies: *Sphenarium purpurascens* (Charpentier)

Sphenarium histrio (Gerstaecker 1873)

Sphenarium mexicanum (Saussure 1859)

Sphenarium magnum (Márquez 1962)

Fuente: Márquez, 1962

5.3. Status taxonómico

Pyrgomorphidae es una de las familias comprendidas dentro de la superfamilia Pamphagoidea del suborden Caelífera y sus primeros registros fósiles datan del Cretácico temprano. En el continente americano, la familia está representada por cuatro tribus de ortópteros exclusivamente tropicales, una de ellas es Sphenariini que comprende a la subtribu Sphenariina en la cual está asentada la especie

Sphenarium purpurascens descrita en 1842 por Charpentier (**Castellano-Vargas y Cano-Santana s/a**).

Este género fue descrito por Charpentier de 1841 a 1845, Márquez (1962) describe a las especies de *Sphenarium* basándose en sus genitales y reconoce 4 especies: *Sphenarium mexicanum* (Saussure); *Sphenarium purpurascens* (Charpentier); *Sphenarium histrio* (Gerstaecker) y, finalmente reconoce a *Sphenarium magnum* como nueva especie; Kevan y Boyle (1977) identifican dos especies más *S. variable* y *S. macrophallicum*.

El género *Sphenarium* se encuentra estrechamente emparentado con el género *Prospheana*, aunque este último no pertenece a las especies mexicanas ni se sitúa en México.

5.4. Distribución geográfica del género *Sphenarium*

En México se conocen unas 920 especies de langostas y chapulines (Barrientos-Lozano 2004). Otte, 1995, menciona 11, 000 especies de estos insectos en alrededor de 2, 400 géneros.

El género al que pertenece el “chapulín de la milpa” (*S. purpurascens*) es neotropical. Casi exclusivo de México, se reporta desde la Mesa Central hasta el norte y occidente del país (estados de Jalisco y Michoacán). Tiene una distribución amplia hacia el Sur de México hasta Guatemala y algunas islas del Caribe (Kevan, 1977). Respecto a las especies reportadas en México, se establece la siguiente distribución:

Sphenarium mexicanum (Saussure) se ubica en las partes bajas del sur de México, principalmente en los estados de Veracruz, Oaxaca y Chiapas; *S. purpurascens* (Charpentier) presenta una amplia distribución en la Republica, incluso mayor en relación a las demás especies, se distribuye en el centro (Estado de México, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Morelos, Distrito Federal), sur (Guerrero y Oaxaca),

Sureste (Chiapas, Tabasco) hasta Guatemala (Kevan, 1977); *S. histroi* (Gerstaecker) se encuentra más al sur de México (Oaxaca, Tabasco y Chiapas) hasta Guatemala y *S. magnum*, de la cual solo se registran especímenes colectados en la localidad de Santo Domingo, Oaxaca (Márquez, 1962); la especie *S. variabile*, se reporta su presencia solo en el estado de Oaxaca mientras que *S. macrophallicum* fue encontrado en el noroeste del estado de Guerrero (Kevan et al., 1977).

5.5. *Sphenarium purpurascens*

5.5.1. Ubicación taxonómica

Nombre común: “Chapulín de la milpa”

Orden: Orthoptera

Suborden: Caelifera

Superfamilia: Acridoidea

Familia: Pyrgomorphidae

Especie: *Sphenarium purpurascens* (Charpentier 1841-45)

5.5.2. *S. purpurascens*

Sphenarium purpurascens Charpentier (Orthoptera: Pyrgomorphidae) es considerada una plaga debido a que junto con los mamíferos, son considerados los herbívoros más importantes de pastizales en zonas templadas, las cuales son las principales zonas productoras de alimentos para el hombre (**Salas-Araiza & Salazar-Solis 2009**), sin embargo *S. purpurascens* es uno de los insectos comestibles más importantes de América del Norte (**Barrientos 1995**), representa una fuente de proteína para las comunidades indígenas de Oaxaca, actualmente constituyen un deleite en varios países del primer mundo y en Europa tienen una gran aceptación y demanda (**Ramos-Elorduy 1998**). Los chapulines contienen

entre el 70 y 77 % de proteínas, en comparación con la carne de res que tiene 50-57% (**Viesca-González 2009**).

5.6. Ciclo biológico

Es una especie univoltina, tiene una generación por año, que comienza en mayo, cuando los huevos emergen durante la temporada de lluvias (Cano-Santana, 1994). Los cinco estadios ninfales requieren aproximadamente de cinco a seis semanas para completar su desarrollo, las primeras ninfas se encuentran en campo entre los meses de mayo a junio (Serrano *et al.*, 1989); abundando los adultos entre los meses de septiembre a noviembre (Alfaro, 1995) y está activo a las 13 o 14 semanas (Serrano *et al.*, 1989).

Los chapulines presenta tres fases de desarrollo: huevo, ninfa y adulto.

Huevo:

La mayoría de las 12, 800 especies conocidas de chapulines, ovipositan en el interior del suelo en paquetes llamados ootecas, formadas por un grupo de huevos rodeados de espuma que segregan a través de las glándulas accesorias. Pueden ovipositar directamente en el suelo desnudo o hacerlo en las raíces de los pastos, bajo condiciones de temperatura, humedad y pH del suelo adecuadas (Pf- dat, 2002);, siendo la temperatura del suelo fundamental al escoger el sitio de ovipostura de los chapulines (Fisher (1992). El “chapulín de la milpa” presenta preferencia por suelos de textura franca (Pf- dat, 2002), existiendo una correlación positiva entre la cantidad de chapulines y el contenido de arcilla (Skinner y Child (2000).

La cantidad de huevecillos depositados por paquete puede ir desde 15 (Serrano-Limón y Ramos Elorduy, 1990) en promedio 29 a 31 (Serrano *et al.*, 1989) Alfaro, 1995) Rangel-Manchain *et al.*, 2005 o incluso hasta 38 (Castellanos-Vargas, 2001), la cantidad de huevos varía en función de los recursos del hábitat (Serrano-Limón y Ramos Elorduy, 1990). Los huevecillos ovipositados en el suelo permanecen en ootecas durante 17 semanas aproximadamente (Serrano-Limón y Ramos Elorduy-, 1990).

Las hembras pueden poner hasta dos ootecas (o vainas) con 35 huevecillos en promedio (intervalo: 10 a 55) a una profundidad de entre 1.5 y 3 cm (Camacho-Castillo, 1999; Castellanos-Vargas, 2001). Éstas son estructuras formadas por las secreciones mucosas de las glándulas accesorias que, al tocar las partículas del suelo conforman las paredes, así como un tapón esponjoso apical inconspicuo (Castellanos-Vargas, 2001; Marín-Jarillo *et al.*, 2006). Las ootecas permanecen en el suelo por más de cinco meses donde soportan cambios de temperatura extremos, así como la deshidratación por sequía (Castellanos-Vargas, 2001).

Los huevecillos se caracterizan por presentar una morfología semejante a la de un grano de arroz oblicuo, los extremos son medianamente aguzados, con terminación roma y coloración café obscura (Castellanos-Vargas, 2001; Marín-Jarillo *et al.*, 2006).

Los huevecillos miden 0.4 mm de longitud, son ovalados y con los extremos aguzados; recién ovipositados son de color crema, después presentan una coloración pardo brillante, mientras que en sus polos se encuentran más oscurecidos (Anaya *et al.*, 2000). El huevecillo, observado al microscopio, presenta una cubierta que está compuesta de numerosas cavidades de estructura de tipo hexagonal, como se observa en un panal de avispas.

La membrana de cada huevecillo, observada al microscopio, presenta una cubierta que está compuesta de numerosas cavidades de estructura de tipo hexagonal, como se observa en un panal de avispas.

En un estudio realizado por Rangel-Manchain *et al.*, 2005, para el control de chapulines en el estado de Guanajuato, menciona que *S. purpurascens* ovipositó en el laboratorio cerca de la base de los pastos, encontrando algunas ootecas adheridas a las raíces de los mismos y otras se encontraron enterradas en el suelo de manera independiente. Presentando forma cilíndrica y de pera. La colocación de las ootecas fue de forma inclinada.

Los huevecillos de *S. purpurascens* según Rangel-Manchain *et al.*, (2005) son ovalados, presentando en uno de sus extremos una banda circular lisa, que corresponde a la línea de eclosión presente en alrededor del opérculo; lo cual no

presenta una ornamentación característica del resto del corion, el cual está constituido en su totalidad por pequeños gránulos (Fig. 1). Los huevos recién ovipositados presentan una coloración amarilla y conforme maduran adquieren una coloración café-claro. El corion presenta una ornamentación en forma granular dando la apariencia de un empedrado (Fig. 1); La coloración es café claro.

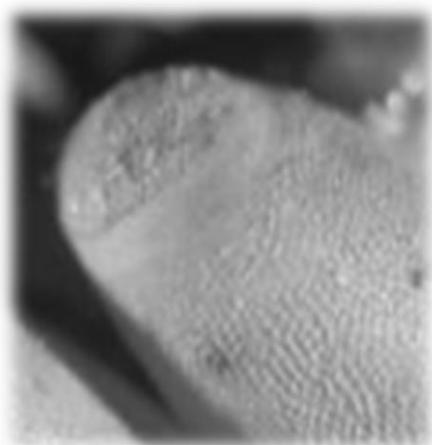


FIG. 1. Huevecillos de *S. purpurascens* tomada de Rangel-Manchain et al., (2005)

Las ootecas presentan en promedio una longitud de 1.59 cm y los huevecillos presentan una longitud promedio de 4.41 mm (Rangel-Manchain *et al.*, 2005) (Cuadro 1).

Cuadro1: Longitud de ootecas, profundidad de oviposición y tamaño de huevecillos de *S. purpurascens* (Rangel-Manchain et al., 2005)

Característica		N	Promedio	S
Ootecas	Longitud (cm)	26	1.59	0.35
	Profundidad 1 (cm)	25	1.38	0.88
	Profundidad 2 (cm)	26	2.7	0.84
Huevecillos	Huevecillos/Ooteca	57	32.72	8.82
	Largo (mm)	104	4.41	0.24
	Ancho (mm)	104	1.15	0.07

La maduración de los sus huevecillos de *S. purpurascens* comprende seis etapas: oviductos inmaduros, oviductos previtelogénicos, huevecillos en vitelogénesis temprana, huevecillos en vitelogénesis tardía, huevecillos terminales y huevecillos ovipositables (Fig. 2); el proceso de maduración les toma aproximadamente cinco meses (de mediados de septiembre a mediados de enero) (Castellanos-Vargas, 2001).

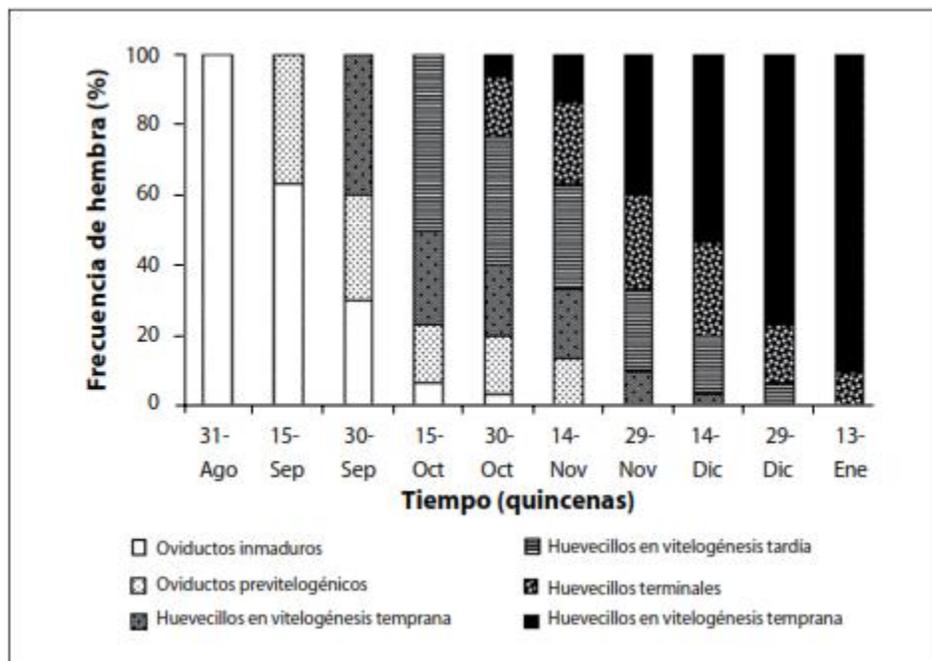


FIG. 2. Fenología del desarrollo de los huevecillos de *Sphenarium purpurascens* en la Reserva del Pedregal. N= 30 hembras sacrificadas y revisadas cada quince días. El periodo de oviposición inicia a finales de octubre y se puede extender hasta la primera quincena de enero. Tomada de Castellanos-Vargas (2001).

Los ovarios y los huevecillos modifican su coloración y gradualmente incrementan su tamaño conforme se acerca el momento de la oviposición (Cuadro 2).

Cuadro 2. Etapas de maduración de los ovarios y huevecillos de las hembras de *S. purpurascens* de la Reserva del Pedregal. N = 300 hembras sacrificadas y revisadas del 31 de agosto de 1999 al 13 de enero de 2000. Datos de Castellanos-Vargas (2001).

Etapa	Duración (en días)	Tamaño (mm)		Coloración	Estado fisiológico
		Ovarios	Huevecillos		
Oviductos inmaduros vacíos	16	<2.5	n.d.1	Blanquecina Aperlado	Inmaduros, sin fecundar
Oviductos previtelogénicos	60	2.5 a 4.0	n.d.1	Blanquecina Aperlado	Inmaduros, sin fecundar
Huevecillos en vitelogénesis temprana	76	5.0 a 7.1	1.5 a 2.3	Amarillo intenso Brillante	¿Inmaduros?, ¿sin fecundar?
Huevecillos en vitelogénesis tardía	76	7.2 a 8.5	2.4 a 2.9	Amarillo intenso brillante	Maduros, Fecundados
Huevecillos terminales	76	>8.6	3.0 a 4.5	Anaranjada a rojizo	Fecundados, ¿Sin diapausa?
Huevecillos ovipositables	76	>8.6	4.6 a 5.0	Café hialina a oscura	Fecundados, ¿Sin diapausa?

1n.d.=no detectado

Los huevos de los chapulines tienen enemigos naturales reportados por Salas-Araiza y Salazar-Solis (2009) y son Coleóptera: Meloidae, Carabidae, Cleridae y Tenebrionidae; Díptera: Bombyliidae; Hymenoptera: Scelionidae. Igualmente menciona que las ninfas y adultos tienen enemigos naturales como Díptera: Anthomyiidae, Asilidae, Sarcophagidae, Tachinidae y Nemestrinidae; Hymenoptera: Formicidae, Sphecidae, Vespidae, Mantodea y Araneae; Acari; Nematoda; Fungi: *Beauveria bassiana* Balsamo Aves; Mammalia y plantas carnívoras.

Ninfas (Fig. 3); Según Anaya *et al.*, (2000) *S. purpurascens* presenta cinco estadios ninfales.

Primer estadio (N₁)

Las ninfas del primer estadio son muy pequeñas (0.6 +/-0.1 mm.), de coloración pardo muy pálido con manchas a manera de puntuaciones de tipo circular de color

pardo oscuro, negro o ambos, distribuidos uniformemente en el cuerpo; éste es fusiforme con la cabeza proporcionalmente más grande que el resto del cuerpo en el que destacan los ojos por su dimensión. Las antenas se notan más gruesas en proporción al cuerpo y constan 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 bien desarrolladas, presentan una en cada lado del último segmento tarsal. Los segmentos abdominales son muy pequeños pero ya presentan cercos en la parte terminal. El sexo puede identificarse, sobre todo en los machos, en los que se ve claramente la placa subgenital; en las hembras, en cambio, las valvas apenas se distinguen.

Segundo estadio (N₂)

Las ninfas del segundo estadio son semejantes a las del primero, el cuerpo también es fusiforme pero con la cabeza un poco más alargada. La coloración parda pálida se torna más oscura y las manchas del cuerpo se vuelven más evidentes; las antenas son más oscuras en la parte dorsal que la ventral y también consta de ocho artejos. En la tibia de cada pata, las dos hileras de espinas se van engrosando de la parte basal a la distal, en donde al final de cada hilera se observan dos espolones; las uñas de los tarsos están más desarrolladas. Las ninfas miden 0.8+/- 0.3 mm.

En (N₂) la coloración parda pálida se torna más oscura y las manchas del cuerpo se vuelven más evidentes y miden (0.8 +/- 0.3 mm).

Tercer estadio (N₃) Anaya *et al.*, (2000)

El aspecto general de las ninfas es muy semejante al del segundo, tienen un tamaño (10.0 +/- 1.2 mm) y las manchas oscuras de la cabeza y cuerpo antes de forma circular se vuelven de forma irregular y variadas en tamaño anchas o angostas, entre tonalidades de color verde, amarillo, gris, pardo o negro, en diferentes proporciones y diferentes partes del cuerpo. Las manchas de las antenas se hacen más evidentes también; los ojos muy prominentes, también llegan a presentar pigmentación, sin seguir un patrón definido. Los esbozos alares aparecen en forma

de almohadilla ovaladas, en la parte lateral del tórax, en la unión de la coxa II con el metatórax. Las patas se ven más largas y la mancha parda, de la parte distal de las tibias se acentúa. Los genitales aumentan de tamaño, facilitando la diferenciación del sexo.

Cuarto estadio (N₄)

El cuerpo de éstas ninfas sigue siendo fusiforme pero se observa un poco más ensanchado en la parte media, miden (16 +/- 0.2 mm) presentan un aspecto más robusto y una coloración más definida, aunque la forma y color de las manchas varía mucho de un individuo a otro. Las antenas ya presentan los 14 artejos; los ojos presentan, en algunos casos, rayas de color pardo alternantes con amarillo sobre un fondo pardo claro. Los esbozos alares han crecido en forma de almohadillas más finas y de color pardo oscuro, esta coloración es variable entre los individuos y se encuentra ya fuera de la cobertura del pronoto. Las patas se vuelven más vigorosas aumentando de grosor, sobre todo los fémora del tercer par, las espinas de las patas se engrosan más. Los genitales externos se hacen más evidentes.

Quinto estadio (N₅)

Las ninfas miden (20 +/- 1.2 mm). Su cuerpo se alarga aún más por la distensión de los segmentos abdominales. La coloración general varía como en el estadio anterior, las antenas se vuelven largas y delgadas, con los mismos 14 artejos. Los ojos se observan más grandes, globulosos y de color negro; los esbozos alares se ven más alargados y son más evidentes. Las patas se observan más gráciles, pero las espinas y las uñas aumentan de tamaño y se tornan 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, solo que no están esclerosados como en los adultos.

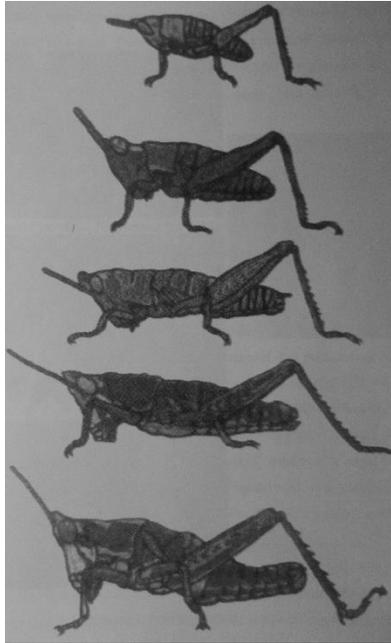


FIG. 3. *Sphenarium purpurascens* Charpentier, instares ninfales N1, N2, N3, N4, N5. Tomada de Anaya *et al.*, (2000).

Adultos

Pirgomórfido con el cuerpo robusto, aguzados hacia los extremos anterior y posterior (fusiforme) sin alas o éstas son vestigiales (braquípteros), de coloración variable de pardo oscuro a verde olivo brillante con manchas negras en todo el cuerpo y el pronoto tiene forma de silla de montar, éste es convexo y presenta una carina media bien definida, las alas llegan a alcanzar los tímpanos del primer segmento abdominal (Fig. 4).

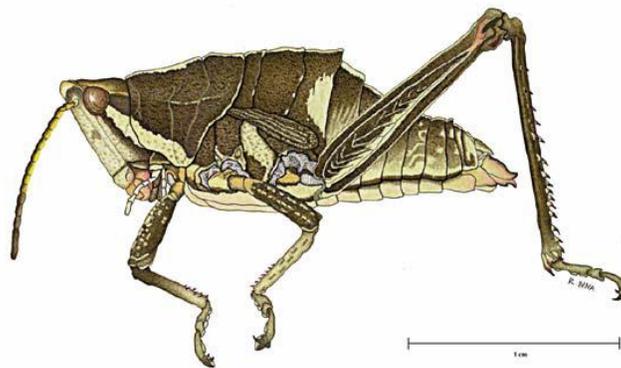


FIG. 4. *Sphenarium purpurascens* Charpentier, vista lateral.

La especie presenta variación en la coloración corporal aparentemente como una respuesta al tipo de vegetación en donde los individuos se desarrollan y forrajean, ésta puede ser: verde, negra, gris o café (Cueva del Castillo, 1994; Cueva del Castillo y Cano-Santana, 2001).

Los machos (Fig. 5A), generalmente son más delgados que las hembras, miden 2.075 ± 0.17 cm de largo por 0.78 ± 0.7 cm en su parte más ancha. Los ojos son muy prominentes en relación al tamaño de la cabeza que es de forma triangular; las antenas se observan más largas que en las hembras y constan de 14 artejos, las patas son más robustas, los fémora de los tres pares están engrosados, siendo más notorios los del tercer par. En la cara externa de las tibiae se observan dos hileras de espinas que se engrosan de la parte basal a la curo y distal, al final de cada hilera de espinas se localizan espolones. La parte distal de cada tibia se presenta de color pardo oscuro y aunque la coloración de las patas varía mucho en tonalidades. Existen dos variantes de machos de acuerdo a la forma del abdomen: en algunos individuos se presentan una elongación del mismo en comparación de otros y este carácter se manifiesta en todos los intervalos de tamaño (Fig. 6A).

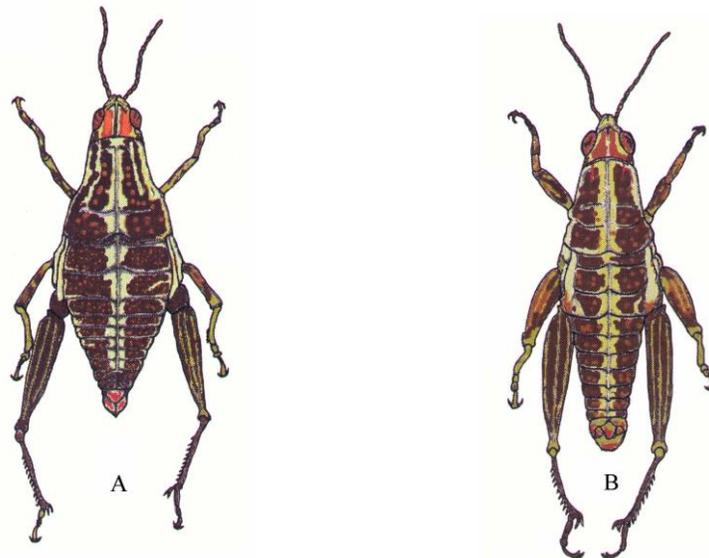


FIG. 5. *Sphenarium purpurascens* Charpentier, A) macho, B) hembra, vista dorsal.

Los machos pueden mostrar variaciones de la forma del abdomen, algunas veces éste es más elongado, y se pueden confundir con hembras (Casellano-Vargas y Cano-Santana, s/a).

Las hembras (Fig. 5B) se distinguen por su tamaño y coloración, son robustas debido al ensanchamiento que sufren en la parte correspondiente al meso y metatórax, miden 2.10 ± 0.19 cm de largo por 0.83 ± 0.09 cm en su parte más ancha; la coloración es más constante, la mayoría de individuos son de verde brillante y sin manchas aparentes en la región dorsal como se presenta en los machos, por otra parte, cuando las hembras han ovipositado sufren cambio de coloración de verde a pardo. La cabeza es más ancha que larga, los ojos son más pequeños y las antenas se notan más más cortas que en el macho aunque también constan de 14 artejos; las patas son más gráciles y los fémora menos desarrollados que en los machos (Fig. 6B).

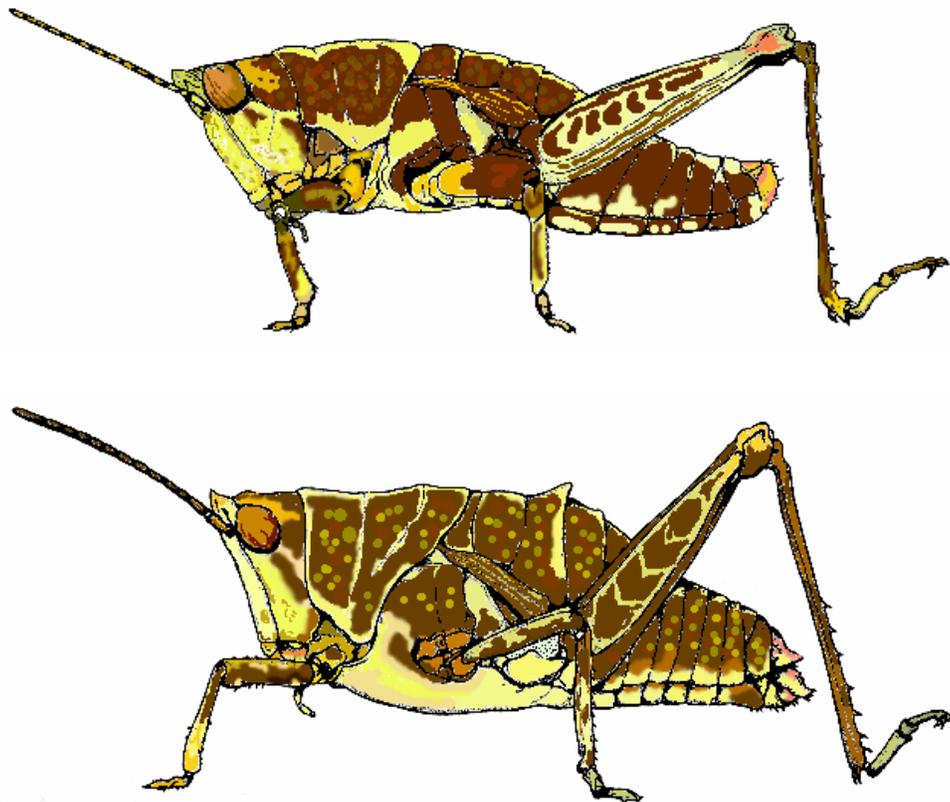


FIG. 6. *Sphenarium purpurascens* Charpentier, A) macho, B) hembra, vista lateral.

El aparato ovipositor ocupa el extremo distal del abdomen de las hembras y está conformado por cuatro valvas diminutas que tienen forma de tenazas muy esclerosadas cubiertas con abundantes sensilas mecánicas y quimiorreceptoras (Castellanos-Vargas, 2001; 2003).

5.7. Distribución geográfica de *S. purpurascens*

En México esta especie está presente en los estados de Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Guerrero, Puebla, Michoacán, Guanajuato, Jalisco, Tlaxcala, Nayarit, D.F., Morelos, Querétaro, Colima, Hidalgo y Tabasco (CESAVEG, 2010).

En el estado de Oaxaca solo existe un reporte de colecta de *S. purpurascens* Oaxaca, Oaxaca; 15/08/53. Col Márquez, O.A. Se colectó una hembra.

Dentro de los factores que determinan la distribución del “chapulín de la milpa” se encuentra la presencia de alimento, por tal motivo esta especie presenta una marcada tendencia a desarrollarse en áreas agrícolas, y dentro de este ámbito, dentro de las zonas de temporal, evidenciando que las altas infestaciones del insecto detectadas bajo esas condiciones, indica que *S. purpurascens* se presenta en plantas silvestres adyacentes a los lotes cultivados como bordos y/o canales de riego. La presencia de grandes densidades de población, se dispersan en la vegetación adyacente a los cultivos, como dentro de los mismos, cubiertos o no de malezas (Navarro, 1999). Esta conducta de comportamiento en su distribución obedece a las características del hábitat, heterogeneidad del clima, topografía, suelo y profundidad del mismo, distribución diferencial tanto de plantas como de animales, la heterogeneidad del suelo, afecta en gran manera las propiedades físicas (tamaño, dureza y grosor de las hojas, pubescencia, espinas) y químicas (contenido nutricional y de agua, metabolitos secundarios) de la vegetación, lo que condiciona la selectividad y preferencia hacia estas por parte de los chapulines (Navarro, 1999).

Otro factor que determina el fenómeno de distribución de *S. purpurascens* son las condiciones fisiológicas del chapulín (estado de hidratación, hambre), etapa biológica (ninfas, adultos, hembras gestantes, transición entre el último periodo

ninfal a la adulta) y adaptaciones fisiológicas (optimización del balance de nutrientes, dilución de metabolitos, quiescencia) (Mendoza y Tovar, 1996) que junto con los rasgos ambientales rigen la conducta distributiva del chapulín.

Un factor antropogénico que influye dentro de la conducta de distribución del chapulín son las modificaciones que las actividades humanas han ejercido en los ecosistemas (acondicionamiento de áreas para cultivo), de esta manera el hombre fomenta el desarrollo de comunidades bióticas diferentes que reemplazan a las nativas, representando así las formas biológicas dominantes, manifestándose en su gran diversidad y distribución dentro de estos ambientes antropogénicos, ubicándose junto a las plantas hospedantes dedicadas a la agricultura (Navarro, 1999).

5.8. Distribución altitudinal de *S. purpurascens*

La relación altitudinal de la distribución del “chapulín de la milpa” con el tipo de vegetación dominante, se ubica en un rango que oscila entre los 2180 y los 2700 msnm (Cuadro 3), dentro de la vegetación circundante de matorral xerófito, bosque de coníferas, bosque mesófilo de montaña, pastizal inducido y pastizal halófilo, presentándose diferentes estadios de desarrollo (ootecas, instares ninfales N1-N5, adultos), en plantas silvestres (cercanas a lotes cultivados) como cultivadas (Navarro, 1999).

Cuadro 3: Distribución altitudinal por rango de *S. purpurascens*

Rango altitudinal (m.s.n.m)	Número de colectas/rango	Número de colectas/rango
2180-2300	368	29
2301-2400	91	9
2401-2500	6	7
2501-2600	0	1
2601-2700	60	4
>2700	0	0
Total	60	50

5.9. Hospedantes

Sphenarium purpurascens es una especie considerada de régimen alimenticio generalista o polífago, se alimenta del follaje de los cultivos y también de especies silvestres como pastizales y árboles en potreros y agostaderos, pero manifiesta preferencia hacia cierto tipo de vegetación, en especial por plantas de hoja ancha, y que gran parte de ellas aparecen cuando inicia la temporada de lluvia, incluyendo especies cultivadas, presentando una gran distribución superficial (Cuadro 4). Se les encuentra adyacentes invadiendo áreas cultivadas como malezas que desarrollan su ciclo de forma simultánea, incluyendo a los cultivos, cuando se encuentran en una etapa en que las partes foliares y brotes son tiernas, son susceptibles al ataque del chapulín (Navarro, 1999).

Cuadro 4: Listado de hospedantes silvestres y cultivados del chapulín de la Milpa *S. purpurascens* (Charpentier) Quijano-Carranza, J.A. 2011

Nombre científico	Nombre común	Nombre científico	Nombre común
<i>Heliantus annuus L</i>	Girasol silvestre	<i>Boutelona curtipendula</i>	Pasto Banderita
<i>Kochia scoparia</i>	Coquia	<i>Digitaria decumbens</i>	Pasto pangola
<i>Polygonum spp</i>	Enredadera	<i>Panicum maximum</i>	pasto guinea
<i>Cynodon dactylon</i>	Pasto bermuda	<i>Zea mays L.</i>	Maíz
<i>Avena barbata</i>	Avena brava	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Frijol
<i>Hordeum spp</i>	Cebada	<i>Cucurbita pepo L.</i>	Calabaza
<i>Sorghum halepense</i>	Zacate johnson	<i>Vicia faba L.</i>	Haba
<i>Ambrosia spp</i>	Ambrosia	<i>Cicer arietinum L.</i>	Garbanzo
<i>Cynodon plectostachyus</i>	Pasto estrella	<i>Shorgum vulgare</i>	Sorgo
<i>Bouteloua gracilis</i>	Pasto Navajita	<i>Medicago sativa L.</i>	Alfalfa

La presencia de *S. purpurascens* está asociado con mayor frecuencia, en orden decreciente a especies pertenecientes a las familias de las Compuestas, Gramíneas, Leguminosas, Cactaceas (Navarro, 1999). (Fig. 7); El chapulín presenta preferencia por plantas con follaje carente de estructuras de protección como espinas o pubescencias, plantas dispuestas de forma que el chapulín tenga la facilidad de masticar, algunas de ellas poseen una área foliar amplia, su cobertura y densidad espacial es considerable, por lo que proporciona a esta especie una abundante fuente de alimento, la mayoría de estas plantas desarrollan su ciclo de forma simultánea, incluyendo a los cultivos, cuando se encuentran en una etapa en

que las partes foliares y brotes son tiernas, son susceptibles al ataque del chapulín (Navarro, 1999).

Es una especie que utiliza a gran cantidad de especies silvestres como hospedantes, que además de servir como alimento, son utilizadas como sitios de asentamiento (apareamiento, refugio y termorregulación) como por ejemplo: girasol silvestre, la “jarilla”, “acahual”, nopal, maguey y pastos (Alfaro, 1995).

Además de los hospederos antes mencionados, Navarro (1999), menciona las siguientes especies: “giganton” (*Tithonia tubaeformis* (Jacq.) Cass.), “acahual amarillo” (*Simsia amplexicaulis* (Cav.) Blake), “acahual blanco” (*Bidens pilosa* L.), “girasol morado o mirasol” (*Cosmos bipinnatus* Cav.), “confitillo” (*Parthenium hysterophorus* L.), “amargosa” (*Ambrosia artemisaefolia* S.), “estafiate” (*Artemisa mexicana* Will.), “pericon” (*Tagetes lucida* H.B.K.), “jarilla” (*Senecio* sp.), “diente de león” (*Taraxacum officinale* Weber), “flor de nabo” (*Brassica campestris* L.), “nabo cimarron” (*Raphanus raphanistrum* L.), “Duraznillo” (*Solanum rostratum* Dun.), “toloache” (*Datura stramonium* L.), “chayotillo” (*Sicyos* sp.), “tomatillo” (*Physalis* sp.) “maravilla” (*Mirabilis jalapa* L.), “pirul” (*Schinus molle* L.), “nopal” (*Opuntia* sp.), “maguey” (*Agave* sp.), “malva” (*Malva parviflora* L.), “verbena” (*Verbena* sp.), “avena silvestre” (*Avena fatua* L.) y pastos diversos de porte bajo (Rzedowski, 1978); sobre especies cultivadas se le encontró en tomate de cascara (*Physalis ixocarpa*) (Navarro, 199).

Existen condiciones biológicas y fisiológicas del chapulín que pueden ser determinantes en la conducta selectiva del tipo de vegetación. Los primeros estadios de desarrollo prefieren plantas con tejido tierno o blando, ya que sus mandíbulas se encuentran todavía sin la consistencia suficiente para alimentarse de vegetación con tejido duro (como ninfas recién eclosionadas o mudadas); puesto que el chapulín emerge en sincronía con la aparición de las plantas hospedantes, estas presentan tejido tierno, lo cual hace que las ninfas dispongan de alimento accesible y abundante (Navarro, 1999).

Los individuos de una misma población, pueden manifestar diferencias en su selectividad hacia la vegetación donde se establecen, este fenómeno es originado por el traslape de las diferentes etapas fenológicas del chapulín, consecuencia de la variación temporal en la eclosión de los huevecillos, lo que resulta en la distribución del insecto sobre un amplio número de plantas. (Navarro, 1999).

Si los chapulines están bien hidratados rechazan aquellas plantas que contienen una mayor cantidad de agua. Cuando las poblaciones de chapulín son considerables y la vegetación hospedante empieza a escasear, incluyendo cultivos, estas poblaciones se ven obligadas a trasladarse hacia lugares relativamente lejanos en áreas cultivadas (lomeríos y cañadas) en busca de alimento, en este punto, la preferencia puede ser relativa, puesto que tendrán que disponer de cualquier tipo de vegetación que encuentre, este proceso, se origina porque la mayoría de las plantas hospedantes se encuentran al final de su etapa fisiológica, lo mismo sucede para los cultivos (Navarro, 1999).

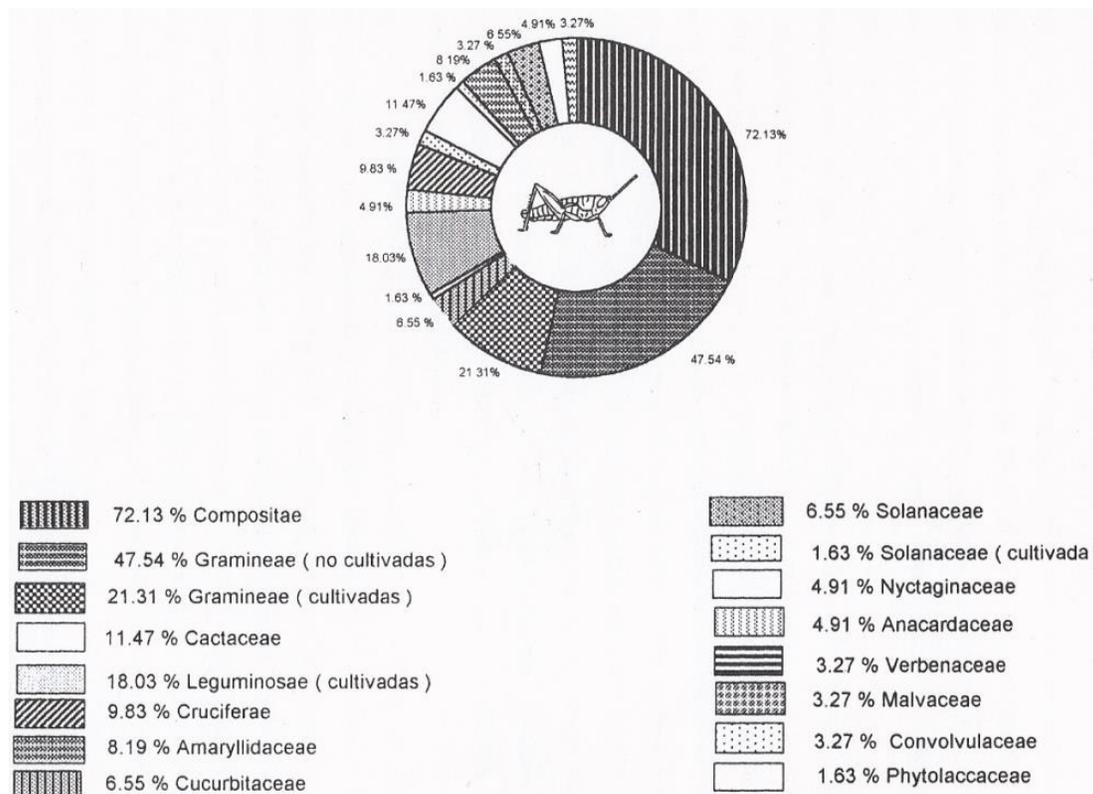


FIG. 7. Grupo de hospedantes preferidos por *Sphenarium purpurascens*; según Navarro, 1999.

5.10. Diapausa

La diapausa es un estado de latencia que sincroniza las fases activas de organismos a los períodos favorables para su desarrollo, el crecimiento y la reproducción (Tauber *et al.*, 1986). En *S. purpurascens* las etapas activas (ninfas y adultos) en Oaxaca se limitan a los meses más cálidos del año, desde finales de mayo a noviembre. Durante el resto del año, la población se encuentra enterrada en el suelo, en la etapa de huevo, por lo tanto, puede ser considerado un insecto univoltino con la intervención de una diapausa embrionaria.

El desarrollo embrionario ha sido comúnmente estudiado por medio de la morfogénesis embrionaria externa (Wardaugh 1978). Este tipo de estudio ha sido útil para una mejor comprensión de la diapausa embrionaria en varios ortópteros (Dingle y Mousseau 1994).

5.11. Biología y comportamiento

El “chapulin de la milpa” pasa el periodo invierno-primavera en estado de huevo. Emergiendo al inicio del periodo de lluvias en áreas denominadas gregarígenas; es decir áreas no perturbadas como orillas de caminos, bordes de parcelas, cercas de potreros, orillas de canales, etc., donde encuentran cierto resguardo de factores biológicos y ambientales que les permiten pasar su estado de diapausa en ootecas bajo raíces de pastos o de arbustos en zonas donde los suelos, sobre todo arcillosos son compactos. (Rangel-Manchain *et al.*, 2005).

Inicialmente se localizan alimentándose de malezas de hoja ancha y angosta; sin embargo, conforme pasa el tiempo se desplazan e invaden el cultivo, pero mientras dentro de este existan malezas de hoja ancha y angosta se mantienen. (Rangel-Manchain., *et al.*, 2005). Las ninfas se muestran más activas durante las horas de más calor y su actividad decrece muy temprano o por la tarde, concentrándose sobre las hojas. A medida que adquieren estados de desarrollo más avanzados

empiezan consumir el cultivo, por lo que es precisamente en este momento cuando se considera una plaga de suma importancia que requiere de atención inmediata (Rangel-Manchain., *et al.*, 2005). El aspecto característico de los daños de esta especie en cultivos y plantas silvestres se observa a través de la destrucción de la lámina foliar y cuando lo hacen los estados ninfales más desarrollados o los adultos, sólo dejan las base de los peciolos y en el caso de maíz la nervadura principal de las hojas o los tallos de la planta. (Quijano-Carranza, 2011).

Durante el proceso de muda se observan las exubias o cascarones del exoesqueleto, los individuos recién mudados tienen un aspecto frágil, con coloración más clara o pálida (verde muy tenue); la longevidad se presentó con más frecuencia en las hembras, las cuales tienen un periodo de vida de 15 días en promedio durante su confinamiento (Navarro, 1999).

Los adultos se muestran más activos durante las horas de más calor, y su actividad decrece muy temprano o por la tarde. Se les encuentra sobre las hojas, distribuidas casi uniformemente sobre la planta (Navarro, 1999). Permaneciendo ausentes durante los días nublados y frío, resguardándose del ambiente poco propicio para sus actividades, aglomerados en las yemas apicales de las plantas; en contraste cuando los días son soleados, por lo común, se les localiza sobre las plantas distribuidos de manera regular, es decir, sin aglomerarse, exponiéndose a los rayos solares (a partir de las 8:00 hasta las 12:00 h) presentando una atracción o fototropismo a la luz (Barrientos *et al.*, 1992). Pueden de igual forma presentarse en sitios sombreados (debajo de árboles y arbustos con follaje denso) durante las tardes (alrededor de las 14:00 hasta las 16:00 h) gracias a su mecanismo de termorregulación corporal (Navarro, 1999).

La cópula en adultos se realiza durante las tardes sobre las plantas y la oviposición se efectúa de 4 a 5 días después de la cópula. Las hembras realizan sus oviposturas de preferencia en suelos de textura franca a franco arenosa, con humedad de 12.9 a 13.9 %. Los huevecillos son puestos a una profundidad de 3 cm, en paquetes (ootecas) envueltos en una sustancia que se endurece y se vuelve de color pardo a

las pocas horas (Anaya y Navarro, 1998). Las oviposturas generalmente las realizan en lugares donde no hay movimientos de suelo por las labores de cultivo y en aquellos sitios con malezas perennes y anuales ubicadas en las orillas de las parcelas, caminos, zanjas, etc (Méndez, 1992).

La capacidad de movimiento de *S. purpurascens* se incrementa conforme transcurre su desarrollo. Las ninfas de 2° estadio registran un desplazamiento de 0.4 m/día, en tanto que los adultos lo hacen a razón de 1.2 m/día (Camacho-Castillo, 1999).

Las ninfas se alimentan preferencialmente en los sitios planos y abiertos; y en el verano al avanzar la temporada de lluvias, éstas no se mueven hacia los sitios abruptos y cerrados. Consistentemente, los adultos prefieren alimentarse en sitios con vegetación fresca y, hacia el final de la estación de lluvias al acercarse el otoño, se mueven a los sitios abruptos y cerrados donde dominan especies vegetales perennes de las cuales se alimentan (Castellano-Vargas y Cano-Santana, S/a).

5.12. Ciclo biológico de *S. purpurascens* en laboratorio

Este insecto presenta una metamorfosis simple o incompleta, es decir pasa por las etapas de huevo, ninfa y adulto, teniendo cinco estados ninfales (Coronado y Márquez, 1986)

La determinación del ciclo biológico de *S. purpurascens* según Serrano y Ramos, (1990) se realiza en un término de 86.4 días, a partir del nacimiento hasta la emergencia del adulto con una longevidad de 86.4 días; siendo el tiempo de incubación de los huevecillos de 166 días; el total del ciclo es de 252.4 días. Por este hecho, se considera a esta especie como univoltina, es decir, presenta una sola generación al año que va de mayo a Diciembre presentando una diapausa de cuatro meses en el estado de huevecillo; las primeras ninfas, en condiciones naturales se encuentran entre los meses de Mayo a Junio, abundando los adultos entre los meses de septiembre a Noviembre.

Cuadro 5. Tiempo requerido por *S. purpurascens* para cumplir su ciclo biológico en condiciones de laboratorio (Serrano y Ramos, 1990)

Estado o instar	Tiempo requerido (Días)
Huevo	166.0 +/- 3.0
Ninfa 1	15.5 +/- 7.1
Ninfa 2	12.5 +/- 4.7
Ninfa 3	13.9 +/- 6.3
Ninfa 4	21.0 +/- 5.1
Ninfa 5	23.5 +/- 4.8
Total del periodo ninfal	86.4 +/- 12.5
Adulto	86.4 +/- 19.8
Ciclo biológico total reportado	252.4 +/- 7.7
Ciclo biológico total real*	338.8 +/- 50.8

*Valor corregido por Alfaro (1995)

El ciclo de vida de *S. purpurascens* determinado por Alfaro (1995) requiere un tiempo promedio de 289.5 días bajo condiciones de laboratorio a 20°C (Cuadro 6). comparando con lo establecido por Serrano y Ramos, (1989) ese es más corto. Alfaro realizó la corrección de la suma de todas las etapas o estadios determinadas por Serrano y Ramos (1990) y resultó ser más prolongado que lo reportado por estas últimas (338.8 días), menciona que en este trabajo los estados de huevo y el periodo ninfal total, tiene un tiempo mayor. En el (Cuadro 5). Se muestra la duración en días de las diferentes etapas de vida de *S. purpurascens*

Cuadro 6: Ciclo biológico de *S. purpurascens* en condiciones de laboratorio (T=25° +/-3°C, HR=60+/- 5% y Fotoperiodo 12:12, L:O¹) en Chapingo, México (Alfaro, 1995)

Estado	N	Duración (Días)		
		Máximo	Mínimo	Promedio
Huevos en periodo A1*		60	60	60
Huevos en periodo B**		81	46	63.5
Periodo total del huevo	80	141	106	123.5
Ninfa 1	59	16	11	13.5
Ninfa 2	30	15	9	12
Ninfa 3	28	16	8	12
Ninfa 4	24	16	6	11
Ninfa 5	24	18	12	15
Total del periodo ninfal		81	45	63
Adulto	18	127	79	103
Ciclo total		349	230	289.5

¹*45 días a las condiciones indicadas más 15 días a 9°C +/-2°C

**Número de días a 25° +/-1°C

N Número de individuos analizados

5.13. Conducta de apareamiento, copula y oviposición

Los machos de esta especie son protándricos, y aquellos con los fémora más robustos y alargados, así como los que poseen el tórax más robusto, son los que ostentan un mayor éxito al momento de conformar parejas (Cueva del Castillo *et al.*, 1999; Galicia-Mendoza, 2002). En contraste con estos rasgos, la estrategia que las hembras utilizan para optimizar su adecuación es copular a temprana edad, con alta frecuencia y con la mayor cantidad de machos diferentes. Se ha sugerido que mediante estos mecanismos, las hembras aminoran las probabilidades de morir sin haber consolidado su evento reproductivo, asimismo, garantizan la fecundación total de sus huevecillos y logran alta variabilidad genética en su descendencia (Cueva del Castillo y Núñez-Farfán, 2002; Cueva del Castillo, 2003). Para comprender su ecología evolutiva, recientemente se ha sugerido que la expresión de algunas características importantes tales como la coloración, el tamaño corporal y el tiempo de desarrollo, pueden ser el largo del fémur III y el ancho del fémur I (Galicia-Mendoza, 2002). Se ha registrado una asociación directa entre la magnitud de la selección sexual por parte de las hembras y el largo promedio del fémur III y del tórax de los machos; asimismo, destaca una relación lineal negativa entre la magnitud de la selección y la varianza fenotípica de la longitud del fémur II, el largo del tórax y la anchura del fémur I (Castellano-Vargas y Cano-Santana, 2009).

Durante el proceso de apareamiento el macho de *S. purpurascens* se monta sobre la hembra uniendo las partes terminales del abdomen. A nivel de laboratorio, se observó a los adultos en posición de copula, pero sin la unión de los genitales. Este comportamiento se debe a un mecanismo para conservar el calor y que posiblemente la presencia del macho tiene un significado fisiológico, puesto que este no abandona a la hembra permaneciendo sobre ella (Serrano y Ramos, 1990). Los chapulines machos presentan un mecanismo para asegurar la fecundidad y así su descendencia denominado resguardo por Cueva-Del Castillo (1994), este mecanismo se establece después de la copula, permaneciendo el macho montado sobre la hembra, incluso durante la alimentación, hasta el inicio de la oviposición.

El comportamiento de resguardo se da por motivo de una competencia entre los machos para tener acceso a las hembras receptivas y se manifiesta en un enfrentamiento físico por desplazamiento entre estos. Así mismo se presenta una conducta de rechazo de las hembras hacia el macho, ya que estas obstaculizan la monta al levantar el tercer par de patas; en caso de no evitarlo, la hembra responde mediante la contracción del abdomen no permitiendo el contacto genital y simultáneamente violentas sacudidas con la finalidad de liberarse del macho no deseado Cueva-Del Castillo (1994).

Los machos al formar las parejas y copular, no son capaces de discriminar entre hembras vírgenes y aquellas con experiencia reproductiva previa. Sin embargo, sus resultados apuntan a una preferencia de los machos por copular por períodos más prolongados con las hembras que ya se habían apareado previamente. Estos autores sugieren que los machos no son capaces de detectar la presencia de esperma previamente depositado en el tracto reproductivo de las hembras. Una razón de esto es que el esperma posee a una alta tasa de absorción en el tracto y no se descarta que este factor también promueva la permanencia prolongada de los machos en conducta de resguardo post-copulatoria (Cueva del Castillo, 2003; Garza-López y Cueva del Castillo, 2006). Finalmente, estos autores han sugerido que la elección de pareja por parte de los machos puede estar relacionada con la maduración diferencial de los huevecillos en los ovarios, prefiriendo a aquellas que los posean listos para la fecundación.

El periodo de resguardo de un macho es de 7 días, tiempo en el cual permanece montado en la hembra. La duración de la protección está relacionada con el tamaño del cuerpo masculino y femenino, así como con la historia de apareamiento de la hembra. La mayor duración de protección se registra a mediados de la temporada reproductiva, cuando la probabilidad de encuentro entre los sexos (proporción de sexos y densidad poblacional) va decreciendo, asociado al inicio de la temporada seca. Este mecanismo de resguardo está asociado con individuos grandes en ambos sexos, así como con hembras que tuvieron más parejas anteriores. Existe una relación positiva en el tiempo de resguardo respecto al tamaño y edad del

cuerpo de la hembra y el macho con el número de copulas realizadas por los machos. Tal vez los machos invierten tiempo y espermatozoides en las hembras en función de la probabilidad de la competencia espermática. Los machos reducen la posibilidad de competencia y las hembras obtienen beneficios nutricionales para sus crías como resultado de copulas múltiples. Los cambios en el tiempo de resguardo del macho y el número de cópulas es el resultado de limitaciones fisiológicas como la producción de espermatozoides, así como de limitaciones ecológicas tales como la disminución en la disponibilidad de alimentos asociada al inicio de la temporada seca. (Del Castillo, 2003).

Cuando el macho logra mantenerse sobre la hembra, no obstante de mostrar resistencia, o aun con el disturbio de otro macho intruso, este termina copulando con ella cuando esta distiende su abdomen y la resguarda hasta que da inicio la etapa de oviposición, (Anaya, 1999). En campo este proceso se presenta a mediados de octubre, incluso a finales del año (Navarro, 1999).

Esta conducta de apareamiento está influenciada por varios factores, tales como el tamaño corporal, la diferencia temporal en la madurez sexual de machos y hembras (Protandria), la variación en la proporción sexual y la densidad de población (Cueva-Del Castillo (1994).

La conducta de oviposición consta de seis etapas según Castellano-Vargas (2001): una etapa exploratoria del suelo con las antenas; posteriormente, llevan a cabo movimientos peristálticos del abdomen y del ovipositor que suceden previamente a una fase exploratoria del suelo con el ovipositor. La hembra prosigue con actividades de excavación y, finalmente, lleva a cabo hasta 17 intentos de oviposición para depositar una ooteca. Castellanos-Vargas (2003) confirmó que los principales órganos sensoriales involucrados en la selección del sitio de oviposición son las antenas y el ovipositor al destacar una importante presencia de sedas mecánicas y quimiorreceptoras sensibles a la textura, compactación, humedad y posiblemente, al pH y la salinidad del sustrato.

Las hembras buscan sitios más adecuados para la ovipostura, en especial por condiciones de humedad para proteger los huevecillos contra la desecación (Serrano y Ramos, 1990). Las hembras ovipositan preferencialmente en sitios con topografía plana que ostentan un estrato vegetal herbáceo dominado por pastos como *Muhlenbergia robusta* y *Pennisetum clandestinum*. en estos sitios las hembras depositan ootecas de mayor volumen con huevos significativamente más grandes que las que lo hacen en los hoyos y en las grietas. El patrón de distribución espacial de las ootecas es agregado y se localizan entre los rizomas de este pasto, presentando un mayor que aquellas ovipositadas en lugares con topografía abrupta y fisonomía cerrada (grietas y ollos). Las hembras al ovipositar evaden la presencia de las plantas perennes (Castellano-Vargas y Cano Santana, s/a).

Con respecto a la postura en el laboratorio, estas ocurren a la orilla del recipiente como apoyo para facilitar la introducción del abdomen y así poder depositar su Ooteca. Durante la oviposición la hembra en un determinado sitio empieza a introducir el abdomen hasta que está completamente dilatado y queda dentro del suelo hasta el nivel del tórax) Serrano y Ramos, 1990.). Las hembras permanece ovipositando por contracciones del abdomen por varias horas (un promedio de 4 horas) Serrano y Ramos, 1990).

Las hembras en el laboratorio prefirieron ovipositar en suelos cuyos diámetros de partículas se encuentran entre 0.07 y 0.2 mm, lo cual corresponde al intervalo de arena fina, evadieron suelos con fracciones de partículas menores a 0.004 mm (Castellanos-Vargas y Cano Santana (2001). El porcentaje de arcilla en el suelo para la oviposición de *S. purpurascens* es la característica edáfica mas importante, seguida de la compactación y porcentaje de arena (Castellanos-Vargas, 2001).

Las características edáficas que las hembras de *S. purpurascens* eligen para ovipositar son: alta porosidad (del 30 al 32%), predominancia de arenas (del 30 al 31%), baja humedad (de entre 0 al 30%) y baja compactación (0.44 ± 0.12 kg/cm²). Además, evaden la presencia de altos porcentajes de arcilla (> 19.6%), así como

altos niveles de humedad (> 25.5%), de materia orgánica (> 15.5%) y de compactación (> 0.56 ± 0.16 kg/cm²). Los sitios preferidos por las hembras para ovipositar son los planos y abiertos con predominancia de pastos y hierbas anuales (Castellanos-Vargas y Cano-Santana (2009) (Cuadro 7).

Cuadro 7: Comparación de las de ootecas y los huevecillos de *Sphenarium purpurascens* en cuatro tipos de sitios contrastantes: M = sitios planos conservados con *Muhlenbergia robusta*, P = sitios planos perturbados con *Pennisetum clandestinum*, H = hoyos y G = grietas; éstos últimos con *Eupatorium petiolare* y *Dodonaea viscosa*. Valores promedio ± error estándar, Los valores entre paréntesis denotan el intervalo. Las letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey con $P < 0.05$.

Hábitats	Peso Ooteca (mg)	Volumen Ooteca (cm ³)	Huevecillos/ooteca	Longitud huevecillos (mm)
M	92.5 ± 6.7 a (91.5-93.5)	0.35 ± 0.02 b (0.25-0.45)	34.8 ± 1.7 a (30-39)	4.3 ± 0.2 b (3.9-4.5)
P	114.6 ± 8.1 a (98-115)	0.56 ± 0.04 a (0.55-0.56)	40.3 ± 1.6 a (37-41)	5.1 ± 0.6 a (5.1-5.3)
H	50.1 ± 14.0 b (45-55)	0.28 ± 0.04 c (0.23-0.27)	23.2 ± 12.1 b (18-25)	4.2 ± 0.4 b (4.0-4.5)
G	48.0 ± 1.9 c (43-51)	0.26 ± 0.07 c (0.23-0.29)	13.3 ± 7.3 c (10-17)	2.6 ± 0.4 c (2.5-2.7)

Una vez que ha ocurrido la postura, la hembra retira el abdomen, el cual se observa dilatado; poco después el abdomen se retrae completamente, viéndose las hembras como si fueran de un tamaño menor. Algunas hembras pierden parte del abdomen después de la oviposición y mueren horas después. Algunas hembras ovipositan un solo día y no vuelven hacerlo más, otras en cambio pueden volver a ovipositar, a menudo se observan agujeros en el suelo que no contienen ootecas por lo que se cree que estas primero hacen intentos de ovipostura, o tratan de localizar en el suelo un sitio más adecuado. En algunas ocasiones se observa a los machos sosteniendo a las hembras durante la postura, sujetándola del tórax y no la deja hasta que termina la puesta (Serrano y Ramos, 1989).

5.14. Requerimientos térmicos para el desarrollo de *S. purpurascens*

La temperatura es uno de los factores ambientales que más afectan al crecimiento y desarrollo de los insectos. A diferencia de otros organismos que pueden regular sus temperaturas corporales, los insectos ven afectada su velocidad de desarrollo (López, 1991; Raworth, 1994).

Uno de los principales factores que Gage *et al.*, (1976) considera como necesarios para poder predecir la ocurrencia de los estados de desarrollo de los chapulines, es el desarrollo embrionario, estos autores mencionan que este desarrollo es importante y varía año con año, ya que depende del calor recibido en diferentes partes del suelo de la oviposición, así como las características topográficas y la vegetación existente lo que ocasiona una variación en la fecha de eclosión y el periodo de duración de esta eclosión. Por su parte, Hewitt (1979), calculó que para la eclosión de los huevecillos de *M. sanguinipes* y *Amphitornus coloradus*, la temperatura del suelo debe estar por arriba de 15°C durante 200h, lo que equivale a 2466 grados días de desarrollo (GDD). Kemp y Onsager (1986), desarrollaron un modelo para el desarrollo fisiológico de seis especies de chapulines, en donde combinaron el desarrollo dependiente de la temperatura del insecto y la variación estocástica inherente empleando una distribución de probabilidad logística para describir el tiempo de desarrollo de instares para cada generación en función de GDD acumulados; con esto, encontraron que existen diferencias significativas en la fenología estacional entre generaciones de poblaciones para cada especie que ellos evaluaron.

Las tasas de desarrollo ninfal en chapulines como en otros insectos son en principio una función de la temperatura (Guzmán, 1999). La aparición del primer estadio ninfal está influenciado por la temperatura y precipitación.

Existe una relación directa entre la temperatura y la duración de cada uno de los estadios de desarrollo de *S. purpurascens* ya que en los seis estadios. La temperatura es el principal factor ambiental que influye en el desarrollo de los

insectos. Dentro de ciertos límites, las temperaturas producen mayores tasas de desarrollo debido a que las reacciones bioquímicas dentro del cuerpo del insecto suceden más rápidamente; también se sabe que al incrementar la temperatura, las tasas de difusión para sustratos, enzimas o ambas se incrementan en el cuerpo de insecto, dando como resultado una mayor formación de complejos sustrato-enzima, y estas altas temperaturas proveen mayor energía para el requerimiento de estas reacciones (Guzmán, 1999).

La termorregulación de los chapulines consiste en poder incrementar su temperatura corporal para optimizar las temperaturas ambientales, lo cual podría alterar los Grados de Desarrollo reales (GDD) (Guzmán 1999). Al respecto Alfaro (1995) determinó que la temperatura óptima para el desarrollo de *S. purpurascens* bajo condiciones de laboratorio en la mayoría de sus etapas de vida es de 25°C, con excepción del adulto y la ninfa 4, los cuales presentan mayor supervivencia a los 20°C, la temperatura mínima para los tres primeros estadios ninfales es de 16.5 a 16.7°C, para la ninfa 4 es de 11.9 y para ninfa 5 de 15.9 °C. En el (Cuadro 8) se presenta la temperatura base y las unidades calor para el desarrollo de *S. purpurascens* (Alfaro, 1995).

Cuadro 8: Temperatura base y unidades calor para el desarrollo de *S. purpurascens*.

Etapa de vida	UC	Tb
Eclo	205.6	
N1	273.02	16.5
N2	339.48	16.7
N3	404.24	16.7
N4	519.66	11.9
N5	629.01	15.9

Respecto a la a temperatura óptima para el desarrollo de *S. purpurascens* Guzmán (1999) determinó las constantes térmicas grados de desarrollo (GDD) y temperatura base (Tb) para cada uno de los estados de *S. p.* y se comprobó su predicción de aparición y ocurrencia de los picos máximos de población de cada una de las edades de este chapulín en condiciones de campo de *S. purpurascens*, determinando una temperatura para la mayoría de los estadios ninfales de 25°C,

excepto en la N4 y el adulto, los que presentaron mayor supervivencia a los 20°C, coincidiendo con lo propuesto por Alfaro (1995).

Las temperaturas inferiores a 20°C son determinantes en la biología de esta especie ya que ocasionan la muerte de más del 50% de las ninfas del 1er instar (Guzmán, 1999). Por lo que se presenta una mayor sobrevivencia de los inmaduros, en zonas con temperaturas superiores observándose mayores densidades de población del insecto *S. purpurascens* presentó un mayor tiempo de desarrollo a los 20°C y el menor a los 30°C, esta relación entre tiempo de desarrollo (Guzmán, 1999) (Cuadro 9).

Cuadro 9: Duración promedio en días de cada estado de desarrollo de *S. purpurascens* en tres temperaturas y porcentajes de supervivencia (Guzmán 1999)

Estado de desarrollo	Temperatura C	Desarrollo (Días)	Desviación estándar	% de supervivencia
N1	20	17.11	3.43	45.00
	25	08.95	1.86	78.00
	30	04.85	1.27	77.00
N2	20	19.48	3.85	60.00
	25	08.04	2.72	92.30
	30	04.89	1.30	83.11
N3	20	17.63	3.91	59.25
	25	08.86	2.61	87.50
	30	04.79	1.72	82.80
N4	20	15.25	3.30	100.00
	25	08.30	1.25	85.71
	30	06.57	2.07	86.79
N5	20	21.25	6.90	81.25
	25	15.18	4.06	92.59
	30	07.27	2.84	80.43
Adulto	20	95.00	9.04	92.30
	25	61.71	9.88	76.00
	30	24.33	2.99	32.43
Total	20	186.16		
	25	111.04		
	30	52.70		

Las diferentes edades de *S. purpurascens* están adaptadas a las condiciones de temperatura en campo. Aparentemente los tres primeros estadios están adaptados

a temperaturas cálidas. Las temperaturas medias durante la incidencia en campo de estos tres primeros estadios (de junio a septiembre) es de 18.9°C, mientras que los meses siguientes (de octubre a diciembre) la temperatura media ambiental promedio descendió a 15.6C (Guzmán 1999).

Encontrando que cada uno de los estados de desarrollo de *S. p* presentan diferentes requerimientos térmicos (GDD y Tb), los tres primeros estados están adaptados a temperaturas relativamente altas con una Tb promedio de 16.6 °C, mientras que los tres estados posteriores incluyendo el adulto poseen una mayor resistencia al frio con una Tb promedio de 15°C; el cuarto estado ninfal es el que posee la mayor resistencia al frio con una Tb de 11.9 °C. (Guzmán, 1999)

Los estadios N1, N2 y N3 poseen un requerimiento térmico (GDD) promedio de 66.21 GDD; las ninfas 4 y 5 poseen mayores requerimientos 115.42 y 109.35 GDD respectivamente y el estado adulto es el estado con mayor requerimiento térmico 327.06 GDD. Existe una diferencia en los requerimientos térmicos del adulto y de los demás estadios, debido los procesos fisiológicos de reproducción del insecto lo cual involucra diferentes procesos fisiológicos y por ende mayor demanda energética lo que se traduce en un mayor requerimiento térmico (GDD) para completar su ciclo (Guzmán 1999) cuadro 10.

Cuadro 10: Grados día de desarrollo y temperatura base de cada instar de *S. purpurascens* (Guzmán 1999).

Estado de desarrollo	GDD	Tb
N1	067.60	16.5
N2	065.28	16.7
N3	065.76	16.7
N4	115.42	11.9
N5	109.35	15.9
Adulto	327.06	17.6
Total	735.09	16.8

La existencia de diferentes porcentajes de supervivencia a diferentes temperaturas Cuadro primero sugiere la existencia de temperaturas umbrales mínimas y máximas, variando de acuerdo con la edad del insecto, debido a que los requerimientos térmicos y temperaturas bases varían según la edad del insecto. La

temperatura umbral mínima se define como la temperatura mínima en donde aún pueden ocurrir reacciones bioquímicas; y la temperatura umbral máxima como aquella en la cual el desarrollo del insecto alcanza su máximo, ya que al incrementar aún más la temperatura estas pueden llegar a producir cambios estructurales en el control de enzimas, provocar un mal funcionamiento en el control de estas e inclusive desnaturalizar algunas proteínas (Guzmán, 1999).

De igual forma la temperatura influye sobre la tasa alimentara de los chapulines en *M. sanguinipes*, Lactin y Johnson (1995), encontraron que la tasa alimentaria se incrementa junto con la temperatura hasta un máximo y luego decrece; la temperatura que presentó la máxima tasa alimentaria fue a 35°C para los instares 1 y 2; y 40°C para el tercer a quinto instar.

5.15. Hábitos alimenticios

S. purpurascens presenta dos tipos de comportamiento en relación a la vegetación donde se desarrolla: la alimenticia y la de asentamiento (Mendoza y Tovar 1996), en la primera, muestra un hábito generalista (polífago), ya que encuentra alimento en una gran diversidad de especies de plantas, tanto cultivadas como silvestre, sin embargo, existe mayor preferencia hacia algunas en relación a otras y este patrón se observa cuando los chapulines se desplazan de planta en planta seleccionando su alimento. Posiblemente este hábito, puede estar relacionado con los siguientes aspectos: la capacidad de aceptar y rechazar el alimento en base a sus necesidades nutrimentales, en su capacidad de diluir compuestos secundarios, de optimizar el balance de nutrientes, de la distribución diferencial de los estadios de desarrollo, los cuales se traslapan temporal y espacialmente; las condiciones biológicas como hembras en gestación y la transición entre la última etapa ninfal hacia la adulta; las condiciones hídricas en que se encuentren los chapulines y la heterogeneidad del sustrato (suelo) que influye en gran manera en las propiedades físicas y químicas

de la vegetación, y a su vez, afecta la aceptabilidad de estas por los chapulines (Mendoza y Tovar 1996).

El ámbito alimenticio global se incrementa conforme avanza el ciclo biológico del chapulín y esto puede deberse a que las características morfológicas van cambiando, en especial las estructuras mandibulares; posiblemente el hecho de que durante su desarrollo ninfal al estar en contacto con una mayor diversidad de plantas, incrementa la aceptabilidad de nuevas especies durante la fase adulta y, como resultado de la variación temporal y espacial, de la vegetación que esté disponible (Mendoza y Tovar, 1996).

En relación a la conducta de asentamiento, los chapulines no solo utilizan las plantas para alimentarse, sino también para otras actividades como protegerse, aparearse o termorregulación. Esta conducta fue observada por (Mendoza y Tovar, 1996) en donde algunas especies vegetales solo son empleadas por *S. purpurascens* para este propósito tal es el caso del “nopal” (*Opuntia sp*), “amole” (*Manfreda brachystachya*) y “zacatón” (*Muhlenbergia robusta*), aunque esta última es utilizada también como alimento (la espiga, esta preferencia está motivada por la disminución en la densidad de las especies anuales y una mayor presencia de las especies perennes, las cuales presentan diversos mecanismos de defensa de carácter físico y químico; y que este evento es consecuencia de las variaciones temporales y espaciales de la estructura vegetal predominante.

5.16. Fenología

Esta especie de chapulín ocurre en periodos cíclicos, presenta diferencias en sus fluctuaciones poblacionales (altas y bajas), esto debido a que presenta dos etapas de reclutamiento de ninfas, las “tempranas” nacen a finales de mayo en tanto que las “tardías” lo hacen hasta la segunda quincena de julio y existe una mayor tasa de reclutamiento en los sitios con topografía abrupta y fisonomía cerrada en contraste

con los sitios planos y abiertos (Camacho-Castillo, 1999). Las ninfas las ninfas “temprana” de los estadios 2, 3 y 4 presentan un desarrollo más acelerado con respecto a las ninfas tardías (hasta 19 días menos en promedio). Como consecuencia de esto, las ninfas tempranas obtuvieron una mayor ganancia de peso y una longitud de fémur III 10% más grande y robusto que las tardías. Adicionalmente, la fecundidad también varía significativamente entre ambas cohortes, las hembras que eclosionan tempranamente producen el doble de huevecillos que las hembras tardías.

Las poblaciones de *S. purpurascens* no son tan abundantes en áreas agrícolas de riego como en las halladas en las zonas de temporal. Las mayores poblaciones se presentan en la época de lluvias (entre junio a septiembre) que es cuando la especie empieza a parecer. Las poblaciones se reducen a finales del año (noviembre-diciembre), ya que atraviesa por su etapa fenológica final y, aunado a esto, las plantas hospedantes, que en su mayoría son de ciclo anual, incluyendo las especies cultivadas, también pasan por su término de vida, disminuyendo así, la fuente de alimento del insecto, por lo que existe una migración de las poblaciones hacia otras zonas relativamente alejadas de los lotes cultivados en búsqueda de fuentes de alimento disponible que le permita concluir su ciclo biológico; por ejemplo en lomeríos o cañadas. Sufriendo abatimiento de las mismas durante su migración como consecuencia de la muerte ya sea por inanición de los individuos más viejos (mortalidad natural, puesto que el insecto está en la conclusión de su ciclo) y de ninfas, estas últimas mueren por la incapacidad de alimentarse de vegetación con tejido duro (plantas en etapa de maduración), además de estar sujetos a la depredación de enemigos naturales. Las aves de corral juegan un papel importante en el control de este chapulín (Navarro, 1999).

Una proliferación alta de chapulín al final del año (noviembre- diciembre) está relacionado con la prolongación del ciclo biológico del insecto, como consecuencia de una probable pausa momentánea condicionada por factores ambientales desfavorables, y al momento que dichas condiciones vuelven a ser adecuadas, el

chapulín reanuda sus actividades dentro de un periodo de tiempo mayor, presentando altas densidades durante esta época (Navarro 1999).

Las variaciones del ambiente condicionan la eclosión de los huevos, debido a que el contenido de humedad que predomina en el suelo condiciona su eclosión, si esta es adecuada, la emergencia de las ninfas se lleva a cabo, tal como sucede cuando la temporada de lluvias aparece. La emergencia de las ninfas se realiza de forma escalonada, es decir no todos los huevecillos eclosionan al mismo tiempo, lo que ocasiona el traslape de los estadios de desarrollo (ninfas y adultos) (Cano-Santana, 1994), lo que a su vez se refleja en sus fluctuaciones poblacionales (Navarro, 1999).

La etapa ninfal presenta una forma de gregarismo en los sitios de emergencia como los lomeríos, bordos u orillas de áreas sembradas y en su etapa adulta no presentar agrupaciones densas, distribuyéndose de forma dispersa (Navarro, 1999)

S. purpurascens tiene la facultad de adaptarse a condiciones adversas del ambiente, reduciendo su fecundidad (Mendoza y Tovar, 1996) o una pausa momentánea de su ciclo o quiescencia (Barrientos *et al.*, 1992), diferencia temporal en la madurez sexual entre machos y hembras (Protandria), el patrón de coloración aumenta o disminuye el grado de depredación del chapulín (Cueva-Del Castillo, 1994), las acciones del hombre, tienen una incidencia importante en las fluctuaciones de las poblaciones de *S. purpurascens* (Navarro, 1999).

Los incendios afectan a las poblaciones de este insecto, no solamente por la destrucción del hábitat que implica quemar la vegetación, sino que el fuego también es capaz de calcinar los huevecillos aun estando enterrados en el suelo. Este hecho propicia que la eclosión de saltamontes en los sitios quemados sea nula y se pierda un importante peldaño trófico del ecosistema (Castellanos- Vargas y Cano-Santana,).

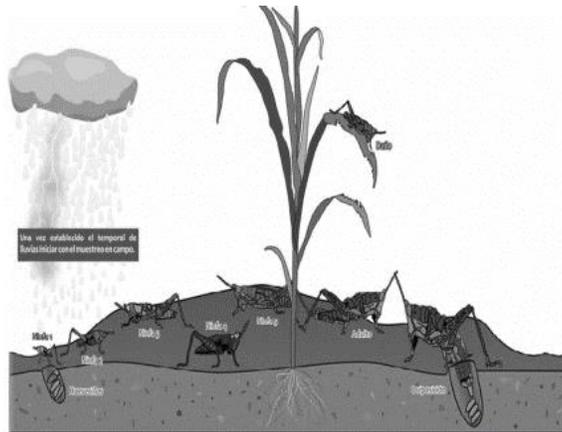


FIG.8. Fenología de *Sphenarium purpurascens*

5.17. Alimentación

En laboratorio la nutrición del insecto es de vital importancia ya que la deficiencia de carbohidratos según (Cibrián *et al.*, 2004) se manifiesta como una pérdida de vitalidad general que afecta a todo el organismo, más que un efecto obvio localizado en alguna parte del insecto, como es el caso de los lípidos que presentan síntomas patológicos durante los estados inmaduros (incapacidad para madurar, malformaciones, incapacidad para desprenderse de la exuvia) los adultos también pueden presentar deformaciones en alas y patas y requerir esteroides. Los ácidos grasos C18:1 o C18:2 (linoleico y linolenóico) son esenciales para los Orthoptera ya que miembros de estos órdenes son incapaces de sintetizar uno o ambos. Los insectos adquieren los aminoácidos a partir de las proteínas ingeridas las cuales son degradadas enzimáticamente en aminoácidos que se absorben a través de la pared intestinal.

5.18. Importancia

El “chapulín de la milpa” que junto con otras especies de chapulín forman un complejo, se reporta como plaga en cultivos de maíz, frijol, alfalfa, calabaza y

pastos, causando defoliaciones parciales o totales de las plantas independientemente del estado de desarrollo del cultivo, además, se alimenta de una gran variedad de plantas silvestres, lo cual demuestra su hábito alimenticio polífago (Mendoza, u). Los daños son caudados tanto por las ninfas como por los adultos, en el caso del maíz, principalmente se alimenta de los estigmas del elote, por lo que no hay formación de granos (Méndez, 1992).

Aunque *S. purpurascens* es considerada una plaga, su control de forma mecánica a través de la cosecha manual en los campos de alfalfa, es una alternativa al uso del control químico. El control mecánico tiene la ventaja de no dañar el ambiente, reducir el impacto del insecto en el cultivo y constituir una fuente extra de nutrición y de ingresos por la venta (FAO, 2013).

Durante la época de lluvias este insecto constituye un abundante recurso alimentario para mamíferos, entre los que destacan tlacuaches, cacomixtles y roedores; así como aves, lagartijas y al menos dos especies de arañas, entre las que se encuentran *Neoscona oaxacensis* (Araneidae) (Martínez-Jasso, 2002; Cecaíra-Ricoy, 2004) y *Peucetia viridans* (Oxyopidae) (Castellano-Vargas y Cano-Santana, 2009).

Sphenarium purpurascens es una especie que tiene un papel importante como consumidor primario y a la vez como un alimento, por lo que se considera como un paso obligado de la materia y la energía. Cano-Santana (1994) registra que *S. purpurascens* consume entre el 0.5 y 1% de la productividad primaria neta aérea del ecosistema (calculada en 11,885 kJ m⁻² año⁻¹ ó 636 g m⁻² año⁻¹). Este autor encuentra que su productividad secundaria se encuentra entre los valores más altos que se han registrado para ortópteros (20.1 kJ m⁻² año⁻¹), asimismo estimó que esta especie deposita 65 kg/ha de excretas, 0.6 kg/ha de exuvias y aproximadamente 11 kg/ha de tejidos animales que quedan a merced de los desintegradores que habitan en el suelo (datos de acumulación anual). Una función de esta especie es regular el flujo de materia y energía entre productores primarios y los consumidores secundarios (Castellano-Vargas y Cano-Santana, 2009).

Por otro lado, este chapulín es comestible en los lugares donde se encuentra, los campesinos lo almacenan previo desecamiento al sol o al comal para contar con alimento cuando ese escasea y también se comercializa (Anaya *et al.*, 2000), sin embargo los colectores del chapulín se enfrentan a la situación o combatirlos con plaguicidas y aun aplicando el control químico, siguen siendo afectadas más áreas agrícolas por esta plaga (Anaya *et al.*, 2000).

El chapulín es probablemente el saltamontes comestible más conocido en América Latina, ha forma parte de la dieta local durante siglos y se consume en varias partes de México. En los Valles del estado de Oaxaca es famoso por el consumo de chapulines. Limpios los chapulines son tostados en un poco de aceite con ajo, sal y limón, son un ingrediente alimentario de comunidades indígenas y urbanas en la ciudad de Oaxaca (FAO, 2013). Cosechadoras utilizan redes cónicas (alrededor de 80cm de diámetro y 90 de profundidad) sin manijas que superan ligeramente la alfalfa con las cuales las familias de las localidades obtener de 50 a 70 kilogramos de chapulines semanales (Cerritos y Cano-Santana 2008).

Los chapulines juegan un papel importante a pequeña escala en los mercados locales, restaurantes y mercados de exportación. El contenido promedio de proteínas (g/100 g peso fresco) de *S. purpurascens* es de 35-48 (FAO 2013). El análisis químico de esta especie presenta 56+-3.4 g/100 g de proteínas, 11+-1.9 grasa g/100 g, 3+-1.2 minerales g/100 g, 404 kilocalorías/100 grs, 9+-2.3 g/100 g de carbohidratos estructurales y 21+-0.1 g/100 g de otros carbohidratos (Ramos-Elorduy *et al.*, 1997).

A pesar del valor cultural y nutricional de los chapulines, estudios recientes han demostrado que los saltamontes pueden contener cantidades elevadas y a veces peligrosas de plomo (FAO, 2013) Cuadro 11.

Cuadro 11: Contenido de aminoácidos de *S. purpurascens* (Ramos-Elorduy *et al.*, 1997)

Aminoácido esencial		Aminoácidos no esenciales	
Isoleucina+	4.2	Acido aspártico +	8.7
Leucina+	8.9	Serina +	4.8
Lisina+	5.7	Acido Glutámico +	10.7
Metionina+	2.5	Prolina +	6.2
Cisteina +	1.8	Glicina +	6.8
Fenilalanina +	10.3	Alanina	6.4
Tirosina +	6.3	Arginina	6.0
Total de aminoácidos aromático	16.6	Total de aminoácidos no esenciales	49.6
Treonina+	3.1		
Triptófano+	0.7		
Valina+	5.7		
Histidina +	2.2		
Total de aminoácidos esenciales	51.3		

CAPÍTULO 6.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el laboratorio de producción masiva de nemátodos parásitos de larvas de mosquitos (Bioplanta), establecida en las instalaciones del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional (IPN), ubicado en Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, con coordenadas 96° 44' longitud oeste, 17° 02' latitud norte y a una altura de 1,530 metros sobre el nivel del mar.

6.1 Determinación de sitios de colecta

Para determinar los sitios de colecta de *Sphenarium purpurascens* se realizaron visitas periódicas en los Valles Centrales de Oaxaca de Julio a Diciembre de 2012. Los sitios de colecta fueron determinados según la metodología de Anaya *et al.*, (2000) considerando todos aquellos agroecosistemas o tipos de vegetación preferidos como sitios de refugio o de oviposición a la generación invernante de los chapulines.

En cada visita en campo se ubicaron agroecosistemas con cultivos de maíz y principalmente alfalfa, frijol, calabaza, asociación maíz-calabaza, cereales de grano pequeño, frutales, y en general todos aquellos cultivos enmalezados ya que la vegetación silvestre asociada a cultivos (plantas arvenses) invariablemente fomenta su establecimiento, según los reportes de incidencia en campo de esta especie (Anaya Rosales *et al.*, 2000).

Cuando se observó la presencia de chapulines en campo, se registró la presencia, así como el agroecosistema en el que se encontraba *S. purpurascens*.

Posteriormente con la información obtenida se realizó la ubicación de los sitios de colecta. Para la elección de los sitios de colecta se tomaron en cuenta la mínima perturbación y contaminación por residuos de agroquímicos, basura o desechos industriales, para que al establecer la cría garantizar que estén libres de contaminantes que puedan afectar la cría y en un futuro ser nocivos para el consumo humano.

Para cada sitio de colecta se determinaron los instares ninfales de la especie por medio de muestreos aleatorios en los agroecosistemas considerando la accesibilidad y ocurrencia en las rutas preestablecidas. Estos sitios fueron visitados de forma periódica hasta que en ellos se ubicara la presencia de adultos.

6.2 Colecta del material entomológico

De cada uno de los sitios de colecta previamente establecidos se realizaron tres colectas semanales por sitio, según la metodología de Anaya *et al.*, (2000). En cada colecta de campo se seleccionaron los adultos machos y hembras de forma manual seleccionando solo los que estaban en copula, estos fueron colectados y colocados en bolsas de papel estraza para evitar su deshidratación. Los individuos contenidos en las bolsas de papel estraza se transfirieron en jaulas entomológicas cubicas de 30 cm por lado, cada media hora con el fin de evitar daños mecánicos o ser aplastados por el colector. De cada colecta se registraron los datos del sitio, y nombre del colector. Las jaulas entomológicas se transportaron al laboratorio para su sexado. La determinación del sexo se realizó de forma visual observando la genitalia (epiprocto, cercos, paraprocto, espiráculo) en las hembras las valvas dorsal, ventral y lateral; y en los machos la placa subgenital. De forma paralela fueron acondicionadas dos jaulas entomológicas con hojas de maíz y alfalfa en su interior para que los chapulines tuvieran soporte al momento de ser introducidos. Cada individuo sexado fue colocado según su sexo en las jaulas entomológicas, en una proporción 1:1, hasta que en esta se observó una densidad media de chapulines.

6.3 Identificación de chapulines colectados

En el laboratorio se realizó la identificación taxonómica de la especie según la clave pictórica para la identificación de las especies de Acridoidea más frecuentes en las áreas agrícolas de la región central de México. (Anaya *et al.*, 2000).

6.4 Cría de *S. purpurascens* Charpentier.

La cría se inició con los individuos colectados en campo, los cuales fueron extraídos de las jaulas en las que fueron transportados, sexados y colocados en una proporción 1:1 en jaulas entomológicas cúbicas de 65 cm por lado, con paredes de malla antiáfidos cristal de 10 x 10 hilos por pulgada, sin contar la cantidad precisa de individuos, considerando la capacidad de la jaula. Durante un tiempo de cinco meses del 1 julio al 3 diciembre de 2013, se observó diariamente la conducta de apareamiento y oviposición de los chapulines contenidos en las jaulas entomológicas.

Para la alimentación de estos insectos se estableció un cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) y lechugas en un invernadero de 30 m de largo por 10 m de ancho, de este sitio se cortaban plantas y se trasladaban a la Bioplanta para alimentar a los adultos del chapulín. Se puso especial cuidado en el proceso de alimentación, seleccionando las partes vegetativas aéreas físicamente sanas, las cuales se colocaban en recipientes de plástico cilíndricos de 5 cm x10 cm con agua, para que los chapulines se posaran en las partes aéreas y se facilitara su alimentación. Esta actividad se realizó todos los días hasta la muerte de los individuos.

6.5 Caracterización del apareamiento y oviposición de *S. purpurascens*

Los chapulines machos y hembras presentes en el interior de las jaulas entomológicas fueron observados diariamente hasta el inicio de la copula y durante la misma. Transcurrido un tiempo de cinco días de apareamiento se inició la

evaluación de la elección del sitio de oviposición de las hembras. Para ello se colocaron en el interior de las jaulas tres tipos de sustratos (tratamientos): a) tierra común, b) vermiculita y c) una mezcla de tierra-vermiculita (1:1), en cada una de las jaulas. Cada uno de los sustratos a evaluar fue previamente colado en un colador con malla metálica de 5 mm de separación y esterilizado en una autoclave a 1.5 libras de presión, durante media hora. En una charola de 21x14x6 cm de polietileno blanca se colocó 1 kilogramo de sustrato de cada uno de los tratamientos a evaluar, posteriormente se introdujeron en las jaulas entomológicas para observar la oviposición de las hembras. Se observó el momento de inicio de oviposición y se tomó el tiempo desde que la hembra inicia a introducir el abdomen en el sustrato hasta que se queda inmóvil en este sitio, se toma el tiempo hasta que retira su abdomen del sustrato y se posa en las hojas de alfalfa o lechuga.

6.5.1 Experimento 1.- Efecto de la temperatura y humedad en el tiempo de desarrollo embrionario, eclosión y desarrollo del ciclo biológico

Durante el tiempo de caracterización de oviposición y apareamiento de la fase anterior, se realizaron cinco colectas de ootecas en cada una de las bandejas con sustratos que fueron ubicadas en el interior de las jaulas entomológicas. En cada colecta se retiraron las bandejas para la extracción de ootecas. En cuatro de las colectas las ootecas fueron extraídas de forma manual, con ayuda de un pincel para eliminar el exceso de sustrato. Posteriormente fueron depositadas en una charola para realizar el conteo total de ootecas. En la última colecta, no se realizó la extracción de ootecas de las bandejas que las contenía, estas fueron almacenadas sin conocer el número total.

Las ootecas obtenidas de las cinco colectas realizadas, se integraron grupos que fueron expuestos a diferentes niveles de humedad para promover la eclosión de los huevos de chapulín.

Colecta 1.- Dos grupos (c_{1a1} y c_{1a2}) de 15 a 22 ootecas por duplicado que fueron depositados en vasos de unicel No 5, con vermiculita en su interior, se aplicó 100

de humedad al inicio del tratamiento y posteriormente al grupo 1 se mantuvo con 100% de humedad y el grupo 2 a un 80% de humedad.

Colecta 2.- Dos grupos (c_{2a1} y c_{2a2}) de 20 a 23 ootecas por cuatro repeticiones, que fueron depositadas en vasos de unigel N° 5, con vermiculita en su interior.

Colecta 3.- Dos grupos (c_{3a1} y c_{3a2}) de 15 a 17 ootecas por duplicado que fueron depositadas en vasos de unigel No 5, con vermiculita en su interior.

Colecta 4.- Un grupo (c_{4a1}) de 54 ootecas, depositadas en un recipiente circular de de acero inoxidable (25 cm de diámetro y 10 cm de profundidad) que contenía suelo en su interior.

Colecta 5.- Bandeja con suelo del sitio donde se colectaron los chapulines (c_{5a1}) sin tratamiento considerada como testigo en la cual no se contabilizó la cantidad de ootecas ovipositadas por las hembras, para evitar la manipulación y maltrato manual de las mismas, y se conservaron bajo condiciones ambientales.

A todos los grupos de ootecas contenidas en los vasos se les aplicó una etapa de humedad, incubación, enfriamiento e incubación de acuerdo a la metodología propuesta por Quesada-Moraga y Santiago-Álvarez (1999), aplicando el periodo de humedad al inicio de proceso para todos los grupos de ootecas inundando con agua (100% de humedad) cada uno de los vasos, posteriormente se eliminó el exceso de la misma y se sellaron con tapas, en una segunda aplicación de humedad los grupos de ootecas fueron tratadas de la siguiente manera: c_{1a1} (100%), c_{1a2} (80%), c_{2a1} (100%), c_{2a2} (80%), c_{3a1} (100%), c_{3a2} (80%), c_{4a1} (100%). De forma continua fueron revisadas para mantener estos porcentajes de acuerdo a los tratamientos planteados. La humedad se determinó de acuerdo al método gravimétrico para la determinación del contenido de humedad del suelo de la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000.

Posteriormente en la etapa de incubación a 27°C los grupos de ootecas recibieron los siguientes periodos de incubación c_{1a1} y c_{1a2} 111 días; c_{2a1} y c_{2a2} 63 días; c_{3a1} y c_{3a2} 77 días; c_{4a1} 92 días. La etapa de enfriamiento a 10°C de los grupos de ootecas fue: c_{1a1} y c_{1a2} 96 días, c_{2a1} y c_{2a2} 133, c_{3a1} y c_{3a2} 29, c_{4a1} 81 días. Finalmente se les aplicó a todos los grupos de ootecas una etapa de incubación de 30 días, transcurrido este tiempo se esperó el avivamiento de *S. purpurascens*.

El testigo considerado como de campo consistió en colocar una bandeja de polietileno de 50x25x15 cm con tierra sin ningún proceso de manipulación, la cual se conservó bajo condiciones ambientales, registrando los promedios mensuales de temperatura, humedad y precipitación durante el proceso de preavivamiento correspondiente a diciembre del 2012, enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio y julio del 2013 de la estación meteorológica del INIFAP ubicada en la Ciénega Zimatlan. Cuando iniciaron las lluvias, la charola fue expuesta a las lluvias para el avivamiento de *S. purpurascens*. Cuando se observó el nacimiento de las hierbas en el sustrato la charola fué colocada dentro de una jaula entomológica y mantenida en condiciones ambientales. Al observar el primer avivamiento se registró la fecha, número de individuos y las condiciones de temperatura, humedad y precipitación.

6.6. Tiempo de desarrollo del ciclo biológico de *S. purpurascens* en laboratorio

Las ninfas N1 de *S. purpurascens* obtenidas en laboratorio fueron colectadas diariamente, realizando cinco colectas. Cada grupo de individuos colectados fueron depositados en jaulas entomológicas cubicas de 30 cm por lado para evaluar el tiempo requerido por *S. purpurascens* para cumplir su ciclo biológico en condiciones de laboratorio. Los individuos se alimentaron con alfalfa desde su nacimiento hasta su muerte. La determinación del estado ninfal fue a través del desprendimiento de la exuvia del chapulín. Una vez concluida su etapa ninfal, los chapulines se siguieron alimentando para obtener ootecas para posteriores experimentos.

De forma paralela se colectaron chapulines en campo para comparar si su desarrollo se veía afectado al estar en cautiverio, para ello se colectaron un total de veinticuatro chapulines, siete N1, ocho N2, cinco N3 y cuatro N4, los cuales fueron colocados de forma individual en un vaso cilíndrico de polietileno de un litro de capacidad con una ventana de 5x5 cm que se cubrió con tela de organza, para permitir la ventilación del insecto. Cada uno de los vasos fue etiquetado de acuerdo al estado de desarrollo ninfal colectado. Estos chapulines fueron observados durante todo su desarrollo ninfal hasta la obtención de los adultos, posteriormente los adultos se colocaron en parejas para que se llevara a cabo el apareamiento, copula y oviposición para la obtención de ootecas. Los chapulines fueron alimentados diariamente con plantas de alfalfa. Cuando se observó el inicio de la copula se fueron colocadas bandejas de plástico blanco de 15x8x5 cm con vermiculita para que las hembras ovipositaran.

6.6.1 Experimento 2.- Efecto de incubación y frío en el ciclo biológico de *S. purpurascens*.

Las ootecas ovipositadas por las parejas de *S. purpurascens* criadas en laboratorio fueron colectadas de forma manual cada cuatro días. Cada ooteca fue contabilizada y limpiada cuidadosamente con un pincel de pelo de camello del número 2, posteriormente fueron colocadas de forma individual con ayuda de unas pinzas entomológicas en un vaso térmico de 4 oz. lleno de vermiculita previamente esterilizada durante media hora a 1.5 lb de presión, el vaso se cubrió con una tapa de polietileno y se anotó el dato de identificación de la hembra madre y la fecha de colecta. Este procedimiento se siguió por cada una de las ootecas colectadas durante la etapa de oviposición de las hembras. Al final de la etapa de oviposición a cada vaso se les agregó 1.5 gramos de agua destilada por cada gramo de vermiculita respectivamente.

Para el avivamiento de *S. purpurascens* se evaluaron dos tratamientos: 1) incubación-frío-incubación y 2) incubación.

El tratamiento 1 (incubación-frío-incubación) se aplicó a nueve ootecas, variando para cada una de ellas:

Ooteca 1.- Periodo de incubación inicial a 27°C, posteriormente un periodo de frío a 10° C y finalmente un periodo de incubación a 27°C.

Ooteca 2.- Periodo de incubación inicial a 27°C, posteriormente un periodo de frío a 10°C y finalmente un periodo de incubación a 27°C.

Ooteca 3.- Periodo de incubación inicial de 27°C, posteriormente un periodo de frío a 10°C y finalmente un periodo de incubación de 27°C.

Ooteca 4.- Periodo de incubación a inicial de 27°C, posteriormente un periodo de frío a 10°C y finalmente un periodo de incubación de 27°C.

Ooteca 5.- Periodo de incubación inicial de a 27°C, posteriormente un periodo de frío a 10°C y finalmente un periodo de incubación a 27°C.

Ooteca 6.- Periodo de incubación inicial de 27°C, posteriormente un periodo de frío a 10°C y finalmente un periodo de incubación a 27°C.

Ooteca 7.- Periodo de incubación inicial a 27°C, posteriormente un periodo de frío a 10°C y finalmente un periodo de incubación a 27°C.

Ooteca 8.- Periodo de incubación inicial a 27°C, posteriormente un periodo de frío a 10°C y finalmente un periodo de incubación a 27°C.

Ooteca 9.- Periodo de incubación inicial a 27°C, posteriormente un periodo de frío a 10°C y finalmente un periodo de incubación 27°C.

El tratamiento 2 (incubación) se aplicó a ocho ootecas:

Ooteca 13.- Se aplicó un periodo de incubación a 27°C, sustrato yocuela.

Ooteca 14.- Se le aplicó un periodo de incubación a 27°C, sustrato suelo.

Ooteca 15.- Se le aplicó un periodo de incubación a 27°C, sustrato yocuela.

Ooteca 16.- Se le aplicó un periodo de incubación a 27°C, sustrato yocuela.

Ooteca 17.- Se le aplicó un periodo de incubación a 27°C, sustrato suelo.

Ooteca 18.- Se le aplicó un periodo de incubación a 27°C, sustrato yocuela.

Ooteca 19.- Se le aplicó un periodo de incubación a 27°C, sustrato yocuela.

Ooteca 20.- Se le aplicó un periodo de incubación a 27°C, sustrato yocuela.

Cuando se observó la presencia de los primeros estados ninfales en los vasos, se contaron los chapulines por cada una de las ooteca y se extrajeron de los vasos térmicos para colocarlos en jaulas entomológicas cubicas de 30x30 cm para su observación de su desarrollo biológico. Se tomaron los datos de tiempo requerido por *S. purpurascens* para cumplir su fase ninfal de N1 a N5 en el ciclo otoño invierno para compararlo con el ciclo primavera verano observado en laboratorio previamente. Estos individuos se alimentaron con alfalfa fresca hasta alcanzar la etapa adulta. Los individuos adultos fueron sexados y se registró el número de machos y hembras por ooteca. Posteriormente fueron colocados en dos jaulas entomológicas considerando una densidad de 100 individuos con una proporción de 1:1. Para que iniciaran la etapa de copula. Trascurrido un tiempo de diez días a cada una de las jaulas se le colocó un recipiente con vermiculita para la oviposición de las hembras.

Cuadro 12: Efecto de tratamientos de incubación y frío para el avivamiento de *S. purpurascens*

Tratamiento 1 (Incubación-frío-incubación)					Tratamiento 2 (Incubación)		Testigo
Ooteca	Días incubación a 27°C	Días frío 10°C	Días incubación a 27°C	Total días	Ooteca	Días incubación a 27°C	
1	15	33	138	186	13	143	Ootecas sin tratamiento expuestas a condiciones medio ambientales
2	15	33	128	176	14	146	
3	15	33	124	172	15	159	
4	15	33	124	172	16	165	
5	15	33	106	154	17	171	
6	34	33	119	186	18	176	
7	39	33	106	178	19	176	
8	44	33	122	199	20	176	
9	50	33	106	189			

CAPÍTULO 7.

RESULTADOS

7.1 Sitios de colecta de *Sphenarium purpurascens*

Considerando los agroecosistemas seleccionados para la presente investigación se generó un mapa de ubicación geográfica de los sitios de muestreo de *S. purpurascens* (Figura 9). Los sitios de colecta elegidos fueron: Sitio1 (Arrollo Seco, Cuilapam de Guerrero) ubicado en la latitud $17^{\circ} 0' 9,64''$ N y una longitud de $96^{\circ} 45' 45,05''$ O; el Sitio 2 (Carricillo, Santa María Roalo, Trinidad Zaachila) se ubica entre la latitud $16^{\circ} 54' 12,42''$ N y una longitud de $96^{\circ} 46' 28,08''$ O; El Sitio 3 (El Monte, Cienega Zimatlán) se localiza en una latitud de $16^{\circ} 54' 42,74''$ N y una longitud de $96^{\circ} 46' 17,27''$ O; Sitio 4 (La "Y", Ejutla de Crespo) se encuentra en la latitud $16^{\circ} 32' 2,25''$ N y una longitud de $96^{\circ} 47' 11,46''$ O .

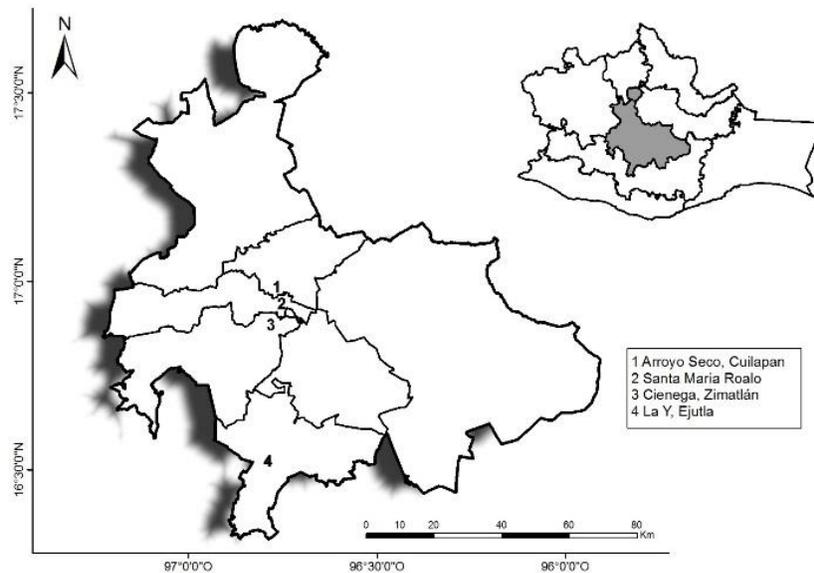


FIG. 9: Distribución geográfica de los sitios de colecta de chapulín *S. purpurascens* en los Valles Centrales de Oaxaca.

El clima registrado por la estación de La Ciénega, perteneciente a la red de estaciones meteorológicas del INIFAP más cercana a estos sitios registra una precipitación total acumulada de 615.9 mm, una temperatura media de 20.06 y una humedad relativa del 66.35%. Los sitios de colecta fueron agroecosistemas de temporal que presentaron cultivos de maíz (*Zea mays*: Graminae), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.: Leguminosae) calabaza (*Cucurbita pepo* L: Cucurbitácea), alfalfa (*Medicago sativa*: Leguminosae), milpa (asociación maíz, frijol, calabaza), cultivos enmalezados y orillas de caminos donde se observó infestación de estos individuos, en los valles centrales de Oaxaca; cabe mencionar que (Navarro, 1999) menciona que los factores que determinan la distribución del “chapulín de la milpa” se encuentra la presencia de alimento, por tal motivo esta especie presenta tendencia a desarrollarse en áreas agrícolas, considerando a *S. purpurascens* una especie de régimen alimenticio generalista o polífago.

Se observó a *S. purpurascens* sobre plantas de maíz (*Zea mays*: Graminae), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.: Leguminosae) calabaza (*Cucurbita pepo* L: Cucurbitácea), y malezas asociadas como acahuals (*Simsia amplexicaulis*), aceitillo (*Bidens pilosa* L.), pastos de porte bajo, chicalote (*Argemone mexicana*), verdolagas (*Portulaca oleracea*), quelites (*Amaranthus hybridus*) y en los caminos sobre plantas de maguey (*Agave* sp.) y nopales (*Opuntia* spp.) y árboles frutales como Nanche roja (*Malpighia mexicana*), anonas (*Annona macrophyllata*), zompante (*Erythrina americana* Miller).

La presencia de adultos de *S. purpurascens* coincidió con lo que menciona Anaya (2000), caracterizándose por una relación directa con la presencia o ausencia de lluvias, los sitios donde se presentaron las lluvias en los meses de junio, los primeros adultos se observaron en los primeros días del mes de octubre esto para los sitios: La “Y”, Ejutla de Crespo y Carricillo, Santa María Roalo, Trinidad Zaachila. Para los sitios. El Monte, Cienega Zimatlán y Arrollo Seco, Cuilapam de Guerrero, donde las lluvias ocurrieron después de junio la presencia de adultos se retrasó en promedio 25 días.

Para la cría de *S. purpurascens* en las visitas realizadas a los sitios de colecta se pudo identificar las condiciones de los agroecosistemas en los que se presentó *S. purpurascens*. En los sitios elegidos el productor realiza las labores de producción con técnicas tradicionales, utilizando estiércol de ganado bovino para la producción de su cosecha, sin el uso de agroquímicos para el control de plagas, enfermedades y malezas de sus cultivos.

7.2 Identificación de *S. purpurascens*

Las características que presentó la especie de chapulín *S. purpurascens* colectada fueron: individuos con el cuerpo robusto, aguzado hacia los extremos anterior y posterior (fusiforme) sin alas o éstas son vestigiales (braquípteros), coloración variable de pardo oscuro a verde olivo brillante con manchas negras en todo el cuerpo y el pronoto tiene forma de silla de montar, éste es convexo y presenta una carina media bien definida, las alas llegan a alcanzar los tímpanos del primer segmento abdominal como se muestra en la (fig. 10); por lo que se identificó como *S. purpurascens*.

Esta especie es conocida como “Chapulín de la milpa” y se le asocia con la fenología del maíz (Serrano y Ramos, 1989), observándose en todos los sitios de colecta preferentemente en este cultivo, cuando se encuentra en la etapa adulta debido que utilizan de protección y sostén estas plantas.

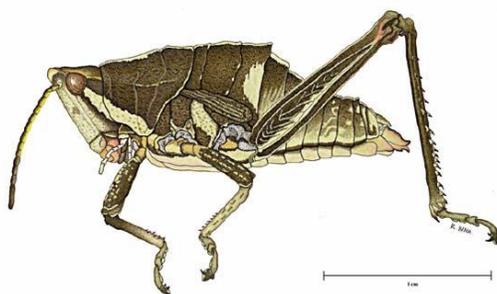


Figura 10: *Sphenarium purpurascens* vista lateral.

En el laboratorio se observó de forma visual la genitalia en las hembras y machos, se apreció a simple vista el epiprocto, cercos, paraprocto, espiráculo y en las hembras se observa las valvas dorsal, ventral y lateral; y en los machos se observa la placa subgenital como lo describe Anaya (2000), en la figura 11.

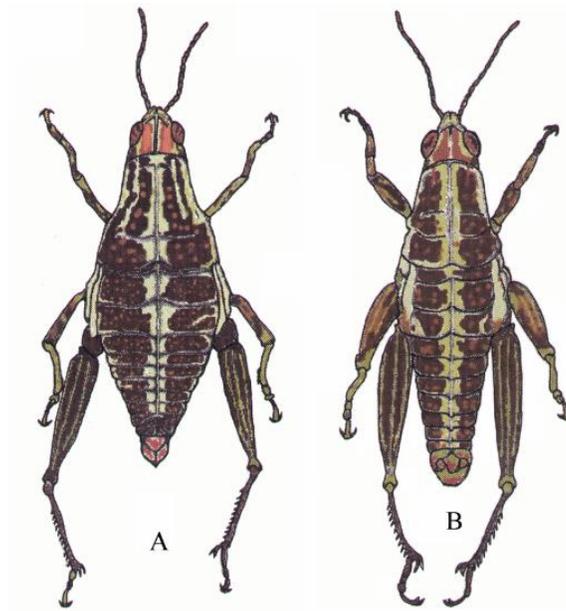


Figura 11: *Sphenarium purpurascens* A) Hembra B) Macho

7.3 Biología y comportamiento de *Sphenarium purpurascens*

Respecto al comportamiento de *S. purpurascens* en el laboratorio, se observó que esta especie posee cualidades para su domesticación y cría pues el porcentaje de supervivencia fue de 90.14% desde su nacimiento hasta la etapa de adulto, cabe mencionar que los individuos muertos en su mayoría se debió a las condiciones de manejo y habilidad en su manipulación, ya que al momento de alimentarlos estos quedaban aplastados debajo de los vasos que contenían los vegetales con que se alimentaban.

7.4 Caracterización de conducta de apareamiento y oviposición de *Sphenarium purpurascens*

El inicio del apareamiento en el laboratorio fue observado a detalle únicamente en los 24 individuos que se colectaron en campo el 1 de julio. Dado que en las jaulas la densidad de individuos no permitió seguir el proceso de apareamiento. En los machos el tiempo mínimo en el que se inició el apareamiento fue a partir del quinto día de alcanzar N5 y en las hembras al día siguiente después de convertirse en N5. En ambos sexos el tiempo máximo de inicio de apareamiento se dio a los 21 días posteriores a la última muda.

En promedio los machos iniciaron el proceso de apareamiento en 13 días después de llegar a N5 y las hembras en promedio 9.3 días.

Se observó una etapa de cortejo del macho hacia la hembra, después salta sobre ella y desplaza la parte terminal de su abdomen hasta hacer contacto con las valvas de las hembras e inicia la copula este proceso dura en promedio de 5 a 6 horas, como lo menciona (Garza López *et al.*, 2006).

Durante el periodo de copula de *S. purpurascens* el macho y la hembra disminuyen la actividad de alimentación, así como su movilidad y dedican más tiempo al proceso de apareamiento incluso se ocultan en el envés de las hojas de alfalfa. Este conducta cambió después de la copula, ya que las hembras consumieron mayor cantidad de alimento, debido a que lo requieren para la formación de los embriones después de la fertilización según lo mencionado por. El macho por su parte permanece montado sobre la hembra en una actitud de resguardo mencionada por (Del Castillo, 2003) donde confirma con sus observaciones que el periodo de resguardo de un macho es de 7 días, tiempo en el cual permanece montado en la hembra y solo se desmonta para alimentarse.

El apareamiento en los individuos contenidos en las jaulas entomológicas presentó una conducta agresiva entre los machos por el acceso a las hembras. Debido a que los machos desplazaban a aquellos que se encontraban copulando a las hembras. Se observó que aquellos machos que se encontraban en etapa de resguardo al momento de percatarse de la presencia de otro machos, emitía vibraciones constantes con el femur, así como movimientos verticales para evitar ser desplazado de la hembra. Quizás esta conducta fue resultado de la alta densidad de individuos por jaula. En su estudio (Cueva-Del Castillo (1994) menciona que la conducta de apareamiento está influenciada por varios factores, tales como el tamaño corporal, la diferencia temporal en la madurez sexual de machos y hembras (Protandria), la variación en la proporción sexual y la densidad de población.

Aunque el macho montó a la hembra se observó que la hembra evitó el contacto de apareamiento al retraer el abdomen desplazando al macho con movimientos verticales del femur al momento de que este intenta iniciar la copula. Después de cinco a seis intentos, el macho se bajó de la hembra.

Las parejas en copula fueron observadas en sitios donde no pudieran ser observados y con poca luz, debajo de las hojas de alfalfa, en las partes inferiores de los tallos o en las paredes de las jaulas que no tenían entrada de luz.

Trascurrido un tiempo aproximado de cinco días, después de la fertilización, en las hembras se observó un alargamiento del abdomen figura 12. Durante este tiempo el macho se mantenía sobre la hembra e incluso copulaba con ella.



Figura 12: Apareamiento de *S. purpurascens*

La elección del sitio de oviposición de la primera puesta fue iniciada de uno a dos días antes del inicio de la oviposición, la cual se inició de 10 a 15 días después del inicio del apareamiento. Para la elección del sitio de oviposición las hembras previamente realizaron ensayos en el sustrato como lo menciona Castellanos-Vargas (2003), mediante la introducción de su abdomen a una profundidad de tres a cinco centímetros, estos ensayos los efectuaban por la noche. Una vez elegido el sitio de oviposición, al segundo día de haber realizado estos ensayos se presentó la puesta de ootecas en el lado opuesto de los orificios realizados en el ensayo. Estos ensayos son realizados únicamente para la primera puesta, no se observó para las subsecuentes, realizando la puesta de forma directa.

Al momento de la oviposición las hembras eligieron los tres sustratos (tierra común, vermiculita y una mezcla de tierra-vermiculita) colocados en el interior de las jaulas entomológicas, sin embargo existió una preferencia por el sustrato tierra-vermiculita (1:1) debido a que presentó un mayor número de ootecas ovipositadas. Lo cual concuerda con los resultados de (Serrano y Ramos, 1990) donde expone que Las hembras buscan sitios más adecuados para la oviposición, en especial por condiciones de humedad para proteger los huevecillos contra la desecación. Al igual que (Castellanos-Vargas y Cano-Santana (2009) concluyen que las características edáficas que las hembras de *S. purpurascens* eligen para ovipositar son: alta porosidad (del 30 al 32%), predominancia de arenas (del 30 al 31%), baja humedad (de entre 0 al 30%) y baja compactación (0.44 ± 0.12 kg/cm²). Además, evaden la presencia de altos porcentajes de arcilla ($> 19.6\%$), así como altos niveles de humedad ($> 25.5\%$), de materia orgánica ($> 15.5\%$) y de compactación ($> 0.56 \pm 0.16$ kg/cm²).

Con la colecta de ootecas se pudo observar que los chapulines hembras prefirieron los bordes de los recipientes para la oviposición en donde colocaron las ootecas de manera agregada, esto es similar al patrón de distribución espacial de las ootecas observado por (Castellanos-Vargas y Cano-Santana (2009).

Con los 21 individuos colectados en campo al llegar a N5 se obtuvo un total de 14 hembras y siete machos, de los cuales se formaron un total de siete parejas. Se realizó una colecta de 7 machos adultos en campo, para las siete hembras restantes, haciendo un total de 14 parejas. Respecto a la cantidad de ootecas ovipositadas, en orden decreciente la hembra dos (H2); presentó la mayor cantidad de ootecas ovipositadas (nueve); la H3 (ocho); H8 (seis); H1 y H4 (cinco); H5, H6, H11 y H12 (cuatro); H7 y H10 (dos). Dos hembras no colocaron ootecas H9 y H14. (Cuadro 34). Los tiempos máximos en las puestas se presentaron en la primera oviposición de ootecas (25), debido a que realizan ensayos para iniciar la oviposición, las subsecuentes presentaron tiempos entre puestas más cortos, con un tiempo de nueve días como mínimo y 23 como máximo. Se observó que la mayoría de los machos mueren después de que la hembra oviposita la tercera ooteca y es en este periodo donde hay que introducir machos jóvenes para que las hembras continúen apareándose (cuadro 13).

Cuadro 13: Numero de apareamientos, de ootecas, días entre puestas y tiempo de oviposición.

Hembra	*Inicio del apareamiento después de la N5 (días)	Días entre el número de puestas de ootecas									Tiempo total de oviposición
		1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	
H1	4	12	14	19	14	31	-	-	-	-	90
H2	1	18	10	19	9	18	12	11	13	14	124
H3	13	7	12	12	19	21	11	13	15	-	110
H4	8	23	17	22	20	14	-	-	-	-	96
H5	1	19	19	21	11	-	-	-	-	-	70
H6	6	47	12	17	15	-	-	-	-	-	91
H7	2	59	11	-	-	-	-	-	-	-	70
H8	17	19	9	18	12	24	15	-	-	-	97
H9	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
H10	19	14	9	-	-	-	-	-	-	-	23
H11	12	28	23	13	14	-	-	-	-	-	78
H12	12	10	11	13	16	-	-	-	-	-	50
H13	12	19	21	11	0	-	-	-	-	-	51
H14	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

*1 Inicio del apareamiento después de la N5

7.5 Eclosión de huevecillos de *S. purpurascens*

7.5.1 Experimento 1.- Efecto de la temperatura y humedad en el tiempo de desarrollo embrionario, eclosión y desarrollo del ciclo biológico

Se obtuvo un total de 377 ootecas colectadas, de las cuales 79 correspondieron a la primera colecta c1a1(42) y c1a2 (37); en la colecta dos 167, c2a1 (82) y c2a2 (85); en la colecta tres c3a1 (47) y c3a2 (30); la colecta cuatro 54 ootecas (c4a1). De los tratamientos establecidos, únicamente se observó la eclosión de huevecillos de *S. purpurascens*, en el testigo al cual no se le aplicaron etapas de incubación, refrigeración e incubación (Cuadro 14). Las causas posibles de la no eclosión de huevecillos de *S. purpurascens* fue la cantidad de humedad que guardaron los grupos de ootecas, debido a que se inundaron y se mantuvieron con un exceso de humedad.

Cuadro (14): Etapas evaluadas para la eclosión de huevecillos de ootecas de *S. purpurascens* en laboratorio.

Colecta	Grupo de ootecas	Ootecas por recipiente	Etapas para la eclosión de huevecillos					Eclosión de huevecillos
			Humedad		Incubación (Días)	Enfriamiento (Días)	Incubación (Días)	
			1°	2°				
1	C _{1a1}	20	100	100	111	96	30	No hubo
		22						
	C _{1a2}	15	100	80				
		22						
2	c2a1	21	100	100	63	133	30	No hubo
		21						
		20						
		20						
	c2a2	21	100	80				
		20						
		23						
		21						
3	c _{3a1}	15	100	100	77	29	30	No hubo
		17						
		15						
	c3a2	15	100	80				
		15						
4	c4a1	54	100	100	92	81		
5		X	S/T*					102

X no se contabilizo el número exacto de ootecas en la bandeja

* Condiciones ambientales

En el laboratorio la eclosión de huevecillos se obtuvieron del tratamiento considerado como testigo, colocado el 1 de diciembre de 2012. Con sustrato obtenido de los sitios de colecta de los chapulines, sin ningún tratamiento en laboratorio y se mantuvo bajo condiciones medio ambientales como en campo. Cuando iniciaron las primeras lluvias fue expuesta a la lluvia, hasta observar la germinación de semillas de herbáceas presentes en el sustrato que contenía las ootecas, cuando estas alcanzaron una altura promedio de 9.8 cm y entre cinco y seis hojas se observaron las primeras ninfas de primer instar (N1). La primer eclosión de huevecillos se presentó el 07 de julio de 2013 con 29 individuos; 09 de julio (32); 13 de Julio (14); 19 de Julio (12) y 20 Julio (15), durante el ciclo otoño-invierno 2013, que comprende de julio a diciembre. La aparición del primer estadio ninfal está influenciado por la temperatura y precipitación mencionada por (Guzmán, 1999).

Se obtuvo un total de 102 nacimientos de individuos N1 obtenidos en laboratorio bajo condiciones de campo, de los cuales murieron 26 individuos durante el desarrollo ninfal de N1 hasta N5 como consecuencia del manejo, al ser aplastados al momento de colocarles el alimento.

Inicialmente los nacimientos se dieron por las noches, sin embargo durante el día se pudieron observar nacimientos de chapulines. Los chapulines emergían del sustrato desprendiéndose de su exuvia y alejándose del sitio de emergencia, observando en el sitio únicamente las exuvias. Los chapulines N1 recién nacidos buscaron sitios soleados y se posaban en el haz de las hojas de las plantas, para su posterior alimentación.

Cuadro 15: Temperatura, humedad y precipitación presente en el proceso de eclosión de huevecillos de ootecas de *S. purpurascens* bajo condiciones de campo

	Condiciones de campo mensuales durante el proceso de incubación			Fecha de Eclosión	Individuos	Condiciones de campo durante la eclosión		
	Temperatura media °C	Humedad relativa	Precipitación mensual (mm)			Temperatura media °C	Humedad relativa	Precipitación mensual (mm)
Diciembre 2012	16.4	61.95	0.4	07-jul-13	29	20.89	75.58	7.4
Enero 2013	17.55	56.91	0	09-jul-13	32	20.51	64.29	0
Febrero 2013	19.26	48.32	0.2	13-jul-13	14	20.03	83.76	4
Marzo 2013	19.68	54.95	50.8	19-jul-13	12	20.05	82.22	15.4
Abril 2013	22.37	59.85	29.2	20-jul-13	15	20.92	75.59	0
Mayo 2013	22.13	74.43	185.8					
Junio 2013	21.12	72.24	59.6					

7.5.2 Experimento 2.- Efecto de incubación y frio en el ciclo biológico de *S. purpurascens*.

La eclosión de huevecillos de *S. purpurascens* bajo condiciones de laboratorio se presentaron en los dos tratamientos evaluados: incubación-frío-incubación y solo incubadora. Se presentaron un total de 281 nacimientos (Cuadro 16). La fecha de inicio de eclosión se presentó el 9 de febrero de 2014 para las ootecas O5 y O7 de la categoría I con un total del 154 y 189 días respectivamente y el ultimo nacimiento para esta categoría correspondió a las ootecas O2,O3 y O4 con fecha 27 de febrero de 2014 con un total de 172, 172 y 176 días respectivamente de tratamiento. Para la categoría II el inicio de eclosión de huevecillos se registró con fecha 10 de marzo de 2014 correspondiente a la ooteca O13 con un total de 143 días de tratamiento y la última fecha se presentó el día 18 de abril del 2014 para la ooteca O17 con 171 días totales de tratamiento.

Cuadro 16: Eclosión de huevecillos de *S. purpurascens* en laboratorio

Tratamiento	Ootecas	Total días	Meses	Fecha de eclosión	Numero de nacimientos
1	O5	154	5.1	09-feb	35
	O3	172	5.7	27-feb	20
	O4	172	5.7	27-feb	16
	O2	176	5.8	27-feb	16
	O7	178	5.9	09-feb	15
	O6	186	6.2	22-feb	30
	O1	186	6.2	13-mar	7
	O9	189	6.3	09-feb	27
	O8	199	6.6	25-feb	14
2	O13	143	4.8	10-mar	35
	O14	146	4.9	13-mar	25
	O15	159	5.3	28-mar	21
	O16	165	5.5	12-abr	4
	O18	176	5.9	12-abr	2
	O19	176	5.9	12-abr	3
	O20	176	5.9	12-abr	5
	O17	171	5.7	18-abr	6

Se presentaron un total de 281 nacimientos (Cuadro 16) de todas las ootecas. El tratamiento 1 presentó la mayor cantidad de nacimientos por ootecas, la mayor cantidad de nacimientos 180 de la categoría 1, para la categoría 2 se presentaron un total de 101 nacimientos. La mayor cantidad de nacimientos por ooteca se presentaron para las ootecas O5 y O13 de la categoría 1 y 21 respectivamente; seguidas de O6, O9 con 30 y 27 nacimientos respectivamente, ambas pertenecientes a la categoría 1. Las cantidades menores de nacimientos se presentaron para la categoría 2 con 2,3 y 4 de las ootecas O19, O20 y O16 respectivamente.

El sustrato en el cual se obtuvo mayor porcentaje de nacimientos fue en vermiculita con un total de 180 nacimientos (64%), en seguida la yocuela presento 74 nacimientos (26.3 %) y el suelo presento 27 nacimientos (9.6%) (Fig. 13).

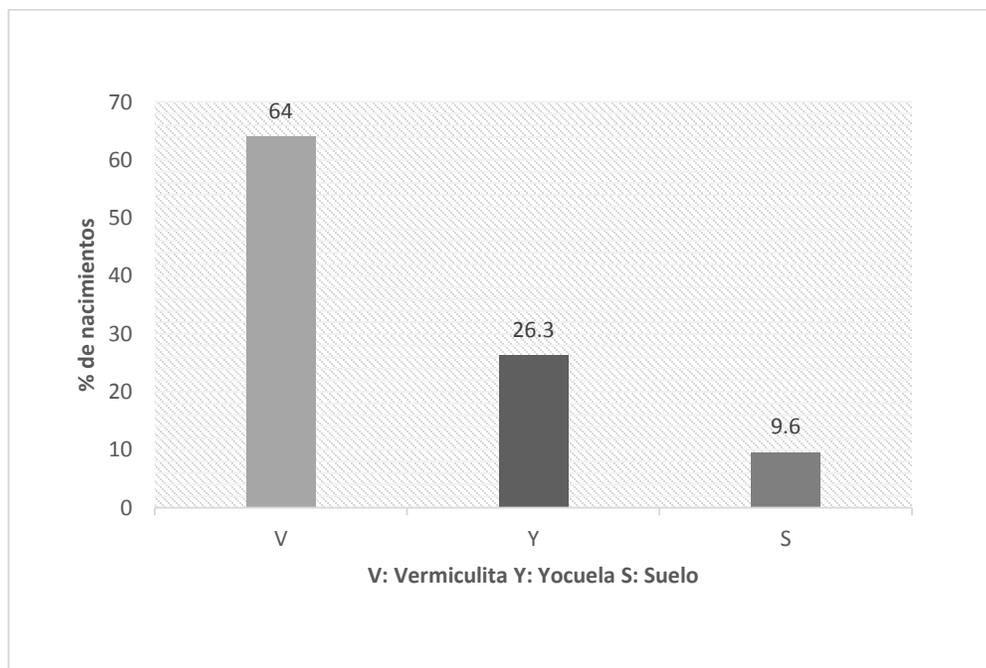


Fig. 13: Porcentaje de nacimientos de *S. purpurascens* en diferentes tipos de sustrato

Comparando los tratamientos de las ootecas que presentaron eclosión de huevecillos bajo condiciones de laboratorio y campo podemos definir que el ciclo biológico de *S. purpurascens* presentó una disminución en días de 91 días para los tratamientos de ootecas colocadas en sustrato vermiculita y de 105 días para aquellos tratamientos de ootecas colocadas en Yocuela. Con lo que podemos mencionar que se puede manipular en laboratorio las condiciones para la eclosión de huevecillos contenidos en las ootecas de *S. purpurascens*, reduciendo el tiempo de eclosión.

Cuadro 17: Ciclo biológico de *S. purpurascens* en campo y laboratorio

Ciclo biológico de <i>Sphenarium purpurascens</i> en campo y laboratorio				
Tratamiento	Sustrato	Humedad	Temperatura °C (Rango)	Tiempo transcurrido en días para la eclosión
Charola naranja en condiciones de campo	Suelo	0	22° - 12°	270
Vaso térmico	Vermiculita	1	27° - 10°	179
Vaso térmico	Yocuela	1	27°	165

7.6 Tiempo de desarrollo del ciclo biológico de *S. purpurascens*

7.6.1 Determinación de edades de *S. purpurascens* de las muestras traídas de campo

De los 23 individuos colectados en campo y llevados al laboratorio para conocer el tiempo entre cada muda, así como el tiempo total de días, se ubicaron un total de siete individuos en N1, ocho en N2, cinco en N3 y tres en N4. Para la determinación de los días en los individuos N1 se consideró a partir del segundo instar ya que en el N1 solo se sabía cuántos días tenía de nacido, por ello para cada estado se consideró la segunda muda a partir de la colecta. En promedio los días de desarrollo desde el nacimiento (N1) fue de 8 días, de N1 a N2 en promedio fue de 9 días, de N2 a N3 10 días, de N3 a N4 18 días. Para los siguientes individuos dado que solo efectuaron cuatro mudas no se tuvo el tiempo exacto de su ciclo solo se contabilizó los días totales de sus mudas (cuadro).

Cuadro 18: Tiempo en días trascurrido entre los estadios de *S. purpurascens* colectados en campo y observados en laboratorio.

Individuo	Tiempo (Días)					Sexo
	N1	N2	N3	N4	N5	
C1	10	17	21	40	49	MACHO
C2	10	18	33	40	56	MACHO
C3	7	17	27	34	50	HEMBRA
C4	6	17	24	34	50	HEMBRA
C5	13	19	29	41	58	HEMBRA
C6	8	17	27	41	58	HEMBRA
C7	7	17	27	34	49	HEMBRA
C8	-	5	18	26	49	MACHO
C9	-	7	17	34	45	HEMBRA
C10	-	8	18	34	58	HEMBRA
C11	-	8	18	40	58	HEMBRA
C12	-	4	14	26	37	MACHO
C13	-	6	14	24	34	HEMBRA
C14	-	10	28	41	84	MACHO
C15	-	6	18	33	40	HEMBRA
C16	-	-	11	21	34	MACHO
C17	-	-	16	27	39	MACHO
C18	-	-	6	16	28	MACHO
C19	-	-	5	14	26	HEMBRA
C20	-	-	6	17	37	HEMBRA
C21	-	-	-	5	16	HEMBRA
C22	-	-	-	6	18	MACHO
C23	-	-	-	9	22	HEMBRA

7.6.2 Determinación de edades de *S. purpurascens* de los nacimientos en laboratorio

Cuadro (19): Tiempo transcurrido en días por los estados ninfales (N) de *S. purpurascens* ciclo verano-otoño obtenidos bajo condiciones de campo

Nº de colecta	Nº Individuos	N1	N2	N3	N4	N5	TOTAL (días)
I	29	11	10	12	11	15	59
II	32	11	9	12	11	16	59
III	14	16	11	11	26	14	78
IV	12	10	20	27	12	14	89
V	15	30	26	14	17	12	99

Cuadro 20: Tiempo transcurrido en días por los estados ninfales (N) de *S. purpurascens* ciclo otoño- invierno obtenidos bajo condiciones de laboratorio.

Nº colecta	Nº Individuos	N1	N2	N3	N4	N5	Total (Días)
I	6	14	10	13	11	15	63
II	16	11	11	15	15	13	65
III	26	13	12	12	12	16	65
IV	15	16	10	12	9	12	59
V	35	16	10	12	9	13	60
VI	27	10	11	15	10	15	61
VII	14	13	12	12	14	16	67
VIII	27	11	11	12	15	12	61
IX	20	17	12	10	12	14	65
X	21	11	12	10	13	15	61
XI	24	12	11	13	13	13	62
XII	10	16	10	10	15	15	66
XIII	33	14	12	15	14	16	71

CAPÍTULO 8.

CONCLUSIONES

1. Se obtuvo un promedio de cuatro ootecas por hembra con un promedio de 17 huevecillos esto en condiciones de laboratorio a $27^{\circ}\text{C} \pm 2.2^{\circ}\text{C}$.

2. En el avivamiento se observó que el tiempo mínimo para la eclosión fue de 143 días bajo condiciones de laboratorio y el tiempo máximo de 270 días se presentó en el testigo que estuvo bajo condiciones medio ambientales.

CAPÍTULO 9.

LITERATURA CITADA

Alfaro, A.L., 1995. Biología de *Sphenarium purpurascens* Charpentier (Orthoptera: Acrididae) y patogenicidad de *Beauveria bassiana* en laboratorio. Tesis Profesional, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.

Anaya Rosales S., J. Romero Nápoles, y López Martínez. V. 2000. Manual de Diagnóstico para las Especies de Acridoideos (Orthoptera: Acridoidea) del Estado de Tlaxcala y estados adyacentes. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Méx. 266 pp.

Anaya, R.S. y Navarro, N. R. 1998. Algunos aspectos sobre las especies de chapulín que ocurren en áreas agrícolas. Memorias del curso taller actualización sobre la problemática del complejo conocido como chapulín y su impacto en la agricultura. Irapuato, Gto.

Anaya-Merchant, C. A. 1999. Variación temporal de los niveles de herbivoría de las Campositae de la Reserva del Pedregal de San Ángel (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Barrientos, L.L., 1995. El problema de langostas y saltamontes (Insecta Orthoptera) en Latinoamérica. *Biotam* 7, 43–48.

Barrientos, L. L.; Astacio, L. O.; Poot, M. O y Alvarez, B. F. 1992. Manual técnico sobre la langosta voladora (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker, 1870) y otros acridoideos de Centroamerica y Sureste de México. F. A.O./ O. I. R. S. A. San Salvador, El Salvador. 162p.

Barrientos-Lozano L. y Zárate-Torres. J.F. 2008. Orthopteroides de la Reserva de la Biósfera “El Cielo”, Sur De Tamaulipas, México. *Entomología Mexicana*. Vol. 7: 1034-1039

Barrientos-Lozano, L. 2007. Nuevos Registros de Orthoptera para el NE de México. *Entomología Mexicana*, Vol. 6 (2): 1285-1290.

Castellanos-Vargas, I. 2001. Ecología de la oviposición de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) en la reserva del Pedregal de San Ángel, México, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 115 p.

Camacho-Castillo, Edgar. 1999. Demografía y movilidad de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) en la Reserva del Pedregal de San Ángel, D.F. (México). Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. Beca-tesis por proyecto CONACyT. Grado obtenido: ene. 1999.

Camacho-Castillo, Edgar. 2005. Efecto de la fecha de eclosión sobre el desempeño de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae): El papel de la dieta. Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental). Beca CONACyT. Facultad de Ciencias, UNAM. Grado obtenido: nov 2005.

Cano-Santana, Z., 1994. Flujo de energía a través de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae) y productividad primaria neta aérea en una comunidad xerófila. Tesis Doctoral, Centro de Ecología, UNAM, México.

Cano-Santana, Z., Castellanos-Vargas, I., Fontana, P., Buzzetti, F. M. y Mariño-Pérez. R. 2012. Ortopteroides de Oaxaca, México: Orthoptera, Mantodea y Phasmatodea. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto GE001. México, D.F.

Cano-Santana, Z. 1997. Identificación de los estadios de desarrollo de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) a partir del tamaño de su cabeza. *Folia Entomologica Mexicana* 100: 65-66.

Capinera, J.L., Scott, R.D. y Walker. T.J. 2004. Field guide to grasshoppers, katydids and crickets of the United States. Cornell University Press, Nueva York.

Castellanos-Vargas, I. 2001. Ecología de la oviposición de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) en la reserva del Pedregal de San Ángel, México, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 115 p.

Castellanos-Vargas, I. 2007. Diversidad ortopterológica de la zona sureste de la Ciudad Universitaria (U.N.A.M.) México, D.F. *Entomología Mexicana* 6: 1291-1297.

Castellanos-Vargas, I. 2011. Tamaño poblacional de *Trimerotropis pallidipennis* y disturbio del Cerro Tecuautzin D.F. Memorias del 3er. Congreso Mexicano de Ecología. Boca del Río, Veracruz, México. 3 al 7 de abril de 2011.

Castellanos-Vargas, I. y Cano-Santana. Z. 2009. Historia natural y ecología de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae). Pp.: 337-346. En:

Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel. Eds.: Z. Cano-Santana y A. Lot. Universidad Nacional Autónoma de México.

Castellanos-Vargas, I. I. 2003. El papel de distintos órganos sensoriales de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) en la selección del sitio de su sitio de oviposición. Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental). Facultad de Ciencias, UNAM. Beca DGEP y CONACyT. Graduado con mención honorífica. Grado obtenido: nov 2003.

Cerritos, R. y Cano-Santana, Z. 2008. Harvesting grasshoppers *Sphenarium purpurascens* in Mexico for human consumption: A comparison with insecticidal control for managing pest outbreaks. *Crop Protection* 27: 473-480.

CECAIRA-RICOY, R. 2004. Fuerzas ascendentes y productividad secundaria en *Neoscona oxacensis* (Araneae: Araneidae) en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D.F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

CESAVEG, Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato, A. C. 2010. Informe técnico del Comité Estatal de Sanidad Vegetal en Guanajuato. Campaña contra el Chapulín. Guanajuato, México.

Cibrian Tovar, D. Méndez Montiel, T., Flores Lara J. y Campos Bolaños, R. 2004. Insectos Forestales de México, Universidad Autónoma de Chapingo Texcoco, México.

Coronado P. R y Márquez D. A. 1986. Introducción a la entomología: morfología y taxonomía de los insectos. México D. F. Editorial Limusa. P.

Cueva del Castillo, R. y Núñez-Farfán. J. 1999. Sexual selection on maturation time and body size in *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae): correlated response to selection. *Evolution*. 53:209–215.

Cueva del Castillo Mendoza, R. 1994. Protandria y conducta de apareo en *Sphenarium purpurascens*. Facultad de Ciencias, UNAM. Grado obtenido: oct. 1994

Cueva del Castillo, R. y Núñez-Farfán, J. 2002. Female mating success and risk of prereproductive death in a protandrous grasshoppers. *Oikos*, 96:217-224.

Cueva del Castillo, R. 2003. Body size and multiple copulations in a neotropical grasshopper with an extraordinary mate-guarding duration. *Journal of insect behavior*, 16:503-522.

Cueva del Castillo, R. y Cano-Santana, Z. 2001. Variación de la coloración corporal de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) en función del sexo y su relación con la formación de parejas en un ambiente heterogéneo. *Folia Entomológica Mexicana* 40(3): 297-309.

Cueva del Castillo, R., Núñez-Farfán J. y Cano-Santana, Z. 2001. The role of body size on mating success in *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) in Central Mexico. *Ecological Entomology* 24(2):146-155.

Cueva del Castillo, R., Núñez-Farfán J. y Cano-Santana, Z. 1999. The role of body size in mating success of *Sphenarium purpurascens* in central Mexico. *Ecological Entomology* 24:146–155.

Dingle, H. y Mousseau. T.A. 1994. Geographic variation in embryonic development time and stage of diapause in a grasshopper. *Oecologia* 97:179-185.

Arnold, V. H., Itterbeeck. J. V., Klunder. H., Mertens. E., Halloran. A., Muir G., y Vantomme. P. 2013. Edible insects: Future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. P 67-79

Fontana, P., García-García P.L. y Buzzetti. F.M. 2007. Listado preliminar de los Ortópteros de México. XLII Congreso Nacional de Entomología. Acapulco Guerrero, 17 al 21 de junio de 2007.

Galicia-Mendoza, D. I. 2002. Selección sexual en proceso y la evolución del dimorfismo sexual en el tamaño corporal en *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Garza-López, E. y Cueva Del Castillo. R. 2006. Elección masculina de pareja en *Sphenarium purpurascens* (Charpentier) (Orthoptera: Pyrgomorphidae). ¿Pueden los machos evaluar la experiencia reproductiva de las hembras? *Folia Entomológica Mexicana*, 45:165-170.

Gage, S. H., Mukerji M. K. y Randell. R. L. 1976. A predictive model for seasonal occurrence of three grasshopper species in Saskatchewan (Orthoptera:Acrididae). *Can. Entomology*.108:245-253.

García-García P.L. 2006. Diversidad, fenología y asociación con el hábitat de los ortópteros epífitos del Parque Nacional el Cimatarío, Querétaro. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo. Edo. de Méx. 82 pp.

Hewitt, G.B. 1977. Review of forage losses caused by rangeland grasshoppers. U.S. Dep. Agr. Res. Serv. Misc. Publ.1348. 24 p.

Hewitt, G. 1978. Reduction of a western wheatgrass by the feeding of two rangeland grasshopper, *Aulocara ellioti* and *Melanoplus infantilis*. Journal of Economic Entomology,71(3): 419 - 421.

Hewitt, G. y Onsager. J. 1982. A method for forecasting potencial losses from grasshopper feeding on northern mixed prairie forages. Journal of Range Management, 35 (1): 53 -57.

Instituto Nacional de Investigación forestal agrícola y pecuaria (INIFAP).2012. Red de estaciones del INIFAP. <http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/estaciones.aspx> consultada el 28 de Diciembre de 2012.

Instituto Nacional de Investigación forestal agrícola y pecuaria (INIFAP).2012. Red de estaciones del INIFAP. <http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/estaciones.aspx> consultada el 28 de Diciembre de 2013.

Instituto Nacional de Investigación forestal agrícola y pecuaria (INIFAP).2012. Red de estaciones del INIFAP. <http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/estaciones.aspx> consultada el 28 de Diciembre de 2014.

Kemp, W. P. y Onsager. J. A. 1986. Rangeland gasshopper (Orthoptera: Acrididae): Modeling phenology of natural populations of six species. Environmental. Entomology. 15:924-930.

Kevan, D. K. 1977a. Ord. Orthoptera s. str. (Saltatoria-Caelifera) Subord. Acridodea Infraord. Acridomorpha Superfam. Acridoidea Fam. Pyrgomorphidae. Orthopterum Catalogus 16: iv + 663 +(7).

Kevan, D.K.McE. 1977b. The American Pyrgomorphidae. Rev. Soc. Ent. Argentina.Tomo 36 (1-4): 3-28.

Lactin, D. J. y Johnson. D. L. 1995. Temperature-dependant feeding of *Melanoplus sanguinipes* Nymphs (Orthoptera:Acrididae) in laboratory trials. Environmental. Entomology. 24(5):1291-1296.

López, C. J. 1991. Aplicación de grados-días en la construcción de tablas de vida de cohorte. El caso de *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae). Agrocienca serie Protección Vegetal 2(1):21-37.

Marín-Jarillo, A., Bujangos, R., Tamayo F. y Rangel. E. 2006. Hábitos de oviposición y caracterización de ootecas y huevecillos de los ortópteros *Sphenarium purpurascens* (Charp.), *Melanoplus differentialis* (Thomas) y *Brachystola mexicana* (Bruner.). *Entomología Mexicana*, 5:317-320.

Márquez, M.C. 1962. Estudio 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.

Martínez-Jasso, C. 2002. Ecología e historia natural de *Neoscona oaxacensis* (Araneae: Araneidae) en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, México: selección de hábitat y análisis poblacional. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Méndez, D.R., 1992. Uso de sustancias y extractos vegetales como una alternativa de control del chapulín *Sphenarium purpurascens* Charpentier (Orthoptera: Acrididae) en maíz (*Zea mays*) en Huejotzingo, Puebla. Tesis Profesional, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.

Mendoza-Paredes, C. y Tovar S. E. 1996. Ecología de forrajeo de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae) en la Reserva del Pedregal de San Ángel, D.F. México. Facultad de Ciencias, UNAM. C. Mendoza P. obtuvo mención honorífica. Grado obtenido: may. 1996.

Navarro-Nava, R. 1999. Distribución geográfica del chapulín *Sphenarium purpurascens* Charpentier (Orthoptera: Pyrgomorphidae) en la región noreste del Estado de México. Tesis profesional. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán, Estado de México.

Norma oficial mexicana-021-SEMARNAT-2000. Metodo gravimétrico para la determinación del contenido de humedad de los suelos, sean estos organicos o minerales. <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3335/1/nom-021-semarnat-2000.pdf>. Consultada en junio de 2013.

Pdadt, R.E. 1984. Species richness, density, and diversity of grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) in a habitat of the mixed grass prairie. *Canadian Entomology* 116:703-709.

Pfadt, R.E. 2002. Field Guide to common Western Grasshoppers. Wyoming Agricultural Experimental Station Bulletin, 912:21-22 pp.

Preston-Mafham K. 1990. Grasshoppers and mantids of the world. Facts of File. Nueva York.

Quesada-Moraga, E. y Santiago-Alvarez, C., 1999: Inducción de la salida de la diapausa en la langosta mediterránea *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg). *J. Orthop. Res.* 8,13–16. (in Spanish, English abstract).

Quijano, C. J.A. y Rocha R. 2011. Sistema de Alerta Fitosanitaria del Estado de Guanajuato. INIFAP-Campo Experimental Bajío. Folleto técnico No. 10.

Raworth, D.A. 1994. Estimation of degree-days using temperature data recorded at regular intervals. *Environmental (Entomology)*, 23,893-899.

Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Limusa, México. 432 pp.

Ramos-Elorduy, J. y Pino M. J. 1998. El consumo de insectos entre los zapotecos. Resúmenes del III Congreso Nacional de Etnobiología. ITAO, Oaxaca, Oaxaca, 3-6 noviembre.

Ramos-Elorduy, J. 1998. Creepy crawly cuisine. Inner Traditions International, Rochester, Vermont. 149 p.

Ramos-Elorduy, J. 1997. Insect: a sustainable source of food. *Ecol. Food Nutr.* 36, 247–276.

Ramos-Elorduy, J., Pino M.J. y González M. O. 1981. Digestibilidad “in vitro” de algunos insectos comestibles de México. *Folia Entomológica Mexicana* 49: 141-154.

Ramos-Elorduy, J., Pino M.J., Márquez M. C., Rincón, F., Alvarado, M. y Escamilla. E. 1984. Protein content of some edible insects in Mexico. *Journal of Etnobiology* 4: 61-72.

Ramos-Elorduy, J. y Pino M.J. 1988. Los insectos comestibles en el México antiguo (Estudio etnoentomológico). A.G.T. México, D.F. 108 p.

Rangel-Machain E., A. Marin J., R. Bujanos M., F. Tamayo M. y J. C. Delgado C. 2005. Evaluación y adopción de alternativas biológicas y químicas para el control del complejo de chapulines en Guanajuato. CESAVEG. Guanajuato, México.

Salas A. M. D y Salazar S. E. 2009. Enemigos naturales de plaga de chapulín (orthoptera: acrididae) con énfasis en Guanajuato, México: una breve revisión. *Vedalia*, 13(2): 5764.

Salas-Araiza, M.D., Salas-Solis, E. y Montesinos-Silva. G. 2003. Acridoideos (Insecta:Orthoptera) del estado de Guanajuato, México. *Acta Zool. Mex.* 89:29-38.

Salas-Araiza, M.D., Alatorre P.G. y González. E.U. 2006. Contribución al conocimiento de los acridoideos (Insecta: Orthoptera) del estado de Querétaro, México. *Acta Zoológica Mexicana* 22 (2): 33-43.

Serrano-Limón, G. y Ramos-Elorduy, J. 1989. Biología de *Sphenarium purpurascens* (Charpentier) y algunos aspectos de su comportamiento (Orthoptera: Acrididae). Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ser. Zool., 59: 139-152.

Serrano-Limón, G. y Ramos-Elorduy, J. 1990. Biología de *Sphenarium purpurascens* Charpentier y algunos aspectos de su comportamiento (Orthoptera: Acrididae). An. Inst. Biol. UNAM Ser. Zool. 59, 139–152.

Skinner K.M. y Child. R.D. 2000. Multivariate analysis of the factors influencing changes in Colorado grasshoppers abundances. Journal of Orthoptera research, 9: 103-109.

Stauffer T.W. y Whitman. D.W. 1997. Grasshopper oviposition. In: Ganwere S.K., M.C. Muralirangan, y M. Muralirangan (Eds.). *The bionomics of grasshoppers, katydids and their kin*. CAN INTERNATIONAL. New York. Pp 231-280.

Tauber, J. T., Tauber, C. A. y Masaki, S. 1986: *Seasonal Adaptations of Insects*. Oxford: Oxford University Press. Uvarov, B. P., 1966: *Grasshoppers and Locust*. A Handbook of General Acridology, Vol. I, London: Cambridge University Press, 482 pp.

Vejar, C. G. 1994. Importancia e infraestructura para mantener crías de insectos. 1-14. In: Bautista M. N.; G. Vejar C. y J. L. Carrillo S. (Ed.). *Técnicas para la cría de insectos*. Instituto de fitosanidad. Colegio de postgraduados. Montecillo, México.

Viesca-Gonzales, F.C. y Romero Contreras, A. T. 2009. La entomofagia en México. Algunos aspectos culturales. *El periplo sustentable*, 16, Universidad Autónoma del Estado de México. 57-83.