

72
2 ej^o



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

EFFECTO DE LA ALIMENTACION EN LA COLORACION
DE LAS LARVAS DE LA MARIPOSA *Callophrys xami*
(LEPIDOPTERA: LYCAENIDAE)

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G A
P R E S E N T A
GABRIELA FLORES RODRIGUEZ

DIR. BIOL: GABRIELA JIMENEZ CASAS



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



1 9 9 6

FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:
Efecto de la alimentación en la coloración de las larvas de la mariposa *Callophrys xami*
(Lepidoptera : Lycaenidae)

realizado por **Gabriela Flores Rodríguez**
con número de cuenta **8859743-4** , pasante de la carrera de **Biología**

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Biól. Gabriela Jiménez Casas

Director de Tesis

Propietario
Dra. Betty Benrey Boguslavsky

Propietario
Biól. Carlos Rafael Cordero Macedo

Propietario
Dr. Zenón Cano Santana

Suplente

Dr. Jorge L. de J. Soberón Mainero

Suplente

FACULTAD DE CIENCIAS

Consejo Interdisciplinario de Biología

COORDINACION GENERAL
DE BIOLOGIA

Dedico, con mucho amor, todo lo que esta tesis representa en mi vida

a:

 Mi papá Gabino Flores Angeles †, de quien recibí amor, el ejemplo de una vida digna de ser imitada, y el ejemplo de una muerte admirable.

 Mi mamá Ma. Elena Rodríguez Núñez, de quien recibo amor, comprensión y un maravilloso ejemplo de valor y fortaleza para vivir.

 Mi hermano Eduardo, que me da amor, me ha enseñado cosas de la vida y el valor de la constancia.

INDICE

| | Página |
|--|--------|
| INDICE | i |
| RESUMEN | iii |
| I. INTRODUCCION | 1 |
| 1. LA COLORACION Y SU FUNCION | 1 |
| 2. COLORACION EN LEPIDOPTEROS | 3 |
| 3. EL COLOR DE LAS LARVAS DE <i>Callophrys xami</i> | 4 |
| 4. OBJETIVOS E HIPOTESIS | 6 |
| II. BIOLOGIA DE <i>Callophrys xami</i> REAKIRT | 7 |
| III. AREA DE ESTUDIO | 10 |
| IV. MATERIAL Y METODO | 13 |
| 1. OBTENCION DE LARVAS | 13 |
| 2. DETERMINACION DEL COLOR. | 15 |
| 3. INFLUENCIA DEL ALIMENTO Y DEL COLOR LARVAL DE LOS PADRES | 18 |
| 4. PREFERENCIAS ALIMENTARIAS | 21 |

| | |
|---|----|
| 5. CORRELACION DE COLOR DE HOJAS Y LARVAS EN EL CAMPO | 23 |
| V. RESULTADOS | 24 |
| 1. FACTORES QUE AFECTAN EL COLOR LARVAL | 24 |
| 2. PREFERENCIAS ALIMENTARIAS | 30 |
| 3. OBSERVACIONES DE LARVAS EN EL CAMPO | 32 |
| VI. DISCUSION | 34 |
| 1. FACTORES QUE DETERMINAN EL COLOR LARVAL | 34 |
| 2. PREFERENCIAS ALIMENTARIAS | 38 |
| VII. CONCLUSIONES | 42 |
| VIII. LITERATURA CITADA | 43 |
| APENDICE | 49 |
| AGRADECIMIENTOS | 51 |

RESUMEN

El color del cuerpo es un atributo de los organismos que desempeña tres funciones principales: termorregulación, comunicación intra e interespecífica y defensa contra los depredadores. Las larvas de lepidópteros son herbívoros muy importantes que, además constituyen una fuente de alimento para otros animales, especialmente aves.

Las larvas de *Callophrys xami* se alimentan principalmente de hojas de *Echeveria gibbiflora*, las cuales pueden ser de color verde o rojo, aunque también se pueden alimentar de hojas de *Sedum dendroideum*. Por otro lado, los colores pueden presentar las larvas de tercero y cuarto estadio de *C. xami* son verde, rosa o rojo.

La finalidad de este trabajo fue determinar si el color del alimento afecta el color de las larvas de cuarto estadio, para lo cual se realizaron cuatro experimentos usando larvas de padres de color larvario conocido, las cuales se alimentaron con distintas dietas (hojas de color rojo de *E. gibbiflora*, hojas de color verde de *E. gibbiflora* y hojas de *S. dendroideum*). Adicionalmente, se realizaron dos ensayos de preferencias alimentarias, y se hicieron observaciones de campo sobre la relación entre color de las hojas y color de las larvas.

El color del alimento tuvo un efecto significativo sobre el color de la larva. Las larvas prefieren, en orden de importancia, las inflorescencias de *E. gibbiflora*, las hojas rojas de *E. gibbiflora*, las hojas verdes de *E. gibbiflora* y las hojas de *S. dendroideum*. En el campo se encontró relación entre el color de la larva y el color de la hoja.

I. INTRODUCCION

I. LA COLORACION Y SU FUNCION

El color del cuerpo es un atributo universal de los organismos que en los animales desempeña tres funciones principales: termorregulación, comunicación intra e interespecífica y defensa contra los depredadores (Endler, 1978). El color puede ser una defensa contra depredadores cuando permite el camuflaje, la distracción, intimidación de los depredadores, advertencia y el mimetismo (Lythgoe, 1979). La diversidad de patrones de color rivaliza con la diversidad de técnicas con las que los animales se valen para localizar a sus presas y, a la vez, evitar ser depredados, por lo cual el color puede estar asociado con el comportamiento y la ecología de los organismos (Lythgoe, 1979).

Existe una presión constante de selección ejercida por los depredadores en virtud de la cual los animales van adoptando aspectos, colores, formas de movimiento y olores que los hacen menos conspicuos. Esto ocurre aunque los individuos de las especies en cuestión no estén capacitados para la percepción de los colores. En esto consiste la cripsis, cuya forma más común es la homocromía o parecido de color con el fondo

(Margalef, 1991). Se ha comprobado que las aves consumen con preferencia insectos o roedores cuyo color contrasta más con el fondo (Lythgoe, 1979). Por esta razón, una coloración protectora críptica tiene sentido frente a tales depredadores (Margalef, 1991).

Los depredadores actúan tanto a nivel de control numérico de las poblaciones de presas (i.e.: como agente de regulación poblacional), como de evolución de las características de las presas (i.e.: como agente de selección natural). Las presas, por otro lado, desarrollan características adaptativas defensivas que reducen las oportunidades de ataques de sus depredadores; frecuentemente en esas adaptaciones defensivas están involucradas características morfológicas, de comportamiento o químicas (Ferreira, 1990).

Algunas especies de insectos poseen una coloración críptica. Esta adaptación es muy frecuente en algunos geométridos (Lepidoptera) y en otros grupos. El mimetismo es también un eficaz medio de defensa, pues de esta forma las larvas de los lepidópteros se confunden con pequeñas ramas, en tanto que otros insectos imitan hojas, flores o ramas. Algunas especies (como numerosos coleópteros cerambícidos y sírfidos) presentan la misma coloración que las avispas lo cual les confiere protección. Los colores y

dibujos de advertencia (i.e.: aposemáticos), existen en las alas de algunas mariposas con la forma de ojos (Zahradník y Chvála, 1990).

2. COLORACION EN LEPIDOPTEROS

Las mariposas están entre los animales con más colorido. Se sabe que los lepidópteros adultos utilizan los patrones de coloración como medio de reconocimiento intraespecífico (Owen, 1982).

La existencia de distintas formas genéticas determinadas en una población se conoce como polimorfismo; la existencia del polimorfismo refleja un balance de fuerzas selectivas, ya que bajo ciertas condiciones medioambientales una forma es la que aventaja en términos de sobrevivencia pero, en otras condiciones, puede ser una desventaja (Lythgoe, 1979). Así el complejo patrón de coloración del ala de una mariposa o una polilla polimórfica bien puede estar determinado por efectos acumulados de muchos genes (interacciones poligénicas) o por alelos en un locus simple (Lincoln, 1988).

En el caso de los licénidos se ha encontrado que no existe relación directa entre el color del alimento ingerido y el color resultante en la larva,

aunque no niegan que pueda haber cierta relación (Emmel y Ferris, 1972; Orsak y Whitman, 1986). En un trabajo donde se alimentaron larvas de *Rekoa marius* y *R. palegon* (Lycaenidae), con botones florales de varias especies de plantas hospederas de colores diferentes, se encontró que éstas siempre presentaron coloración críptica con su substrato alimenticio (Ferreira, 1990).

3. EL COLOR DE LAS LARVAS DE *Callophrys xami*.

Las larvas de lepidópteros, al mismo tiempo que son uno de los taxa que tienen mayor importancia como herbívoros (Janzen, 1988), son también una de las fuentes de alimento más importantes para los depredadores, especialmente para los pájaros (Mariath, 1982).

Las larvas del tercero y cuarto estadios de *Callophrys xami* Reakirt (Lepidoptera:Lycaenidae) Theclinae, pueden presentar el color que se observa en las hojas de *Echeveria gibbiflora* (De Candolle) (Crassulaceae), su principal hospedero. En la reserva del Pedregal de San Angel, al suroeste de la ciudad de México, los adultos de esta mariposa son poco comunes, lo cual esta asociado a la alta mortalidad que sufren los huevos y las larvas de los primeros estadios del ciclo de vida de la mariposa (Benrey *et al.*, 1994).

Los huevos sufren el ataque de parasitoides en tanto que las larvas probablemente sufren el ataque de protozoarios (Parlange, 1991). Las larvas de *C. xami* tienen hábitos minadores que le permiten vivir protegida de agentes ambientales severos. Sin embargo, en algunos momentos de su vida se encuentran en la superficie, o muy cerca de ella, sobre todo cuando el alimento es escaso. Algunas veces se ha visto que las larvas salen a mudar, donde permanecen de algunas horas hasta un día fuera, siendo susceptible de ataque por parte de aves y arañas (Parlange, 1991). Los agentes ambientales severos son factores claves de mortalidad de huevos y larvas de muchas especies que forrajean al exterior de las hojas (Dempster, 1983).

Aunque muchos aspectos de la ecología de esta mariposa han sido revelados, quedan aún varias interrogantes acerca de su ecología, entre las que destacan (1) ¿qué factores determinan el color de las larvas?, (2) ¿cuál es el efecto de la dieta sobre el color? y (3) ¿cuál es el efecto del color que los padres tenían en su etapa larvaria?

4. OBJETIVOS E HIPOTESIS

Los objetivos de este trabajo son los siguientes:

(a). Determinar la influencia del alimento sobre la coloración de las larvas de la mariposa *Callophrys xami*.

(b). Evaluar la influencia del color larval de los padres en el color larval de los hijos.

(c). Determinar las preferencias alimentarias de las larvas.

De acuerdo con las observaciones de campo, se espera que el color larval sea influido principalmente por el color de la dieta, y que el color larval de los padres no sea determinante sobre este rasgo.

II. BIOLOGIA DE *Callophrys xami* REAKIRT

Callophrys xami habita zonas secas y rocosas en un ámbito de distribución que abarca Oaxaca, Guerrero, Veracruz y otros estados del centro de México, los Valles de Tehuacán y de México, la Sierra Madre Occidental y del Sur, los estados de Jalisco y Sonora y la parte sur de Texas y Arizona (Ziegler y Escalante, 1964; Pyle, 1981; Beutelspacher, 1980). Aunque su abundancia varía a lo largo del año, *C. xami* puede encontrarse en el Valle de México durante todo el año (Beutelspacher, 1980), con tres periodos de mayor abundancia entre julio y septiembre, diciembre y enero y, entre abril y mayo (Ziegler y Escalante, 1964, Soberón *et al.* 1988).

El ciclo de vida de *Callophrys xami* consta de cuatro estadios larvarios, que desembocan en un estado prepupal, uno pupal y el adulto. Las duraciones promedio en días de cada etapa son las siguientes: larva I 5.36, larva II 4.71, larva III 5.40, larvas IV 6.72, prepupa 3.70, y pupa 18.39, aunque a veces no se reconoce como estadio la prepupa, por ser inactiva y de breve duración (Parlange, (1991). Las larvas consumen plantas de la familia Crassulaceae, siendo *Echeveria gibbiflora* su principal planta hospedera en el Pedregal de San Angel. De esta planta las larvas consumen las hojas, las flores y raramente los tallos. En menor proporción, las larvas de *C. xami* se alimentan también de *Sedum dendroideum* (Benrey *et al.*

1994), arbusto de tallos erectos, colgantes y cuya época de floración es de febrero a septiembre (Sánchez, 1980).

Echeveria gibbiflora es una planta muy abundante en el Pedregal, pues en promedio hay poco más de 1 planta/m², aunque su patrón de distribución es agregado (Soberón *et al.*, 1988; Eguiarte *et al.*, 1994; Larson *et al.*, 1994). Posee un tallo robusto simple o muy poco ramificado de 30 cm de altura, con 15 o más hojas ovaladas u oblongas, de 25 cm de largo por 15 cm de ancho, de color verde o rojo forman una roseta, con inflorescencia paniculada que llega a medir más de 1 m de largo, con flores color rojo-amarillento (Walther, 1972). La coloración de sus hojas es variable, se modifica en muchos individuos por la presencia de cubiertas cerosas y un teñido rojizo que se desarrolla en las plantas que crecen en lugares soleados, ocasionados probablemente por la concentración de ácidos (Larson, 1992). La época de floración es de octubre a enero, pero la planta es perenne y se encuentra presente en el área durante todo el año (Eguiarte *et al.*, 1994; Larson *et al.*, 1994).

Cuando recién se han formado las pupas, éstas presentan un color rojo, rosa o verde, lo cual está directamente relacionado con el color que presentó la larva. Este color se torna en el lapso de un día en café claro, café con tonos verdes o café con tonos rojos. Las pupas se van

obscurciendo conforme pasan los días, y en algunos casos hacia el final del estadio se tornan de color café muy oscuro.

Las hembras adultas ovipositan preferentemente: sobre las flores, en hojas y rara vez sobre los tallos, evitando ovipositar en las hojas viejas (Soberón *et al.*, 1988). Una vez que la larva emerge del huevo, se introduce en la planta y se alimenta de sus tejidos internos formando un túnel o mina dejando sólo una capa muy delgada de tejido en la superficie de la parte de la planta que consume. Por el tamaño de la mina, así como por la presencia de restos de excremento, es posible detectar la presencia de una larva, así como el estadio en que se encuentra. Una vez que la larva alcanza el último estadio, abandona la planta y pupa en el suelo, en la hojarasca o en las rocas cercanas al área de alimentación (Benrey *et al.*, 1994).

III. AREA DE ESTUDIO

Este trabajo se llevó a cabo en la Reserva Ecológica "El Pedregal de San Angel"; que se encuentra ubicada en los terrenos de Ciudad Universitaria, al suroeste de la Ciudad de México (Fig. 1).

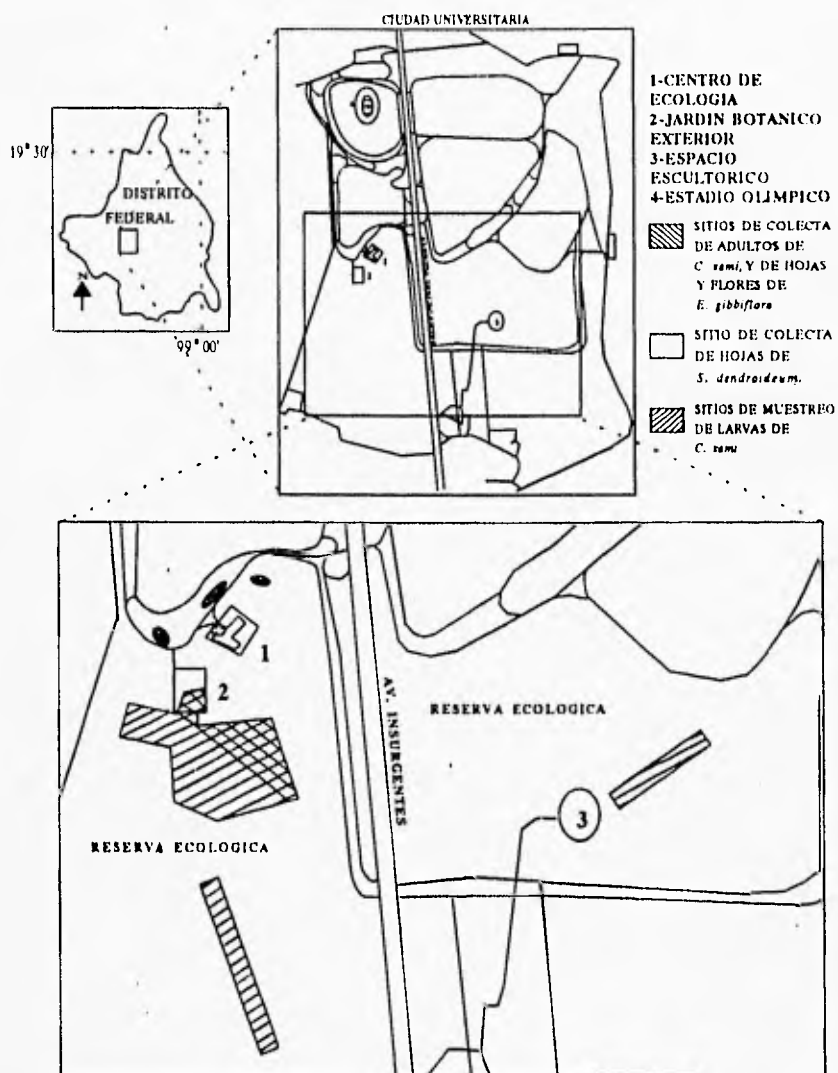


Figura 1. Mapa de la ubicación de la reserva "El Pedregal de San Angel", donde se señalan los sitios de colecta de plantas de *E. gibbiflora*, de adultos de *C. xami* y las áreas de muestreo de larvas de *C. xami*.

Esta área está cubierta por basalto producto de la erupción del volcán Xitle y conos adyacentes ocurrida hace aproximadamente 2000 años (Carrillo, 1995). El derrame del Xitle ocupó una extensión de 80 km². Sus límites altitudinales se encuentran entre los 2250 m y los 3100 m (Alvarez, *et al.*, 1981). Según García (1964) el clima es Cb (w1)(w). Su temperatura promedio anual es de 15.4 °C, y su precipitación es de 870.2 mm anuales (Soberón *et al.*, 1991). Presenta una estacionalidad marcada, con una temporada seca de noviembre a mayo y una lluviosa de junio a octubre (Rzedowski, 1954; Meave *et al.*, 1994).

La topografía de la reserva es muy heterogénea, en la cual se distinguen varios macro y microambientes diferenciables, los cuales facilitan el establecimiento de una gran cantidad de especies vegetales con diferentes requerimientos ambientales que conforman una flora muy variada. La asociación del tipo de suelo pobre y poroso, en el que se acumula suelo y se destruye roca, hace que en la reserva del Pedregal de San Angel se encuentre ocupando posiblemente una vegetación perteneciente a una estapa sucesional intermedia entre comunidades pioneras de helechos xerofíticos y posibles comunidades dominadas por *Schinus mole* o *Quercus rugosa* (Soberón *et al.*, 1991). En la reserva se alberga una comunidad de *Senecionetum praecocis*, del tipo matorral xerófilo donde dominan *Muhlenbergia robusta*, *Verbesina virgata*,

Buddleia cordata, *Dahlia coccinea* y *Echeveria gibbiflora* (Cano-Santana, 1994).

El periodo vegetativo de las plantas del Pedregal de San Angel empieza a fines de mayo, aumentando hacia junio, julio y agosto que coincide con la época de lluvias reportada para la zona. El punto máximo de crecimiento, así como de floración y de fructificación, ocurre en septiembre y octubre. De noviembre a marzo predominan las especies leñosas, y las hierbas en su mayoría permanecen en forma de semilla, lo cual que coincide con la época de secas de la zona (Soberón *et al.*, 1991).

IV. MATERIAL Y METODO

1. OBTENCION DE LARVAS

Los organismos adultos que se utilizaron para conformar una colonia en el laboratorio fueron obtenidos en el área del Jardín Botánico Exterior del Instituto de Biología de la UNAM (Fig. 1). Se capturaron hembras por medio de redes entomológicas, entre las 10:00 y 14:00 h, sólo en días soleados, cálidos y con un viento suave. Se transportaron al laboratorio en jaulas de campo de malla fina de tela. Las capturas se realizaron en septiembre de 1993, y, para evitar la endogamia, se hicieron nuevas capturas en mayo de 1994, noviembre de 1994 y febrero de 1995. En el laboratorio las hembras fueron alimentadas utilizando una esponja humedecida con una solución de agua potable y azúcar al 10% y al día siguiente de su captura fueron puestas a ovipositar en botes de plástico de 13 cm de alto por 10 cm de diámetro, de color blanco y translúcidos, que tenían en el fondo un círculo de papel absorbente y 1-2 hojas de *Echeveria gibbiflora* para que ovipositaran. A las tapas de los botes les fue hecha una abertura circular que se cubrió con malla fina de tela. Los botes fueron colocados debajo de lámparas incandescentes de 75 w, a una distancia aproximada de 30 cm por un lapso de 2 h dentro de un insectario sin

ventanas, donde la temperatura y humedad no se controlaron. Una vez obtenidos los huevos, éstos se separaban individualmente en trozos de hojas de *E. gibbiflora*, utilizando un pincel fino humedecido con agua, depositándolos en un trozo de hoja dentro de una caja de Petri de 8.5 cm de diámetro; registrando los siguientes datos: (a) fecha de oviposición, (b) el tipo de dieta y (c) color de la larva al tercero y cuarto estadios. El cultivo de las larvas en laboratorio se hizo según la técnica descrita por Jiménez (1987) y Jiménez y Soberón (1988-89).

Con los datos obtenidos se obtuvo la siguiente generación de mariposas realizando apareamientos controlados colocando dos hembras y un macho dentro de una jaula de campo para mariposas ubicada en un lugar soleado. La jaula se revisó cada 10 min, y una vez que ocurría el apareamiento, la hembra no apareada se retiraba.

Las cajas de las larvas fueron limpiadas y renovado el alimento cada 2-3 días, y sólo hacia el final del 4º estadio se hizo diariamente. Las hojas utilizadas como alimento fueron colectadas en los sitios señalados en la Fig. 1. Las hojas se transportaron en bolsas de plástico usando la cantidad necesaria para alimentar a los organismos y el sobrante se mantenía en refrigeración para usarlo posteriormente.

2. DETERMINACION DEL COLOR

El sistema de color Munsell, descrito por McKillop y Preston (1981) maneja tres características del color que son: color espectral, apreciación (pálido u obscuro) y saturación (opaco o brillante). En este estudio sólo se consideró el color espectral, que en las larvas del tercero y cuarto estadios, y en la prepupa de *Callophrys xami* puede ser rojo, rosa o verde. Como no todas las larvas son de color uniforme, en las distintas combinaciones de color se considerará el color predominante en la larva, independientemente de la intensidad del mismo (Figs. 2, 3, 4, 5 y 6).

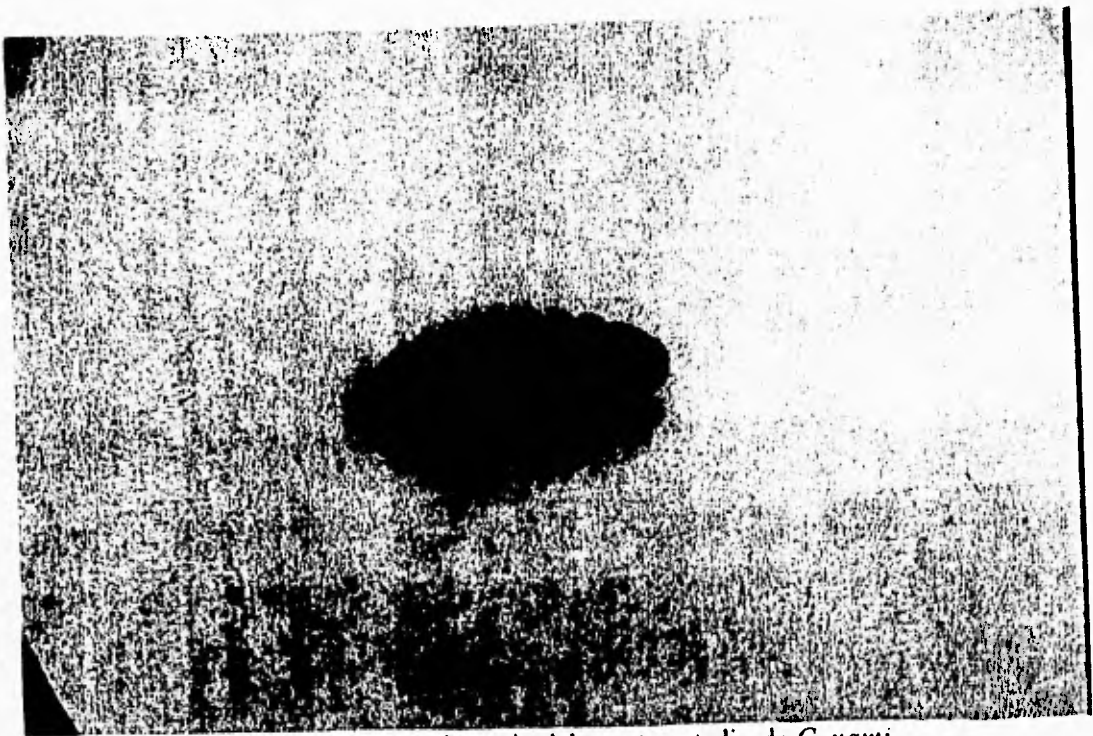


Figura 2. Larva de color rojo del cuarto estadio de *C. xami*.



Figura 3. Larva de color rosa del cuarto estadio de *C. xami*.



Figura 4. Larva de color verde del cuarto estadio de *C. xami*.



Figura 5. Larva de color rojo con verde del cuarto estadio de *C. xami*.

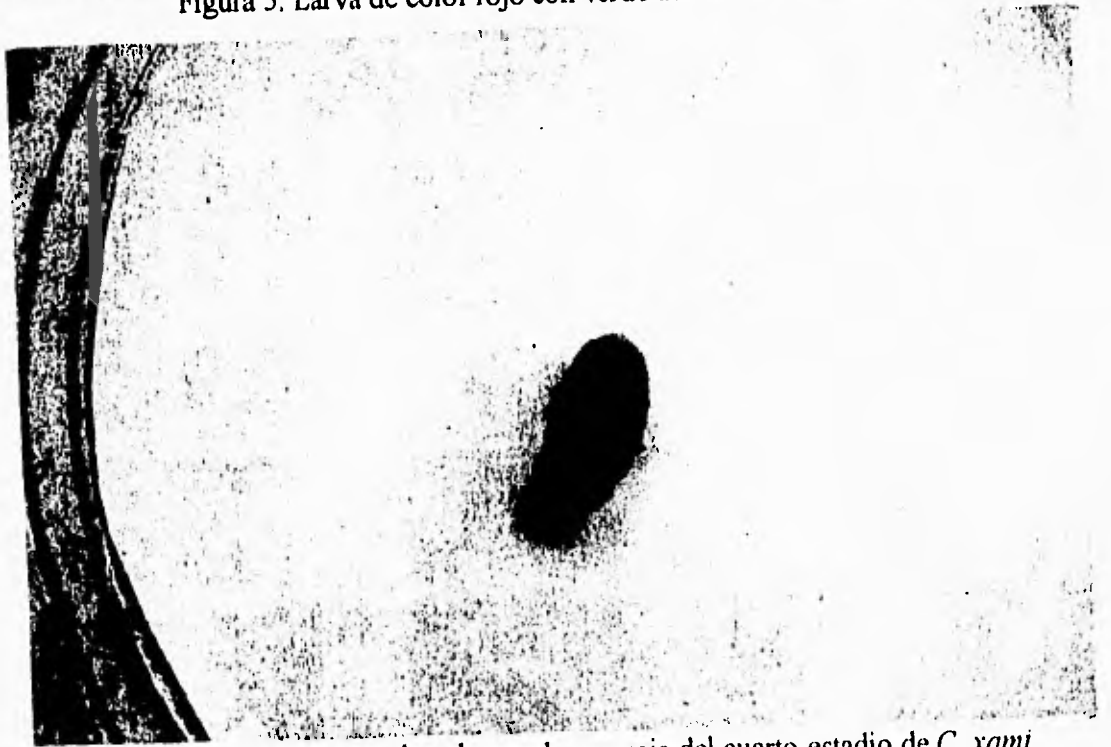


Figura 6. Larva de color verde con rojo del cuarto estadio de *C. xami*.

3. INFLUENCIA DEL ALIMENTO Y DEL COLOR LARVAL DE LOS PADRES

Para conocer el efecto del alimento y del color larval de los padres sobre el color de la larva, se obtuvieron huevos de padres conocidos, se cultivaron las larvas hasta prepupa con las siguientes dietas en cada experimento: (1) hojas rojas de *Echeveria gibbiflora*, (2) hojas verdes de *E. gibbiflora*, y (3) hojas verdes de *Sedum dendroideum*. Se hicieron 4 experimentos, en cada uno se obtuvieron larvas para la primera y segunda generaciones, y la tercera generación no siempre se logró obtener, por lo que para el análisis de resultados se consideraron familias de las dos primeras generaciones, y de ellas sólo se tomaron en cuenta las que tuvieron al menos diez sobrevivientes al final del ensayo; se hicieron dos réplicas de cada uno, cada una de ellas consistió en repetir el experimento pero en fechas distintas. En cada experimento se utilizaron diez familias diferentes, y cada una de ellas inició con 45-170 huevos.

Los experimentos realizados se detallan a continuación:

Experimento No. 1: Cultivo de larvas con padre y madre que tuvieron color larval rojo.

Experimento No. 2: Cultivo de larvas que tuvieron padre con color larval verde y madre con color larval rojo.

Experimento No. 3: Cultivo de larvas que tuvieron padre con color larval rojo y madre con color larval verde.

Experimento No. 4: Cultivo de larvas con ambos padres de color larval verde.

Para determinar la influencia del alimento y del color larval de los padres sobre el color de las larvas hijas, se usó un ANOVA por rangos de Kruskal-Wallis (H), en este análisis se reemplaza cada una de las observaciones por rangos y se ordenan en una sola serie con lo cual se puede demostrar si las observaciones proceden de una misma población (Siegel, 1980), determinando el efecto del alimento, del color del padre, del color de la madre y de las interacciones de estos. Hubo 3 factores que se consideraron como variables dependientes, fueron: el porcentaje de larvas rojas, el porcentaje de larvas rosas y el porcentaje de larvas verdes. La distribución de H es como χ^2 cuadrada con $g.l. = 1$ (Siegel, 1980).

Ya que se aplicó una prueba estadística idéntica a un mismo grupo de datos, existe la posibilidad de caer en el error de rechazar una hipótesis

nula verdadera, para disminuir esa posibilidad se aplicó la corrección de Bonferroni tal como sugiere Rice (1988) tomando en cuenta que Chandler (1995) sugiere que las tasas de error del 10 al 15% son niveles apropiados de control para un error aceptable en los experimentos. Los ANOVAS por rangos de Kruskal-Wallis de este trabajo son 15, por lo que nuestra $k = 15$, y el error permitido es $\alpha = 0.1$, la p que se acepta como significativa, aplicando la corrección de Bonferroni es

$$p = \alpha/k = 0.006$$

para todas las pruebas de anova por rangos de Kruskal-Wallis presentadas en este trabajo.

Las hojas colectadas para alimento de las larvas experimentales eran firmes, sin daño y de tamaño mediano a grande (en el caso de *Sedum dendroideum*, hojas de 4-6 cm de largo por 1-2 cm de ancho).

El tamaño de hoja ofrecido a cada larva, dependió de el estadio de desarrollo en la larva y de la especie de la planta, según se muestra en la Tabla 1, procurando que estas tuvieran alimento suficiente y hubiera humedad en las cajas de Petri.

Tabla 1. Tamaño de hoja ofrecido a las larvas según el estadio de desarrollo y de la especie de planta.

| TAMAÑO DE HOJA | | |
|----------------|--|------------------------------------|
| ESTADIO | <i>E. gibbiflora</i> (cm ²) | <i>S. dendroideum</i> (cm x cm) |
| 1 | 1 | 1 x 4 |
| 2 | 6 | 2 x 6 |
| 3 | 12-16 | 2 x 6 (2) |
| 4 | 36-40 | 2 x 6 (3) |

Entre paréntesis se indica el número de hojas de ese tamaño que se suministraron.

Cuando la mayoría de las larvas en cada experimento llegaron al tercer estadio, se hacía el seguimiento individual de variación de color hasta que llegaban al estado de pupa. Al emerger los adultos se les determinó su sexo y de acuerdo a ello fueron separados en jaulas, con el fin de tener adultos vírgenes que permitieran realizar los apareamientos controlados.

4. PREFERENCIAS ALIMENTARIAS

Se realizaron dos ensayos para determinar las preferencias alimentarias de las larvas de *Callophrys xami* sobre partes vegetales de diferente color. En el primer ensayo, se usaron 60 huevos puestos el mismo

día, los cuales se colocaron individualmente en el centro de una caja de Petri de 8.5 cm de diámetro; preparada de la siguiente manera. En cada caja se vertió una capa de gelatina líquida de 1 mm de espesor, en la cual antes de que cuajara se acomodaron un trozo de hoja de *E. gibbiflora* de color rojo y otro de color verde de 2x1.5 cm, una inflorescencia de 1.5 x 1 cm de *E. gibbiflora* y una hoja 4 x 1 cm de *S. dendroideum* (Figura 7a).

En el segundo ensayo las cajas se prepararon de manera semejante, se usaron 61 huevos y sólo hojas de las categorías usadas en el ensayo anterior (Figura 7b).



Figura 7. Distribución de los alimentos en las cajas de Petri para las pruebas de preferencias alimentarias. (a) Primer ensayo. (b) Segundo ensayo.

Los datos obtenidos se analizaron por medio de la prueba de *G* (Sokal y Rohlf, 1981), en la que se compararon en los dos ensayos, el número de larvas que prefirieron cada tipo de alimento.

5. CORRELACION DE COLOR DE HOJA Y DE LARVA EN EL CAMPO

De octubre de 1993 a marzo de 1995, se hicieron observaciones frecuentes de la presencia de larvas en las hojas con el fin de observar la correlación del color de la hoja y el color de la larva. Los datos que se registraron fueron los siguientes:

(a) color de la larva, (b) estadio de la larva, y (c) color de la hoja.

Además se hicieron varias visitas específicamente para buscar larvas durante los meses de septiembre y octubre de 1995 en los sitios indicados en la Fig. 1. En estas visitas no se colectaron hojas ni larvas, y las observaciones que se hicieron fueron las mismas mencionadas anteriormente.

Los datos obtenidos se analizaron por medio de la prueba de *G*, se hizo una para todos los datos y otra sólo para los datos de septiembre-octubre de 1995.

V. RESULTADOS

1. FACTORES QUE AFECTAN EL COLOR LARVAL

Para tener un panorama general sobre la tendencia del color larval en el cuarto estadio, se obtuvieron los promedios y los errores estándar, del número de hijos y de los porcentajes de larvas de color rojo, rosa, y verde. En la Tablas 2, 3 y 4, se observan los datos de los tipos de familia, el número promedio de hijos, el porcentaje promedio de hijos rojos, rosas y verdes para cada tipo de familia, y sus respectivos errores estándar, para la primera, segunda generaciones y para ambas generaciones juntas; Los porcentajes promedio más altos de hijos rojos corresponden, en general, a los que se alimentaron con hojas rojas de *Echeveria gibbiflora*, mientras que el promedio más alto de hijos verdes corresponde, en general, a los que comieron hojas de *Sedum dendroideum*, y en cuanto al promedio de hijos color rosa, los que más destacan corresponden a larvas alimentadas con hojas verdes de *E. gibbiflora*.

En vista que la tendencia de los datos de las primera y segunda generaciones son muy similares, las *N* en ambas generaciones son muy

pequeñas y el rango de datos para cada tipo de familia en algunos casos es muy amplio, lo que provocó errores estándar demasiado altos, se optó por trabajar con los datos de las dos generaciones de manera conjunta, para aumentar el valor de N , disminuir los valores del error estándar y hacer nuestros análisis más confiables. Las tendencias de estos datos se observan de manera gráfica en las figs. 8 y 9.

Tabla 2. Datos estadísticos básicos que muestran las tendencias de color en larvas de la primera generación.

| TIPO DE FAMILIA | PADRE | MADRE | DIETA | N | PROMEDIO DEL No. DE HIJOS ($x \pm E.E.$) | RANGO DEL No. DE HIJOS | PROM. DEL % ROJO ($x \pm E.E.$) | PROM. DEL % ROSA ($x \pm E.E.$) | PROM. DEL % VERDE ($x \pm E.E.$) |
|-----------------|-------|-------|--------------|---|---|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | ROJO | ROJA | ROJA | 3 | 42.33 (13.35) | 18 - 64 | 75.87(10.57) | 0.00 | 24.13(10.57) |
| 2 | ROJO | ROJA | VERDE | 3 | 40.33 (18.22) | 16 - 76 | 53.71(14.35) | 8.98(4.72) | 37.31(13.50) |
| 3 | ROJO | ROJA | <i>Sedum</i> | 2 | 25.00 (11.00) | 14 - 36 | 48.41(17.66) | 0.00 | 51.59(17.66) |
| 4 | VERDE | ROJA | ROJA | 2 | 17.50 (1.50) | 16 - 19 | 82.73(10.10) | 11.51(7.20) | 5.76(3.84) |
| 5 | VERDE | ROJA | VERDE | 2 | 22.50 (4.50) | 18 - 27 | 33.33(15.71) | 18.52(10.67) | 48.15(17.65) |
| 6 | VERDE | ROJA | <i>Sedum</i> | 1 | 11.00 | 11 | 9.09(8.26) | 0.00 | 90.91(8.26) |
| 7 | ROJO | VERDE | ROJA | 3 | 30.67 (16.71) | 12 - 64 | 77.60(10.03) | 2.08(1.18) | 20.31(9.34) |
| 8 | ROJO | VERDE | VERDE | 3 | 37.33 (12.92) | 22 - 63 | 50.17(14.43) | 10.26(5.32) | 39.57(13.81) |
| 9 | ROJO | VERDE | <i>Sedum</i> | 4 | 20.50 (4.18) | 10 - 29 | 49.30(12.50) | 2.78(1.35) | 47.92(12.48) |
| 10 | VERDE | VERDE | ROJA | 1 | 22.00 | 22 | 81.82(14.87) | 9.09(8.26) | 9.09(8.26) |
| 11 | VERDE | VERDE | VERDE | 2 | 53.50 (0.36) | 53 - 54 | 44.81(17.49) | 9.42(6.03) | 45.77(17.55) |
| 12 | VERDE | VERDE | <i>Sedum</i> | 2 | 30.00 (4.25) | 24 - 36 | 29.17(14.61) | 2.08(1.44) | 68.75(15.19) |

Tabla 3. Datos estadísticos básicos que muestran las tendencias de color en larvas de segunda generación.

| TIPO DE FAMILIA | PADRE | MADRE | DIETA | N | PROMEDIO DEL No. DE HIJOS ($x \pm E.E.$) | RANGO DEL No. DE HIJOS | PROM. DEL % ROJO ($x \pm E.E.$) | PROM. DEL % ROSA ($x \pm E.E.$) | PROM. DEL % VERDE ($x \pm E.E.$) |
|-----------------|-------|-------|--------------|---|---|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | ROJO | ROJA | ROJA | 3 | 68.33(50.93) | 12 - 170 | 88.92(5.69) | 2.04(1.15) | 9.04(4.75) |
| 2 | ROJO | ROJA | VERDE | 1 | 16.00 | 16 | 37.50(23.44) | 0.00 | 62.50(23.44) |
| 3 | ROJO | ROJA | <i>Sedum</i> | 1 | 13.00 | 13 | 76.92(17.75) | 0.00 | 23.08(17.75) |
| 4 | VERDE | ROJA | ROJA | 1 | 20.00 | 20 | 90.00(9.00) | 0.00 | 10.00(9.00) |
| 5 | VERDE | ROJA | VERDE | 1 | 14.00 | 14 | 35.71(22.95) | 7.14(6.63) | 57.14(24.48) |
| 6 | VERDE | ROJA | <i>Sedum</i> | 1 | 38.00 | 38 | 63.16(23.27) | 5.26(4.98) | 31.58(21.61) |
| 7 | ROJO | VERDE | ROJA | 0 | | | | | |
| 8 | ROJO | VERDE | VERDE | 3 | 63.67(49.72) | 10 - 163 | 50.65(14.43) | 27.28(11.45) | 22.06(9.93) |
| 9 | ROJO | VERDE | <i>Sedum</i> | 0 | | | | | |
| 10 | VERDE | VERDE | ROJA | 1 | 18.00 | 18 | 66.67(22.23) | 5.56(5.25) | 27.78(20.07) |
| 11 | VERDE | VERDE | VERDE | 2 | 25.50(8.50) | 17 - 34 | 32.35(15.47) | 1.47(1.02) | 66.18(15.83) |
| 12 | VERDE | VERDE | <i>Sedum</i> | 2 | 62.50(38.50) | 24 - 101 | 49.44(17.67) | 5.45(3.64) | 45.11(17.51) |

Tabla 4. Datos estadísticos básicos que muestran las tendencias de color en larvas de las primera y segunda generaciones.

| TIPO DE FAMILIA | PADRE | MADRE | DIETA | N | PROMEDIO DEL No. DE HIJOS ($x \pm E.E.$) | RANGO DEL No. DE HIJOS | PROM. DEL % ROJO ($x \pm E.E.$) | PROM. DEL % ROSA ($x \pm E.E.$) | PROM. DEL % VERDE ($x \pm E.E.$) |
|-----------------|-------|-------|--------------|---|---|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | ROJO | ROJA | ROJA | 6 | 55.33 (24.25) | 12 - 170 | 82.39 (5.92) | 1.02 (0.41) | 16.59 (5.65) |
| 2 | ROJO | ROJA | VERDE | 4 | 34.25 (14.25) | 16 - 76 | 49.66 (12.50) | 6.74 (3.14) | 43.61 (12.30) |
| 3 | ROJO | ROJA | <i>Sedum</i> | 3 | 21.00 (7.51) | 13 - 36 | 57.92 (14.07) | 0.00 | 42.08 (14.07) |
| 4 | VERDE | ROJA | ROJA | 3 | 18.33 (1.20) | 16 - 20 | 85.15 (7.30) | 7.68 (4.09) | 7.17 (3.84) |
| 5 | VERDE | ROJA | VERDE | 3 | 19.67 (3.85) | 14 - 27 | 34.13 (12.98) | 14.73 (7.25) | 51.15 (14.43) |
| 6 | VERDE | ROJA | <i>Sedum</i> | 2 | 24.50 (13.50) | 11 - 38 | 36.12 (16.31) | 2.63 (1.81) | 61.24 (16.78) |
| 7 | ROJO | VERDE | ROJA | 3 | 30.67 (16.71) | 12 - 64 | 77.60 (10.03) | 2.08 (1.18) | 20.31 (9.34) |
| 8 | ROJO | VERDE | VERDE | 6 | 50.50 (23.72) | 10 - 163 | 50.41 (10.21) | 18.77 (6.22) | 30.82 (8.70) |
| 9 | ROJO | VERDE | <i>Sedum</i> | 4 | 20.50 (4.18) | 10 - 29 | 49.30 (12.50) | 2.78 (1.35) | 47.92 (12.48) |
| 10 | VERDE | VERDE | ROJA | 2 | 20.00 (2.00) | 18 - 22 | 74.24 (13.52) | 7.32 (4.80) | 18.43 (10.63) |
| 11 | VERDE | VERDE | VERDE | 4 | 39.50 (8.80) | 17 - 54 | 38.58 (11.85) | 5.44 (2.57) | 55.97 (12.32) |
| 12 | VERDE | VERDE | <i>Sedum</i> | 4 | 46.25 (18.47) | 24 - 101 | 39.30 (11.93) | 3.76 (1.81) | 56.93 (12.26) |

PROMEDIO DEL % DE LARVAS \pm E.E.

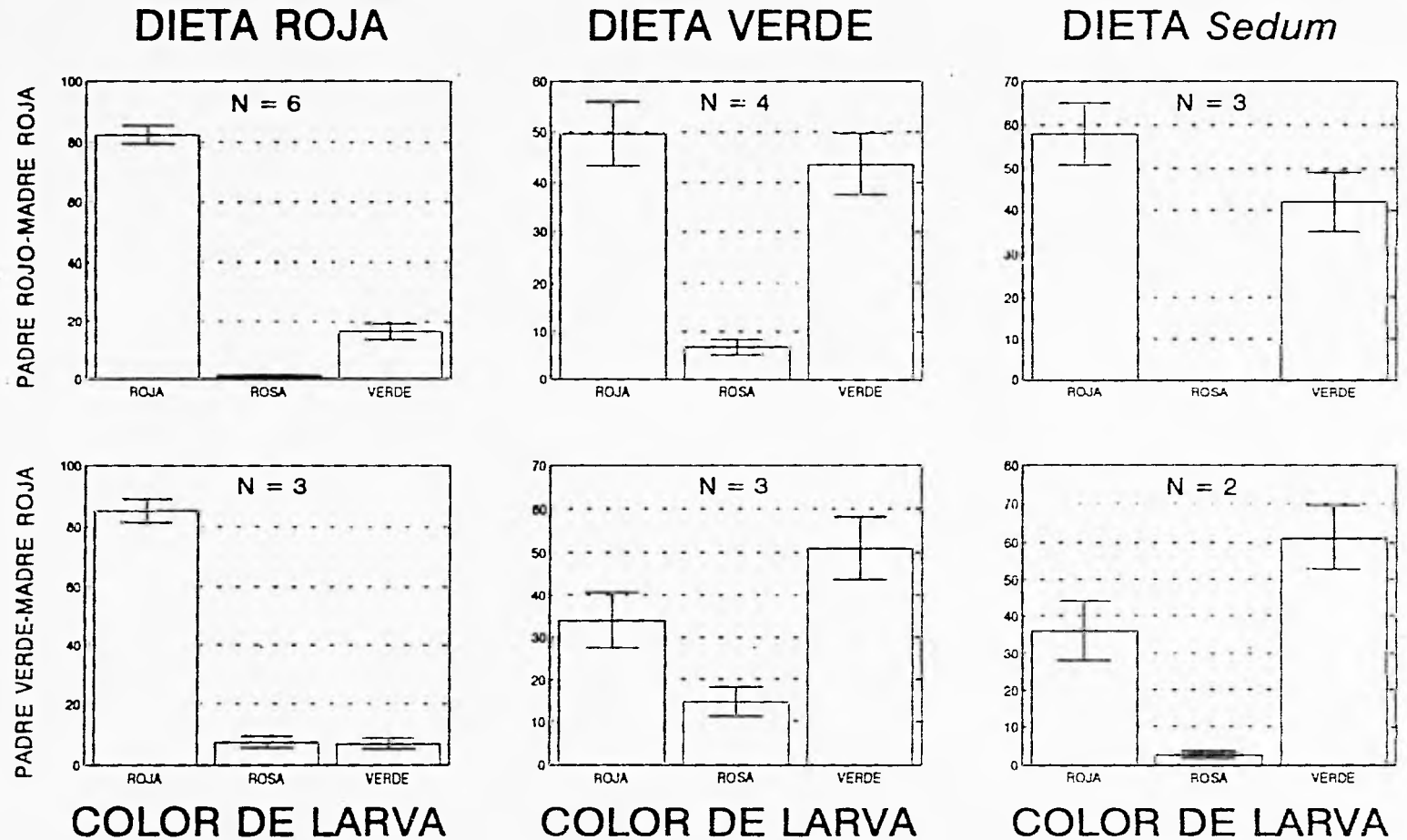


Figura 8. Efecto de la dieta y del color larvario de los padres sobre el color en larvas de cuarto estadio de *C. xami* en las primera y segunda generaciones.

PROMEDIO DEL % DE LARVAS \pm E.E.

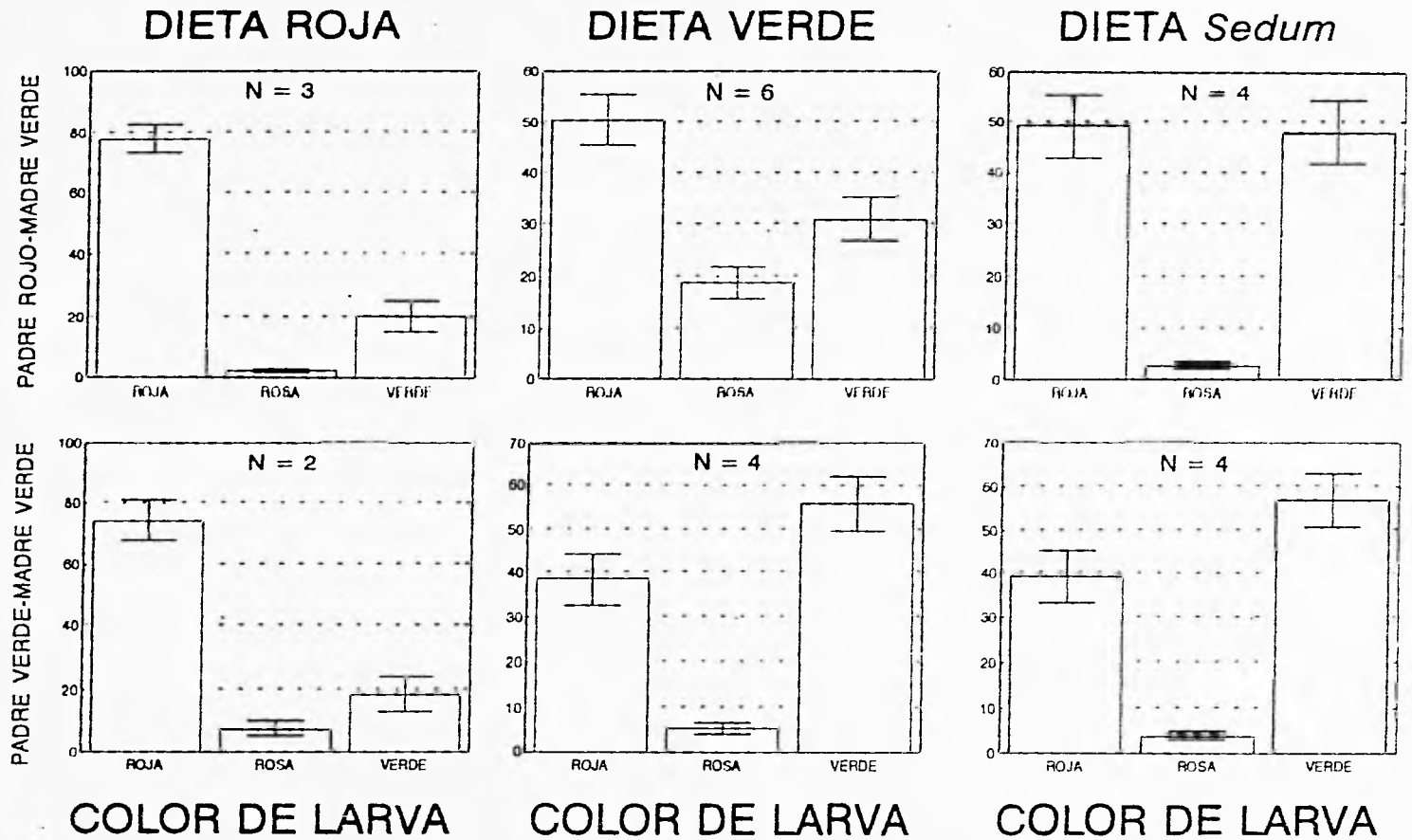


Figura 9. Efecto de la dieta y del color larvario de los padres sobre el color en larvas de cuarto estadio de *C. xami* en las primera y segunda generaciones.

La dieta tuvo un efecto significativo sobre el color de las larvas. El color larval del padre, el color larval de la madre, y las interacciones no tuvieron efecto significativo sobre el color de la larva (Tabla 5).

Tabla 5. ANOVA por rangos de Kruskal-Wallis para determinar el efecto de los padres y de la dieta sobre el porcentaje de larvas de distintos colores.

| FACTOR | Efecto sobre porcentaje de larvas rojas | | Efecto sobre porcentaje de larvas rosas | | Efecto sobre porcentaje de larvas verdes | |
|---------------------------|---|--------|---|--------|--|--------|
| | H | p | H | p | H | p |
| PADRE ¹ | 2.446 | n.s. | 0.738 | n.s. | 2.053 | n.s. |
| MADRE ¹ | 1.119 | n.s. | 1.655 | n.s. | 1.247 | n.s. |
| PADRES ² | 3.402 | n.s. | 5.373 | n.s. | 3.667 | n.s. |
| DIETA ³ | 17.249 | 0.0002 | 10.819 | 0.0045 | 16.419 | 0.0003 |
| PADRESxDIETA ⁴ | 17.563 | n.s. | 18.384 | n.s. | 18.239 | n.s. |

¹ El número de niveles de la variable son dos: rojo y verde.

² El número de niveles de la variable padres son cuatro: padre rojo+madre roja, padre verde+madre roja, padre rojo+madre verde, padre verde+madre verde.

³ El número de niveles de la variable son tres: hoja roja de *E. gibbiflora*, hoja verde de *E. gibbiflora*, hoja de *S. dendroideum*.

⁴ El número de niveles de la variable son doce: los cuatro niveles de la variable padre por los tres niveles de la variable dieta.

2. DATOS DE PREFERENCIAS ALIMENTARIAS

Las pruebas de preferencias alimentarias realizadas en el laboratorio mostraron una preferencia significativa de las larvas por las inflorescencias

de *E. gibbiflora*, las hojas rojas de *E. gibbiflora*, hojas verdes de *E. gibbiflora*, y hojas verdes de *S. dendroideum*, en ese orden ($G = 26.654$; $g.l. = 3$; $p < 0.05$) (Tabla 6; Figs. 10 y 11). El análisis se hizo con las larvas que eligieron.

Tabla 6. Datos del número de larvas que prefirieron cada tipo de alimento en los experimentos de preferencias alimentarias.

| | No. de larvas que eligieron | No. DE LARVAS QUE PREFIRIERON CADA TIPO DE ALIMENTO | | | | Huevos no eclosionados | Larvas que no hallaron alimento | Larvas perdidas |
|--------|-----------------------------|---|----|----|-------|------------------------|---------------------------------|-----------------|
| | | A | B | C | D | | | |
| EXP. 1 | 29 | 0 | 6 | 9 | 14 | 18 | 9 | 4 |
| EXP. 2 | 31 | 2 | 12 | 17 | N. D. | 20 | 6 | 4 |

Tipo de alimento: A - Hojas de *S. dendroideum*, B - Hojas verdes de *E. gibbiflora*, C - Hojas rojas de *E. gibbiflora*, D - Inflorescencia de *E. gibbiflora*; N.D. No hubo ensayo con este tratamiento.

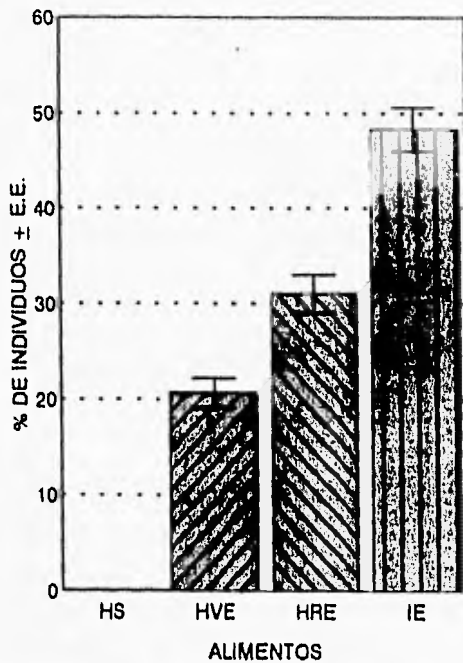


Figura 10. Preferencias alimentarias de larvas (primer ensayo)

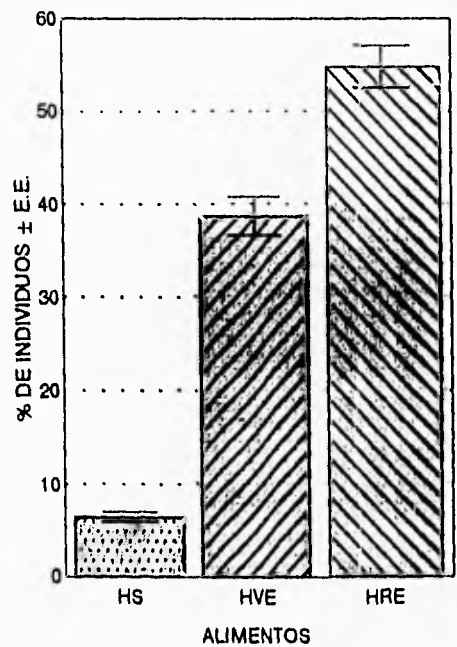


Figura 11. Preferencias alimentarias de larvas (segundo ensayo)

HS. Hojas de *S. dendroideum*. HVE. Hojas verdes de *E. gibbiflora*. HRE. Hojas rojas de *E. gibbiflora*. IE. Inflorescencias de *E. gibbiflora*.

3. RESULTADOS DE LAS OBSERVACIONES DE LARVAS EN EL CAMPO.

De las observaciones hechas en campo de 1993 a 1995 se obtuvieron datos para 60 larvas de tercero y cuarto estadios (Tabla 7; Figs. 12 y 13)).

Al aplicar la prueba de G , los resultados obtenidos indican que el color de la larva está relacionado con el color de la hoja de que se alimenta; datos globales: $G = 37.77$, $gl = 2$, $p < 0.05$; datos de 1995: $G = 17.654$, $gl = 2$, $p < 0.05$.

Tabla 7. Número de larvas de cada color en hojas de distinto color. Datos globales y datos de 1995.

| COLOR DE HOJA | COLOR DE LARVA | | | | AÑO |
|---------------|----------------|-------|------|------|---------|
| | N | VERDE | ROSA | ROJA | |
| VERDE | 37 | 37 | 0 | 0 | (93-95) |
| VERDE | 33 | 33 | 0 | 0 | (1995) |
| ROJA | 23 | 8 | 3 | 12 | (93-95) |
| ROJA | 13 | 7 | 0 | 6 | (1995) |

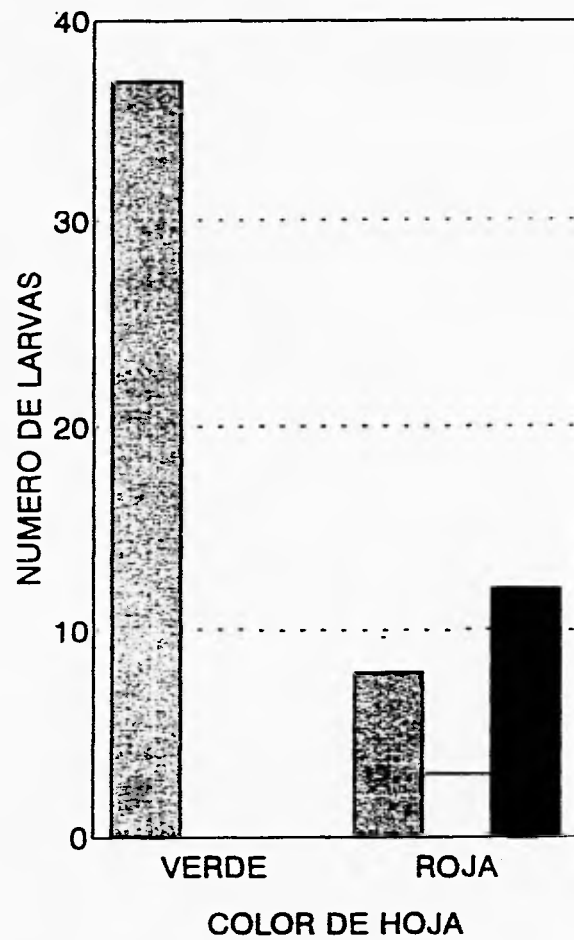


Figura 12. Número de larvas de cada color en hojas de distinto color. Datos de campo de 1993 a 1995.

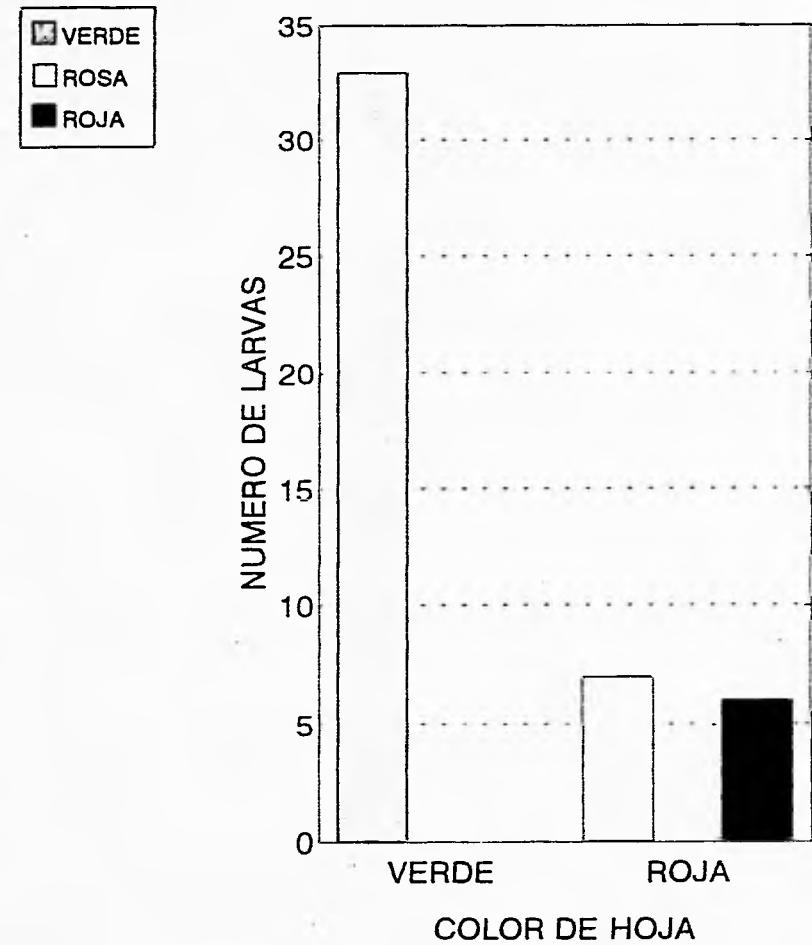


Figura 13. Número de larvas de cada color en hojas de distinto color. Datos de campo de 1995.

VI. DISCUSION

1. FACTORES QUE DETERMINAN EL COLOR LARVAL

Las larvas de *Callophrys xami*, aunque son minadoras, pueden ser atacadas por depredadores ya que aparentemente no presentan defensas químicas ni de comportamiento. Sin embargo, los resultados de este trabajo indican que hay un efecto del color del alimento sobre el color larval, lo cual les permite adquirir una coloración críptica, probablemente debido a la asimilación de los pigmentos de la planta. Ferreira (1990) encontró evidencias similares al alimentar larvas de *Rekoa marius* (Lepidoptera:Lycaenidae) y *R. palegon* con dietas de diferente color.

Las larvas de lepidópteros cuentan con numerosos enemigos, entre los que se cuentan: pájaros, lagartijas, arañas, mamíferos y otros insectos. Por esta presión evolutiva, las larvas han respondido con una gran variedad de adaptaciones, entre las que se cuenta la evasión del ataque mediante la coloración críptica, como parece ser el caso de *Callophrys xami*. Otros lepidópteros se defienden mediante la exposición de partes de su cuerpo que muestran colores de advertencia, con el uso de armas químicas fétidas o incomedibles, o con pelos o sedas urticantes que disuaden el ataque

(Novák, 1991). Las especies de mariposas que por selección natural comenzaron a presentar más individuos con colorido y dibujos similares a los de una especie no comestible para los depredadores, lo mismo que aquellas que empezaron a confundirse con el paisaje, engañan a sus depredadores y tienen mayor oportunidad de sobrevivir (De la Maza, 1987), la cual parece ser la situación de *C. xami*.

Las leyes de la genética establecen que los seres vivos tienden a ser parecidos a sus progenitores. Sin embargo, dentro de cualquier población existe una gama más o menos amplia de variación en los caracteres respecto a los que presentan los padres, aunque parte de esta variación es heredable (Soberón, 1989). *Callophrys xami* no fue la excepción, y aunque se observó que el color del alimento determina significativamente el color de la larva, hay ocasiones en que esto no ocurre, y aunque la larva se alimente de hojas de color verde de *E. gibbiflora*, ésta puede ser de color rojo, y viceversa. Esta variación natural determina que en un medio ambiente dado, algunas de ellas tengan mayores probabilidades de sobrevivir y dejar descendencia que otros (Soberón, 1989). A pesar de que Emmel y Ferris (1972), y Orsak y Whitman (1986), proponen que el color de las larvas no depende del color del alimento que consumen, se observó que las larvas de *C. xami* tienden a presentar el color del alimento que consumen, y el que una larva no cumpla con este patrón probablemente se debe a la variación genética individual. Se

encontraron larvas hermanas que, consumiendo alimento color rojo, varias fueron de este color y una fue de color verde; ésta es una cuestión que requiere un análisis más profundo, pudiendo realizarse algún estudio específico en el futuro, tal como alimentar larvas hermanas, primas y sin parentesco, con el mismo tipo de alimento, y probar con distintos alimentos para responder esta cuestión. Si efectivamente es la variabilidad genética la que está operando esas diferencias en las poblaciones de laboratorio, sería interesante trabajar estos individuos en el campo y observar si esas diferencias son o no favorables para ser seleccionadas.

El hecho de que el color larval rojo sea predominante en la población posiblemente se deba a la predominancia de ese color en el alimento que ellas consumen, ya que las hojas de *E. gibbiflora* son en su mayoría de color rojo. Sin embargo, puede tratarse de un rasgo adaptativo que les confiera alguna defensa de tipo mimético contra sus depredadores, pues existe la probabilidad que factores no relacionados con la calidad nutritiva de las hojas estén determinando tanto la preferencia de alimentación de la larva, como de oviposición de la hembra (Parlange, 1991). Aquí cabe preguntar ¿qué tanto de la coloración rojiza del alimento es necesaria para influir a que la larva tome uno u otro color? Las hojas de color rojo de *E. gibbiflora* sólo tienen este color en el exterior, siendo el interior de la hoja de color verde, y si consideramos que estas larvas son

minadoras, sería necesario explicar con detalle que es lo que ocurre con el color de la larva en relación al color rojizo que presentan exteriormente las hojas.

Si las larvas tienen una coloración críptica esto puede contribuir a su sobrevivencia porque puede pasar desapercibida ante sus depredadores. Por lo tanto, en *Callophrys xami*, el color de la larva probablemente desempeña una función de defensa contra los depredadores, los cuales al no distinguirlas de algo que normalmente no despierta ninguna reacción en ellos, no las atacan, y por consiguiente, la tasa de sobrevivencia aumenta, en relación a las larvas que no adquirieron la homocromía. Esto es lo que Ferreira (1990) denomina adaptaciones defensivas, es decir, que las posibles presas desarrollan características que reducen las oportunidades de ataque de sus depredadores.

Clarke y Sheppard (1963) proponen que la determinación de patrones miméticos en *Papilio dardanus* se da por interacción de genes y Fuzeau-Braesch (1972) plantea que los cambios de pigmentación en insectos en general, puede tener tres causas principales: homocromía, gregarización y cambios por la influencia de la luz en relación con la diapausa. El resultado de este trabajo sugiere que el color larval que los padres hayan tenido no determina el color que tengan las larvas hijas.

Probablemente, como en el caso estudiado por Clarke y Sheppard (1963), el color de las larvas se deba a interacciones genéticas complejas. Lamentablemente, esto no se conoce para *Callophrys xami*. La diapausa en *C. xami* no influye en la coloración de las larvas, pues en esta especie no se conoce la presencia de diapausa. Por cuanto a la gregarización, podemos rechazar que los distintos colores larvales se deban a ello, pues esta especie es solitaria. En cuanto a la homocromía, parece ser que efectivamente, las larvas de *C. xami* cambian de color en relación al alimento que consume, y el color de los padres no es determinante sobre el color larval, ni sobre el número de hijos; aunque por el diseño del experimento no se podría concluir que efectivamente sea sólo el color del alimento lo que determina el color larval de las mariposas, pues se necesitaría un diseño propio para conocer la influencia genética de los padres.

2. PREFERENCIAS ALIMENTARIAS

Parlange (1991) realizó pruebas de aceptabilidad del alimento en el laboratorio. Ella encontró que las larvas de *Callophrys xami* prefieren las hojas de su hospedero como recurso alimenticio (no utilizó flores en el experimento), lo que coincidió con lo obtenido en las pruebas de preferencia que se presentan en este trabajo.

Stig y Ohmart (1988) proponen que la característica que con frecuencia explica mejor las preferencias de alimentación de las larvas de insectos fitófagos, es la dureza de las hojas. Se ha observado que las larvas de *Callophrys xami* se entierran más rápidamente en las hojas maduras de su hospedero (Parlange 1991).

De la Cruz (1990) realizó un análisis químico de *E. gibbiflora* y encontró que las hojas maduras contienen una menor concentración de nitrógeno y una mayor concentración de taninos, lo que también apoya que las hojas maduras presentan un valor nutritivo menor; pero en el caso de *Callophrys xami*, la naturaleza suculenta de su hospedero puede amortiguar los efectos de la desecación que, por lo general, está relacionada a una reducción de los niveles de nitrógeno (Scriber y Slansky, 1981).

La mayor parte del año el color de las hojas es rojo, excepto en la época de lluvias, que en el sitio de estudio es de junio a octubre, cuando prácticamente todas las hojas son de color verde, habiendo muy pocas hojas de color rojo y sólo las hojas muy viejas son de un color rojo pálido o amarillo seco. En la roseta que forma la planta las hojas más jóvenes se encuentran hacia el centro de la misma y las hojas más viejas se ubican hacia el exterior de ella.

En las pruebas de preferencia de alimento presentadas en este trabajo, donde sí se incluyeron las flores, las larvas prefirieron este alimento, y donde no se incluyeron, prefirieron la hoja de *E. gibbiflora* de color rojo, lo cual probablemente se debió a que la hembra elige el alimento visualmente, como lo propone Parlange (1991) considerando el color llamativo de las flores. Sin embargo, las hembras no sólo se guían visualmente para ovipositar, sino que antes de ovipositar palpan con las patas y las antenas la superficie de la hoja (Parlange, 1991). Posiblemente la preferencia de las larvas por los alimentos rojos, no dependa solamente de la selección que haga la hembra del sitio de oviposición, ya que la larva puede desplazarse a sitios relativamente lejanos de donde fue colocado el huevo. Realmente no se sabe que factores determinan el sitio de oviposición de las hembras de *Callophrys xami*; sin embargo, el tamaño o color de la roseta, la ubicación de la misma, la disponibilidad de las plantas, y su comportamiento innato podrían afectar esta decisión. No obstante esta decisión puede no ser determinante en la selección del alimento por las larvas. Posiblemente, la elección que las larvas hagan de su alimento se deba a la dureza de éste, a su abundancia a lo largo del año y por la cantidad de nutrientes que contienen. Generalmente, la larva penetra en la hoja entre 20 min y 1 h después de la eclosión, para después empezar a

moverse y probar el sustrato hasta encontrar un sitio adecuado para introducirse a la hoja (Parlange, 1991).

Como un punto final, se puede cuestionar ¿por qué sólo en algunas familias de lepidópteros -Lycaenidae y Sphingidae (Fink, 1989)- se aprecia el polimorfismo cromático larval? Las larvas aunque minadoras, prácticamente están indefensas. Por otro lado, *Callophrys xami* no es una especie que pertenezca a alguna familia con especies urticantes, como podrían ser Bombycidae, Noctuidae, Nymphalidae, Saturniidae y Sphingidae, que son algunas de las principales familias conocidas que incluyen cuando menos algunas especies urticantes (Harwood y James, 1987). Con todo esto, los licénidos son uno de los grupos con mayor número de especies dentro de los lepidópteros diurnos, pues agrupa a alrededor del 40% de todas las especies de mariposas (Preston-Mafham *et al.*, 1988). Puede suponerse que ese polimorfismo cromático es una adaptación que se presenta dentro de estas familias que les está permitiendo alcanzar mayores tasas de sobrevivencia larval, algo que debe ser comprobado experimentalmente.

VII. CONCLUSIONES

Las conclusiones de este trabajo se enumeran a continuación.

El color del alimento es un factor importante en la determinación del color que tengan las larvas del tercero y cuarto estadios de *Callophrys xami*.

- Los colores que presentan las larvas del tercero y cuarto estadios en laboratorio son rojo, verde y rosa, siendo las predominantes las de color rojo, seguidas por las de color verde, siendo las de color rosa las más raras.

- El efecto del color larval del padre, de la madre y de ambos no fueron significativos sobre el color que la larva adquiere en el tercero y cuarto estadios.

- Las larvas en laboratorio prefirieron las hojas de color rojo de *E. gibbiflora*.

- En las observaciones de campo, el color de la larva coincidió con el color del alimento que estaba consumiendo en ese momento.

VIII. LITERATURA CITADA.

- Alvarez F. J., J. Carabias, J. Meave, P. Moreno, D. Nava, F. Rodríguez, C. Tovar y A. Valiente. 1981. *Proyecto para la Creación de una Reserva en el Pedregal de San Angel*. Facultad de Ciencias. UNAM, México. 49 pp.
- Benrey, B., C. Cordero, G. Jiménez y J. Soberón. 1994. Ecología y conducta de la mariposa *Callophrys xami* (Lycaenidae). En: Rojo, A. (comp.), *Reserva Ecológica El Pedregal de San Angel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. UNAM, México. Pp. 261-273.
- Beutelspacher, C. 1980. *Mariposas diurnas del Valle de México*. La Prensa Médica Mexicana, México. 33 pp.
- Cano-Santana, Z. 1994. La Reserva del Pedregal como ecosistema: estructura trófica. En: Rojo, A. (comp.), *Reserva Ecológica El Pedregal de San Angel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. UNAM, México. Pp. 149-158.
- Carrillo, C. 1995. *El Pedregal de San Angel*. UNAM, México. 177 pp.
- Chandler, R. 1995. Practical considerations in the use of simultaneous inference for multiple tests. *Anim. Behav.* **49**: 524-527.
- Clarke, C. y P. Sheppard. 1963. Interactions between major genes and polygenes in the determination of the mimetic patterns of *Papilio dardanus*. *Evolution* **17**:404-413.

- De la Cruz, M. 1990. *Estudio sobre Herbivoría y Demografía en Echeveria gibbiflora (Crassulaceae), una Planta Perenne en el Pedregal de San Angel*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 93 pp.

- De la Maza, R. 1987. *Mariposas Mexicanas*. Fondo de Cultura Económica. México. 302 pp.

- Dempster, J. 1983. The natural control of populations of butterflies and moths. *Biol. Rev.* **58**: 461-481.

- Eguiarte, L., V. Parra y F. Vargas. 1994. Biología reproductiva y tamaño efectivo en *Echeveria gibbiflora*: un homenaje a Sewall Wright. En: Rojo, A. (comp.), *Reserva Ecológica El Pedregal de San Angel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. UNAM, México. Pp. 187-204.

- Emmel, J. y C. Ferris. 1972. The biology of *Callophrys (Incisalia) fotis bayensis* (Lycaenidae). *J. Lepid. Soc.* **26**: 237-244.

- Endler, J. 1978. A predator's view of animal color patterns. *Evol. Biol.* **11**:319-364.

- Ferreira, R. 1990. *Aspectos Ecológicos de Teclíneos (Lep.: Lycaenidae) com Referência especial à coloração críptica de duas espécies de Rekoa Kaye*. Tesis Doctoral. Instituto de Biología, UNICAMP, Campinas. 90 pp.

- Fink, L. 1989. *Color Polymorphysm in Sphingid Caterpillars (Lepidoptera: Sphingidae)*. Tesis Doctoral. Universidad de Florida, Florida. 257 pp.

- Fuzeau-Braesch, S. 1972. Pigments and color changes. *Ann. Rev. Ent.* 17: 403-424.

- García, E. 1964. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones climática de la República Mexicana)*. Instituto de Geografía, UNAM. 246 pp.

- Harwood, R. y M. James. 1987. *Entomología Médica y Veterinaria*. Limusa, México. 318 pp.

- Janzen, D. 1988. Ecological characterization of a Costa Rica dry forest caterpillar fauna. *Biotropica* 20: 120-135.

- Jiménez, G. 1987. *Reproducción, mantenimiento y cultivo en laboratorio de Sandia xami (Lepidoptera: Lycaenidae)*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 89 pp.

- Jiménez, G. y Soberón, J. 1988. Laboratory rearing of *Sandia xamia xami* (Lycaenidae: Eumaeini). *J. Res. Lepid.* 27: 268-271.

- Larson, J. 1992. *Estudio Demográfico de Echeveria gibbiflora DC. (Crasulaceae) en El Pedregal de San Angel*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 119 pp.

- Larson, J., L. Eguiarte y C. Cordero. 1994. Demografía de *Echeveria gibbiflora* DC, (Crassulaceae) en dos ambientes contrastantes del Pedregal de San Angel. En: Rojo, A. (comp.), *Reserva Ecológica El Pedregal de San Angel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. UNAM, México. Pp. 205-218.

- Lincoln, B. 1988. *Mimicry and the Evolutionary Process*. The University of Chicago Press, Chicago. 127 pp.

- Lythgoe, J. 1979. *The Ecology of Vision*. Claredon Press, Oxford. 243 pp.

- Margalef, R. 1991. *Ecología*. Omega, Barcelona. 951 pp.

- Mariath, H. 1982. Experiments on the selection against different colour morphs of a twig caterpillars by a insectivorous birds. *Z. Tierspsychol.* **60** : 135-145.

- McKillop, W. y W. Preston. 1981. Colour measurement of entomological specimens. *Can. Ent.* **113**: 255-258.

- Meave, J., J. Carabias, V. Arriaga y A. valiente-Banuet. 1994. Observaciones fenológicas en el Pedregal de San Angel. En: Rojo, A. (comp.), *Reserva Ecológica El Pedregal de San Angel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. UNAM, México. Pp. 91-105.

- Novák, I. 1991. *Mariposas*. Susaeta, Madrid. 224 pp.

- Orsak, L. y D. Whitman. 1986. Chromatic polymorphism in *Callophrys mossii bayensis* larvae (Lycaenidae): spectral characterization, short-term color shift and natural morph frequencies. *J. Res. Lepid.* **25**: 188-201.

- Owen, D. 1982. *Camouflage and Mimicry*. The University of Chicago Press, Chicago. 158 pp.

- Parlange, P. 1991. *Ciclo de Vida de Sandia xami (Lepidoptera: Lycaenidae) su Biología y Notas Acerca de su Cultivo en Laboratorio*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 99 pp.

- Preston-Mafham, R. y K. Preston-Mafham. 1988. *Butterflies of the World*. Facts on File Publications, Nueva York. 192 pp.

- Pyle, M. 1981. *The Audubon Society Field Guide to North American Butterflies*. Alfred A. Knopf, Nueva York. 917 pp.

- Rice, W. 1989. Analyzing tables of statistical tests. *Evolution* **43**: 223-225.

- Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Angel (D.F., México); *An. Esc. Cien. Biol. Mex.* **8**: 59-129.

- Sánchez, O. 1980. *La Flora del Valle de México Herrero*, México. 519 pp.

- Scriber, J. y F. Slansky. 1981. The nutritional ecology of immature insects. *Ann. Rev. Entomol.* **26**: 183-211.

- Siegel, S. 1980. *Estadística No Paramétrica*. Trillas, México. 346 pp.
- Soberón, J. 1989. *Ecología de Poblaciones*. La Ciencia desde México No. 82. Fondo de Cultura Económica, México. 149 pp.
- Soberón, J., C. Cordero, B. Benrey, P. Parlange, C. García-Saez y G. Berges. 1988. Patterns of oviposition by *Sandia xami* in relation to food-plant apparency. *Ecol. Entom.* **13**: 71-79.
- Soberón, J., M. del C. Rosas y G. Jiménez. 1991. Ecología hipotética de la reserva del Pedregal de San Angel. *Ciencia y Desarrollo* **99**: 25-38.
- Sokal, R. y J. Rohlf. 1981. *Biometry* Freeman, Nueva York. 859 pp.
- Stig, L. y C. Ohmart. 1988. Leaf age and larval performance of the leaf beetle *Paropsis atomaria*. *Ecol. Entomol.* **13**: 19-24.
- Walther, E. 1972. *Echeveria*. California Academy of Sciences, San Francisco. 426 pp.
- Ziegler J. y T. Escalante. 1964. Observation of the life history of *Callophrys xami* (Lycaenidae). *J. Lepid. Soc.* **18**: 85-89.
- Zahradnik, J. y M.Chvála. 1990. *La Gran Enciclopedia de los Insectos*. Susaeta, Madrid. 511 pp.

Apéndice 1. Datos de laboratorio del color de larvas por efecto del color de la dieta y el color larval de los padres.

| TIPO DE FAMILIA | GENERACION. | PADRE | MADRE | DIETA | No. DE HIJOS | LARVAS ROJAS | LARVAS ROSAS | LARVAS VERDES | % LARVAS ROJAS | % LARVAS ROSAS | % LARVAS VERDES |
|-----------------|-------------|-------|-------|-------|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 1 | ROJO | ROJA | ROJA | 64 | 39 | 0 | 25 | 60.94 | 0.00 | 39.06 |
| 1 | 1 | ROJO | ROJA | ROJA | 45 | 40 | 0 | 5 | 88.89 | 0.00 | 11.11 |
| 1 | 1 | ROJO | ROJA | ROJA | 18 | 14 | 0 | 4 | 77.78 | 0.00 | 22.22 |
| 1 | 2 | ROJO | ROJA | ROJA | 23 | 20 | 1 | 2 | 86.96 | 4.35 | 8.70 |
| 1 | 2 | ROJO | ROJA | ROJA | 170 | 164 | 3 | 3 | 96.47 | 1.76 | 1.76 |
| 1 | 2 | ROJO | ROJA | ROJA | 12 | 10 | 0 | 2 | 83.33 | 0.00 | 16.67 |
| 2 | 1 | ROJO | ROJA | VERDE | 29 | 10 | 4 | 15 | 34.48 | 13.79 | 51.72 |
| 2 | 1 | ROJO | ROJA | VERDE | 76 | 25 | 10 | 41 | 32.89 | 13.16 | 53.95 |
| 2 | 1 | ROJO | ROJA | VERDE | 16 | 15 | 0 | 1 | 93.75 | 0.00 | 6.25 |
| 2 | 2 | ROJO | ROJA | VERDE | 16 | 6 | 0 | 10 | 37.50 | 0.00 | 62.50 |
| 3 | 1 | ROJO | ROJA | Sedum | 36 | 4 | 0 | 32 | 11.11 | 0.00 | 88.89 |
| 3 | 1 | ROJO | ROJA | Sedum | 14 | 12 | 0 | 2 | 85.71 | 0.00 | 14.29 |
| 3 | 2 | ROJO | ROJA | Sedum | 13 | 10 | 0 | 3 | 76.92 | 0.00 | 23.08 |
| 4 | 1 | VERDE | ROJA | ROJA | 16 | 13 | 2 | 1 | 81.25 | 12.50 | 6.25 |
| 4 | 1 | VERDE | ROJA | ROJA | 19 | 16 | 2 | 1 | 84.21 | 10.53 | 5.26 |
| 4 | 2 | VERDE | ROJA | ROJA | 20 | 18 | 0 | 2 | 90.00 | 0.00 | 10.00 |
| 5 | 1 | VERDE | ROJA | VERDE | 27 | 6 | 1 | 20 | 22.22 | 3.70 | 74.07 |
| 5 | 1 | VERDE | ROJA | VERDE | 18 | 8 | 6 | 4 | 44.44 | 33.33 | 22.22 |
| 5 | 2 | VERDE | ROJA | VERDE | 14 | 5 | 1 | 8 | 35.71 | 7.14 | 57.14 |
| 6 | 1 | VERDE | ROJA | Sedum | 11 | 1 | 0 | 10 | 9.09 | 0.00 | 90.91 |
| 6 | 2 | VERDE | ROJA | Sedum | 38 | 24 | 2 | 12 | 63.16 | 5.26 | 31.58 |

Apendice 1. (Continuación).

| TIPO DE FAMILIA | GENERACION | PADRE | MADRE | DIETA | No. DE HIJOS | LARVAS ROJAS | LARVAS ROSAS | LARVAS VERDES | % LARVAS ROJAS | % LARVAS ROSAS | % LARVAS VERDES |
|-----------------|------------|-------|-------|-------|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| 7 | 1 | ROJO | VERDE | ROJA | 64 | 57 | 4 | 3 | 89.06 | 6.25 | 4.69 |
| 7 | 1 | ROJO | VERDE | ROJA | 16 | 15 | 0 | 1 | 93.75 | 0.00 | 6.25 |
| 7 | 1 | ROJO | VERDE | ROJA | 12 | 6 | 0 | 6 | 50.00 | 0.00 | 50.00 |
| 8 | 1 | ROJO | VERDE | VERDE | 63 | 28 | 9 | 26 | 44.44 | 14.29 | 41.27 |
| 8 | 1 | ROJO | VERDE | VERDE | 27 | 9 | 2 | 16 | 33.33 | 7.41 | 59.26 |
| 8 | 1 | ROJO | VERDE | VERDE | 22 | 16 | 2 | 4 | 72.73 | 9.09 | 18.18 |
| 8 | 2 | ROJO | VERDE | VERDE | 163 | 101 | 32 | 30 | 61.96 | 19.63 | 18.40 |
| 8 | 2 | ROJO | VERDE | VERDE | 10 | 4 | 4 | 2 | 40.00 | 40.00 | 20.00 |
| 8 | 2 | ROJO | VERDE | VERDE | 18 | 9 | 4 | 5 | 50.00 | 22.22 | 27.78 |
| 9 | 1 | ROJO | VERDE | Sedum | 10 | 4 | 0 | 6 | 40.00 | 0.00 | 60.00 |
| 9 | 1 | ROJO | VERDE | Sedum | 25 | 3 | 0 | 22 | 12.00 | 0.00 | 88.00 |
| 9 | 1 | ROJO | VERDE | Sedum | 29 | 26 | 0 | 3 | 89.66 | 0.00 | 10.34 |
| 9 | 1 | ROJO | VERDE | Sedum | 18 | 10 | 2 | 6 | 55.56 | 11.11 | 33.33 |
| 10 | 1 | VERDE | VERDE | ROJA | 22 | 18 | 2 | 2 | 81.82 | 9.09 | 9.09 |
| 10 | 2 | VERDE | VERDE | ROJA | 18 | 12 | 1 | 5 | 66.67 | 5.56 | 27.78 |
| 11 | 1 | VERDE | VERDE | VERDE | 53 | 21 | 9 | 23 | 39.62 | 16.98 | 43.40 |
| 11 | 1 | VERDE | VERDE | VERDE | 54 | 27 | 1 | 26 | 50.00 | 1.85 | 48.15 |
| 11 | 2 | VERDE | VERDE | VERDE | 17 | 7 | 0 | 10 | 41.18 | 0.00 | 58.82 |
| 11 | 2 | VERDE | VERDE | VERDE | 34 | 8 | 1 | 25 | 23.53 | 2.94 | 73.53 |
| 12 | 1 | VERDE | VERDE | Sedum | 24 | 8 | 1 | 15 | 33.33 | 4.17 | 62.50 |
| 12 | 1 | VERDE | VERDE | Sedum | 36 | 9 | 0 | 27 | 25.00 | 0.00 | 75.00 |
| 12 | 2 | VERDE | VERDE | Sedum | 24 | 9 | 0 | 15 | 37.50 | 0.00 | 62.50 |
| 12 | 2 | VERDE | VERDE | Sedum | 101 | 62 | 11 | 28 | 61.39 | 10.89 | 27.72 |

AGRADECIMIENTOS

A Dios es a quien agradezco principalmente la terminación de esta tesis, pues a pesar de todas las dificultades está concluida.

A Gaby Jiménez por su amistad, por haber dirigido este trabajo, por el apoyo y comprensión que me ha brindado desde febrero de 1990.

A mis sinodales, la Dra. Betty Benrey B., el Biól. Carlos Cordero M., el Dr. Zenón Cano S. y el Dr. Jorge Soberón M.; a todos ellos les agradezco su disponibilidad, la atención y el tiempo que me dedicaron, sus comentarios y atinadas sugerencias, sin las cuales no se habría concluido este trabajo. A todos ellos quiero expresar mi admiración y afecto.

A mis amigos del Laboratorio de Ecología de Insectos, Sergio, David, Jorge León, Alicia, Andrea, Lety, Mony, Laura, Toño, Luis, José Luis y Mario; además a Ma. Luisa y Ma. de Jesús, pues todos ellos me animaron constantemente, me apoyaron moral y materialmente, en ocasiones aún sin darse cuenta. Especialmente agradezco a Sergio y David, pues gracias a su ayuda, muchos fines de semana pude pasarlos con mi familia, hicieron comentarios de gran utilidad y de Sergio recibí mucho apoyo en cuestión de estadística y paquetería informática. A Toño y Gaby les agradezco, en especial, su ayuda para tomar todas las fotografías que necesité.

A Ma. Elena, mi mamá, y a Eduardo, mi hermano, por su amor, apoyo, comprensión y gran paciencia, sin los cuales no habría concluido esta tesis.

A mis amigos: Oly, Ani, Blan, Polo, Regi, Leo y Super, por su ayuda y apoyo en muchos aspectos de mi vida, lo que ha facilitado la realización de este trabajo. A tres amigas en particular, que con su excelente desempeño laboral, contribuyeron a que yo realizara sin preocupaciones económicas esta tesis, ellas son Anita, Conchita y Cori.

A las familias: Chávez García, Rodríguez Cruz, Olguín Rodríguez, Flores López, Martínez Gómez, López Rodríguez y Navarro Rodríguez, les agradezco su interés y el apoyo que me brindaron.

A todos los que he mencionado, por favor acepten mi profundo agradecimiento. A quienes no he mencionado, por favor sepan que, aunque permanecen anónimos en este trabajo, no lo son para mí y sí son más apreciados de lo que suponen.

Mi agradecimiento a todas las personas que me ayudaron a materializar una de las mayores ilusiones de mi vida.