

**EVALUACION DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA CRIA DE MARIPOSAS
ORNAMENTALES EN LA COMUNIDAD INDÍGENA DE PEÑA ROJA
(AMAZONIA COLOMBIANA)**

MARÍA DEL ROSARIO GÓMEZ SÁNCHEZ.

**TRABAJO DE GRADO
Presentado como requisito parcial
Para optar el título de**

BIOLOGO

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE BIOLOGIA**

Bogotá, D.C.

Octubre 30 del 2000

NOTA DE ADVERTENCIA

Artículo 23 de la Resolución No. 13 de Julio de 1946: “La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus tesis de grado”.

**EVALUACION DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA CRIA DE MARIPOSAS
ORNAMENTALES EN LA COMUNIDAD INDÍGENA DE PEÑA ROJA
(AMAZONIA COLOMBIANA)**

MARIA DEL ROSARIO GOMEZ SANCHEZ.

GONZALO ANDRADE

DIRECTOR

GIOVANNY FAGUA

CO-DIRECTOR

ALBERTO GÓMEZ

JURADO

MIGUEL A. RODRIGUEZ

JURADO

CARLOS CORREDOR

DECANO ACADEMICO

LUZ MERCEDES SANTAMARIA

DIRECTORA DE CARRERA

*A mis padres, hermana,
Gonzalo y Peña Roja.*

“Pues como todo dragón de leyendas, la enorme selva también guarda riquezas fabulosas. Pero no las entrega sin recibir algo. Lenta, lentamente marca al intruso, lo transforma, de un pusilánime puede hacer un hombre, o de un gigante un despojo; puede turbar su entendimiento y con mucha frecuencia le quita la salud o la vida. Pero si sale vivo, está marcado por el dragón de la selva; ya nunca será el mismo.”

JAGUAR, George Dahl.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Luis Gómez e Irma Sánchez, y mi hermana Pili, muy especialmente por todo su apoyo y comprensión a lo largo de mi carrera y en especial su paciencia durante mi trabajo de tesis, y por todo su amor, y a Gonzalo Tamaño, quien desde lejos siempre me hizo sentir su cariño y apoyo.

Quiero manifestar especiales agradecimientos a Gonzalo Andrade y Giovanni Fagua, directores del trabajo, por toda su valiosa colaboración, apoyo y cariño aportado al proyecto.

A la Fundación Tropenbos por el apoyo logístico y financiero del proyecto, y en especial a su director el biólogo Carlos Rodríguez por la confianza, aportes y su energía durante toda la investigación, y por haberme dado la oportunidad de conocer y trabajar en la selva; también a Gilberto Tucano (“Gibe”), Rosa Myriam, Alejandro Jaramillo, Delio Mendoza y Conrado Tobón por su valiosa cooperación.

A la Comunidad de Peña Roja por el cariño y hospitalidad que tuvieron conmigo desde el comienzo del trabajo y por el interés que han manifestado por el mismo. En especial quiero agradecerle a todos los niños de la comunidad y a los “paisanos” que trabajaron conmigo: Fabián, Elías, Enuar, Eladio (“Layo”), Alandino (“Dinaluz”), Wilson, Manuelino (“Mapa”), Jairo (“Tanemoja”), Juan Abel y muy especialmente a Chaqué por su amistad, incondicionalidad y constante ayuda. También mil gracias a Belén Efaiteque, Sebastián Rodríguez, Marcelo Paky y Londis Leandro Matapí (“Tostis”) por su colaboración.

A los biólogos e investigadores con quienes compartí mi estadía en Peña Roja, y muy especialmente a María Paula Balcazar y Alvaro Idárraga por su amistad sincera desde siempre, complicidad, apoyo y compañerismo que hicieron mi estadía en Peña Roja más agradable.

A los biólogos Luis Miguel Constantino (Fundación Herencia Verde) y Jaime Alberto Alvarez (Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional) por su colaboración en la determinación de las mariposas y por sus valiosos aportes.

Al biólogo Luis Guillermo Baptiste (Instituto Humboldt) por la documentación aportada.

A la bióloga Sandra Constantino (Universidad Javeriana) por su gran ayuda en el material fotográfico de las mariposas.

Al biólogo Hugo López (ICN, Universidad Nacional) por sus comentarios y ayuda bibliográfica prestada.

A los biólogos e investigadores de Entomología del Instituto de Ciencias Naturales y de la Pontificia Universidad Javeriana.

Al Herbario Amazónico COAH del Instituto de Investigaciones Amazónicas Sinchi, especialmente a su director Dairon Cárdenas, por su ayuda en el trabajo con las colecciones vegetales.

Al biólogo Sergio Córdoba, por su gran ayuda en el análisis estadístico y por su amistad y valiosos consejos y enseñanzas.

A la bióloga Angela Chaparro del Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional.

También deseo agradecerle a mis amigos de siempre, José Miguel Rojas (Chucho), Pablo Barriga y Javier Mendoza, por su honestidad y por sus maravillosas despedidas.

Y finalmente, al ángel que siempre ha estado conmigo.

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
1. Introducción.	1
2. Marco conceptual.	
2.1 Ciclo de vida de las mariposas.	3
2.1.1 Huevo.	3
2.1.2 Oruga.	3
2.1.3 Pupa.	4
2.1.4 Mariposa adulta.	5
2.2 Interacciones planta hospedera-mariposa.	7
2.2.1 Oviposición.	7
2.2.2 Herbivoría.	8
2.3 Enemigos naturales.	9
2.4 Importancia de las mariposas.	11
2.5 La cría y el comercio de mariposas.	13
2.6 Sistemas para la cría de mariposas en condiciones naturales.	16
2.5.1 Ranqueo.	16
2.5.2 Cría <i>ex situ</i> .	16
2.5.3 Cría <i>in situ</i> o enriquecimiento del bosque.	17
2.7 Factibilidad de la cría de mariposas en Colombia.	18
3. Problema de investigación.	
3.1 Formulación del problema.	24
3.2 Preguntas de investigación.	24
3.3. Justificación.	26
4. Objetivos.	
4.1 Objetivo general.	28
4.2 Objetivos específicos.	28
5. Materiales y métodos.	
5.1 Diseño experimental.	29

5.1.1 Población de estudio y muestra.	29
5.1.2 Variables de estudio.	31
5.1.2.1 Plantas hospederas.	31
5.1.2.2 Descripción del ciclo de desarrollo.	31
5.1.2.3 Identificación de enemigos naturales.	31
5.1.2.4 Hábitos de oviposición.	31
5.1.2.5 Tasa de supervivencia (l_x).	32
5.1.2.6 Tasas de mortalidad (q_x y d_x).	32
5.1.2.7 Longevidad de cada estadio de desarrollo.	32
5.1.2.8 Hábitos y tasas de herbivoría.	32
5.2 Métodos.	33
5.2.1 Fase preliminar.	33
5.2.2 Fase formal de toma de datos.	34
5.2.2.1 Identificación de plantas hospederas.	34
5.2.2.2 Descripción de estadios de desarrollo.	35
5.2.2.3 Identificación de enemigos naturales.	35
5.2.2.4 Hábitos de oviposición.	35
5.2.2.5 Tasa de supervivencia (l_x).	36
5.2.2.6 Tasas de mortalidad (q_x y d_x).	36
5.2.2.7 Longevidad entre estadios.	36
5.2.2.8 Hábitos y tasas de herbivoría.	36
5.2.2.9 Evaluación de la sostenibilidad según criterios de selección e indicaciones metodológicas.	38
5.2.2.9.1 Criterios biológicos.	38
5.2.2.9.2 Criterios económicos.	38
5.2.2.9.3 Criterios sociales.	38
5.3 Recolección de la información.	39
5.3.1 Fase preliminar.	39
5.3.2 Fase formal de toma de datos.	39
5.3.3 Trabajo y difusión del proyecto con la comunidad.	40

5.4 Análisis de la información.	41
6. Resultados	
6.1 Fase preliminar.	42
6.2 Fase formal de toma de datos.	46
6.2.1 Plantas hospederas.	47
6.2.2 Descripción de estadios de desarrollo.	48
6.2.3 Enemigos naturales.	53
6.2.4 Hábitos de oviposición.	53
6.2.5 Tasa de supervivencia (lx).	56
6.2.6 Tasas de mortalidad (qx y dx).	58
6.2.7 Longevidad entre cada estadio.	61
6.2.8 Area foliar consumida.	62
6.2.9 Evaluación de la sostenibilidad de la cría de mariposas en la Comunidad Indígena de Peña Roja.	64
6.2.9.1 Criterios biológicos.	64
6.2.9.2 Criterios económicos.	65
6.2.9.3 Criterios sociales.	70
7. Discusión.	75
8. Conclusiones.	86
9. Recomendaciones.	88
10. Referencias.	90
11. Anexos	98

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Interacciones comparativas entre especies de <i>Heraclides</i> de Brasil, pertenecientes a cuatro subgéneros, y sus hospederos de las familias Rutáceas y Piperaceas.	9
Figura 2. Representación de la filosofía principal de un programa de cría de mariposas.	15
Figura 3. Representación del flujo de dinero y aspecto económico de la cría de mariposas en relación de sus beneficios conservacionistas.	15
Figura 4. Ubicación del área de estudio.	29
Figura 5. Composición por familias de lepidópteros diurnos colectados entre el 3 de Agosto y 3 de Septiembre (1999) en la Comunidad de Peña Roja.	44
Figura 6. <i>Citrus reticulata</i> (Rutaceae). Fotografía de: María del Rosario Gómez-S.	47
Figuras 7-12. <i>Heraclides anchisiades anchisiades</i> . 7) Huevos; 8) Oruga Instar 1; 9) Instar 2; 10) Instar 3; 11) Instar 4° y 5°; 12) Pupa. Fotografías de: María del Rosario Gómez-S.	50
Figura 13. Número de posturas de <i>Heraclides anchisiades anchisiades</i> eclosionadas, no eclosionadas, parasitadas o depredadas de acuerdo el hospedero.	54

Figura 14. Número de huevos por postura de <i>Heraclides anchisiades anchisiades</i> de acuerdo al hospedero.	54
Figura 15. Oviposición de <i>Heraclides anchisiades anchisiades</i> en <i>Citrus reticulata</i> . Fotografía de: María del Rosario Gómez-S	55
Figura 16. Oviposición de <i>Heraclides anchisiades anchisiades</i> en <i>Citrus sinensis</i> . Fotografía de: Carolina Rozo.	55
Figura 17. Probabilidad de supervivencia (l_x) por estadio de desarrollo de <i>Heraclides anchisiades anchisiades</i> durante febrero-abril, de acuerdo a la dieta.	57
Figura 18. Probabilidad de supervivencia (l_x) por estadio de desarrollo de <i>Heraclides anchisiades anchisiades</i> durante mayo-julio, de acuerdo a la dieta.	57
Figura 19. Mortalidad específica por estadio (q_x) de <i>Heraclides anchisiades anchisiades</i> según dieta, durante Febrero-Abril.	59
Figura 20. Mortalidad específica por estadio (q_x) de <i>Heraclides anchisiades anchisiades</i> según dieta durante Mayo-Julio.	59
Figura 21. Mortalidad con respecto a la cohorte (dx) de cada estadio de desarrollo de <i>Heraclides anchisiades anchisiades</i> de acuerdo a la dieta, durante febrero-abril.	60
Figura 22. Mortalidad con respecto a la cohorte (dx) de cada estadio de desarrollo de <i>Heraclides anchisiades anchisiades</i> acuerdo a la dieta, durante mayo-julio.	60

- Figura 23.** Tiempo de duración entre cada estadio de desarrollo de *Heraclides anchisiades anchisiades* de acuerdo a la dieta durante febrero-abril. 61
- Figura 24.** Tiempo de duración entre cada estadio de desarrollo de *Heraclides anchisiades anchisiades* de acuerdo a la dieta durante mayo-julio. 62
- Figura 25.** Area foliar consumida (cm²/oruga) de *Citrus reticulata* por cada estadio de desarrollo de *Heraclides anchisiades anchisiades* durante febrero-abril y mayo-julio. 63
- Figura 26.** Area foliar consumida (cm²/oruga) de *Citrus sinensis* por cada estadio de desarrollo de *Heraclides anchisiades anchisiades* durante febrero-abril y mayo-julio. 63
- Figura 27.** Ciclo de vida de *Heraclides anchisiades anchisiades* en *Citrus reticulata*. Elaborado por Ezequiel Ayarce (Chaqué). Indígena Nonuya. Comunidad de Peña Roja. Mayo 26, 2000. 73
- Figuras 28-29.** Artesanías alusivas a mariposas. 28) Collares elaborados con semillas de “coco puerco” (Arecaceae), “chochos” (Fabaceae) y cumare (*Astrocaryum aculeatum* G. Myer, Arecaceae), elaborados por Iris Andoke (derecha) y Laura López (izquierda). 29) Mariposa “Ñuñai” (*Morpho* sp.) elaborada en granadillo (*Brosimum rubescens* Taubert, Moraceae), por Evelio Moreno, Etnia Nonuya. Fotografías de: María del Rosario Gómez-S. 74

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Lista de las especies de lepidópteros diurnos colectados en la Comunidad de Peña Roja entre el 3 de Agosto y 3 de Septiembre, 1999.	42
Tabla 2. Lista preliminar de las especies de mariposas con potencial económico y sus plantas hospederas registradas en literatura presentes en la Comunidad Indígena de Peña Roja.	44
Tabla 3. Dimensiones promedio de la cápsula cefálica, longitud de la oruga y duración del período de desarrollo de <i>Heraclides anchisiades anchisiades</i> con dieta de <i>Citrus sinensis</i> .	51
Tabla 4. Dimensiones promedio de la cápsula cefálica, longitud de la oruga y duración del período de desarrollo de <i>Heraclides anchisiades anchisiades</i> con dieta de <i>Citrus reticulata</i> .	52
Tabla 5. Insumos requeridos para el proyecto de cría calculada por año.	68
Tabla 6. Análisis de rentabilidad (TIR) calculada para 5 años de la cría de <i>Heraclides anchisiades anchisiades</i> .	70

ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Datos de colección de las plantas hospederas de <i>Heraclides anchisiades anchisiades</i> colectadas en la Comunidad Indígena de Peña Roja.	98
Anexo 2. Formato de colección.	99
Anexo 3. Formato de laboratorio.	100
Anexo 4. Mariposas de interés comercial colectadas en la Comunidad Indígena de Peña Roja (Agosto, 1999). Fotografías de Sandra Constantino.	101
Anexo 5. Tablas de vida de <i>Heraclides anchisiades anchisiades</i> de acuerdo al hospedero y a la época de estudio.	105
Anexo 6. Precios en el mercado internacional de las especies de mariposas Ornamentales colectadas en la Comunidad Indígena de Peña Roja.	107

RESUMEN

Se determinó la sostenibilidad de la cría de mariposas con fines comerciales en la Comunidad de Peña Roja, basado en criterios de selección biológicos, económicos y sociales. Durante Agosto de 1999 se identificó la lepidopterofauna de interés económico de la región y se seleccionó, con el ánimo de explorar su potencial económico y factibilidad de cría en cautiverio, a *Heraclides anchisiades anchisiades*, como modelo exploratorio debido a que presentó un número de posturas y tasa de supervivencia estadísticamente comparables. Se observó entre Febrero-Julio del 2000 la preferencia de hospederos, enemigos naturales, hábitos de oviposición y herbivoría, área foliar consumida, supervivencia y longevidad de cada estadio del ciclo de desarrollo de las larvas eclosionadas de posturas colectadas en *Citrus sinensis* y *Citrus reticulata* (Rutaceae). Durante Febrero-Abril a las larvas eclosionadas se les suministró alimento proveniente de sus hospederos, siendo mayor la supervivencia en *C.reticulata*; sin encontrarse diferencias significativas atribuibles al hospedero en cuanto a la longevidad de cada estadio. Durante Mayo-Julio se realizó una prueba de dieta, aumentando la supervivencia en *C.sinensis* y reduciéndose la longevidad entre cada estadio; mientras que en *C.reticulata* se aumentó la longevidad y se mantuvo la tasa de supervivencia. Con base en una revisión vía Internet del mercado de esta mariposa y con los resultados obtenidos en esta investigación, se realizó un análisis económico de rentabilidad (TIR), el cual señala que la cría de la especie estudiada es económicamente rentable. Adicionalmente se analizaron las características sociales de la región de estudio y los patrones culturales de la comunidad referentes a sus relaciones con las mariposas, encontrando que dentro de su saber tradicional no son consideradas sagradas con lo cual no se generan choques culturales fuertes al interior de la comunidad al proponer la cría de estas especies promisorias. Dados estos resultados se concluye que la cría de mariposas en la zona de estudio es sostenible biológica, social y económicamente.

1. INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de alternativas de explotación sostenible de los recursos naturales se hace necesario el desarrollo de trabajos de investigación que permitan la implementación de alternativas de manejo de la biodiversidad que contemplen además el conocimiento de las tecnologías desarrolladas por los pobladores locales. Una de estas alternativas para el uso y conservación de bosques tropicales es la cría comercial de mariposas ornamentales, un recurso forestal no maderable promisorio que se puede implementar en Colombia debido a su alta biodiversidad (Constantino 1997) siendo el tercer país con mayor diversidad de mariposas diurnas a nivel mundial, con 3019 especies descritas hasta el momento (Andrade-C 2000).

Para poder iniciar un programa de cría de mariposas el conocimiento de su biología es fundamental. Sin embargo, existen muy pocos estudios en el país llevados a cabo sobre las poblaciones de mariposas con potencial económico, destacándose los trabajos realizados por la Fundación Herencia Verde bajo la dirección de Luis Miguel Constantino, cuyo objetivo es evaluar la factibilidad de sistemas de cría de mariposas con fines comerciales en las comunidades afrocolombianas e indígenas del Bajo Anchicayá (Municipio de Buenaventura) y Alto Calima (Municipio de Restrepo).

En la actualidad para la Amazonía Colombiana sólo se cuenta con algunos inventarios de especies de mariposas para determinadas localidades, pero no se encuentran estudios que abarquen aspectos importantes sobre su biología e historia natural.

La presente investigación está enmarcada dentro de la temática "Alternativas de aprovechamiento sostenible de fauna silvestre ", como parte de la ejecución de la Política Nacional de Fauna a la cual la Fundación TROPENBOS espera contribuir a partir del apoyo a estudios sobre la biología y ecología básica de las especies potenciales, así como el apoyo a la participación de las comuniddes y organizaciones indígenas como es el caso del Consejo Regional Indígena del Medio Amazónico (CRIMA). La presente propuesta surge también como respuesta a una iniciativa de la

Comunidad de Peña Roja, la cual ha manifestado su interés en generar proyectos que sean sostenibles en todos los sentidos y la necesidad de búsqueda de alternativas económicas coherentes con sus tradiciones, pero que respondan a las actuales circunstancias económicas, políticas y culturales de la región. Dentro de las propuestas generadas y planteadas para la comunidad, se manifestó el interés de generar proyectos novedosos, como es el de cría de mariposas.

En la actualidad, se manejan tres sistemas de cría (Constantino 1997):

- Cría *in situ* o enriquecimiento del bosque; el cual se basa en el manejo poblacional en vida libre, enriqueciendo el bosque sembrando hospederos de mariposas y nectaríferas para así aumentar la población natural de mariposas. Se cosechan las orugas maduras y se llevan a jaulas para empupado.

- Ranqueo: asociación de cosecha sostenible en vida libre con formas de producción *ex situ*. El medio natural sostiene la generación parental que se estimula a ovipositar en hospederos previamente sembrados en parcelas donde el criador puede coleccionar fácilmente los huevos y orugas, los cuales se crían en cautiverio, disminuyendo así la mortalidad de estados inmaduros.

- Cría *ex situ*: cría intensiva en vivarios que generalmente están por fuera del hábitat de las especies, por lo cual no considera la conservación del hábitat. En el interior se siembran hospederos y nectaríferos y la población parental se enjaula, posteriormente un porcentaje de la cría se libera para repoblar la finca nuevamente.

Dado lo anterior, junto a la falta de información sobre la biología de los lepidópteros de interés comercial de la zona y conociendo que la cría comercial de mariposas tropicales es una alternativa conservacionista viable y económicamente rentable para el manejo racional de los bosques, surge el presente proyecto para evaluar la sostenibilidad de la cría de mariposas con potencial económico como alternativa que pueda generar ingresos a la Comunidad Indígena de Peña Roja, Amazonía Colombiana.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Ciclo de vida de las mariposas.

2.1.1 Huevo.

El ciclo de vida de una mariposa se inicia cuando las hembras seleccionan cuidadosamente una planta específica (planta hospedera) para poner sus huevos. Los huevos tienen aspectos y formas muy diversas. Pueden ser esféricos, ovalados, en forma de pera, barril, hemisféricos lisos, dependiendo de cada especie. Todos los huevos tienen un poro pequeño en la cima o punto terminal denominado micropilo, por donde el esperma entra a fertilizar el huevo dentro del cuerpo de la hembra; también es importante para la respiración de este. Las hembras los colocan aisladamente o en pequeños grupos.

Ya que el huevo es el estado más vulnerable de la mariposa, una buena localización asegura, por un lado una mayor supervivencia de las futuras orugas disminuyendo las oportunidades de que sean atacadas por parásitos o por sus depredadores y, por otro, la posibilidad de que la futura oruga encuentre el alimento que necesita para llegar a adulto (Velez & Salazar 1991).

2.1.2 Oruga

De los huevos eclosionan las orugas, aproximadamente a los 5 a 7 días, dependiendo de la especie, las cuales de inmediato comienzan a alimentarse de las hojas tiernas de la planta hospedera (Constantino 1996). Al nacer lo primero que hace la oruga es devorar la cutícula del huevo vacío para seguir con las hojas más próximas.

El cuerpo de la oruga, de forma cilíndrica, está conformada por la cabeza y una serie de segmentos en los que es difícil distinguir el tórax del abdomen (Maso & Pijoan 1997). La cabeza de las orugas es de consistencia quitinosa. A cada lado se encuentran 6 ojos simples pequeños que reciben el nombre de “ocelos”. En su cabeza

también sobresale un par de mandíbulas muy desarrolladas, capaces de masticar los brotes más tiernos de las plantas que la alimentan. La boca también tiene un labro, un labio inferior y una hipofaringe, que contiene las glándulas que producen seda.

El cuerpo aparece dividido en segmentos torácicos y abdominales. Cada segmento del tórax posee un par de patas articuladas que le permiten moverse por los tallos y las hojas de las plantas. Por lo general, las orugas tienen una epidermis verdosa y muchas presentan verrugas o tubérculos de los que brotan mechones de pelos urticantes. La mayoría de las orugas produce una sustancia en forma de hilo llamada seda, que no solamente les sirve para fabricar el capullo y sostener a la oruga en las etapas posteriores de la metamorfosis, sino que también las ayuda en muchos casos a moverse y a guiarlas para evitar caídas (Kremen 1992).

En general, las orugas se alimentan de material vegetal (fitófagas), pero algunas son saprofitas y se alimentan de materia en descomposición; otras son depredadoras.

Durante su crecimiento, que dura aproximadamente 20 a 25 días, las orugas sufren 5 a 6 mudas o cambios de piel, después de las cuales están listas para realizar su metamorfosis para transformarse en pupas.

2.1.3 Pupa

Para pupar, las orugas seleccionan las partes inferiores de las hojas o tallos para colgarse en un estado de reposo donde se empiezan a transformar en mariposas.

Cuando se presentan condiciones desfavorables o cambios de clima tipo estacional, muchas pupas de mariposas tropicales son capaces de interrumpir la metamorfosis por influencia hormonal y controlarla por órganos endocrinos, lo cual se conoce como diapausa.

Las pupas se han adaptado plenamente a su entorno adquiriendo coloraciones crípticas y formas extrañas. Suelen ser verdes o amarillentas. Las que se fijan a las

cortezas y ramas secas tienen una coloración parda a grisosa lo que les permite pasar casi desapercibidas (Salazar & Constantino 1993).

2.1.4 Mariposa adulta.

El lapso de pupa a mariposa consiste en una sustitución progresiva de los órganos de la oruga por los del adulto. Los dispositivos de la oruga propios de esta etapa se disuelven, mientras que aquellos que necesita el adulto, y que apenas están insinuados en la pupa, se desarrollan.

Luego de 10 a 21 días, dependiendo de la especie, la mariposa adulta emerge con sus alas plegadas y blandas. Esta mariposa necesita de 3 a 4 horas para extender y secar sus alas, luego de lo cual vuela en busca de pareja para procrear y reiniciar el ciclo reproductivo (Constantino, 1996).

El control de los diferentes estadios del ciclo de desarrollo se realiza bajo control endocrino. Una secreción hormonal del cerebro estimula una glándula situada en el protórax, la glándula protorácica, que produce ecdisona, una hormona que estimula el desarrollo y la muda. Durante los estadios larvarios, el corpora alata del cerebro secreta otra hormona, la hormona juvenil. Esta hormona es la responsable del mantenimiento de las estructuras larvarias e inhibe la metamorfosis. La hormona juvenil ejerce su efecto sólo después de que se haya iniciado el proceso de la muda. Por ello debe actuar en unión con la ecdisona. Cuando en la linfa hay un nivel relativamente alto de hormona juvenil, el resultado es una muda de larva a larva. Cuando el nivel de la hormona es más bajo, la muda es larva-pupa, y cuando falta la hormona juvenil, hay una muda pupa-adulto (Ruppert & Barnes 1996).

El insecto adulto se alimenta exclusivamente de fluidos (néctar, exudados azucarados o fermentos de frutas) e inicia su reproducción a pocas horas de haberse apareado. En su etapa adulta, una mariposa vive entre 21 y 180 días dependiendo de

la especie. Hay otras que apenas viven una semana y mueren después de cumplir su misión de reproducirse y poner los huevos (Constantino 1996).

En Colombia, los únicos estudios sobre ciclos de vida de lepidópteros con fines comerciales han sido llevados a cabo por la Fundación Herencia Verde bajo la dirección de Luis Miguel Constantino (1996), cuyo objetivo fue evaluar mediante procesos de investigación participativa con las comunidades afrocolombianas e indígenas del Bajo Anchicaya (Municipio de Buenaventura) y Alto Calima (Municipio de Restrepo), la factibilidad de sistemas de cría de mariposas con fines comerciales. Esta investigación abarcó principalmente dos sistemas de cría: cría in situ, enriquecimiento del bosque (ciclo abierto) y rancheo (semiabierto) obteniendo como resultados básicos: a) lista de más de 350 especies de plantas hospederas identificadas botánicamente para 300 especies de mariposas de la vertiente Pacífica de Colombia, b) ciclos completos desde huevo hasta pupa de 38 especies de mariposas del Río Tatabro (Anchicayá) bajo condiciones naturales y c) Lista de especies de interés comercial con estudio de historia natural, descripción de estadios inmaduros, enemigos naturales y plantas hospederas.

Actualmente en la zona cafetera Colombiana, en el Centro de Investigaciones de Café (Cenicafé), se están adelantando estudios en el ciclo de vida de lepidópteros diurnos con el fin de iniciar programas de conservación de los mismos, dentro de los cuales se ha planteado la cría en cautiverio (Gil-Palacio *et al.* 2000).

El desarrollo de estas investigaciones es relevante porque el conocimiento de la biología es fundamental para poder iniciar un programa exitoso de cría de mariposas.

2.2 Interacciones planta hospedera-mariposa.

2.2.1 Oviposición

La selección de la hembra del lugar de oviposición es uno de los eventos de mayor importancia porque determina la probabilidad de que la oruga alcance suficiente recurso alimenticio para su desarrollo. Muchos autores han registrado que un error de la hembra en la elección del sitio de oviposición puede resultar en que el primer encuentro de la oruga recién eclosionada sea con un hospedero impropio (Singer, 1984), lo cual reduce su posibilidad de alcanzar el estado adulto.

Los análisis de la selección de plantas por los grupos de mariposas han mostrado que su elección tiene una base química (Brower & Brower 1964). La identificación inicial del hospedero es visual; probablemente basada en el color y forma de la hoja. Una vez sobre la planta, la mariposa corrobora la identificación por percepción química (Gilbert 1975, Rausher 1980, 1983).

En general, se ha observado que la hembra gasta alrededor de 30 minutos aparentemente comparando hojas de un mismo árbol, posándose alternadamente en hojas tanto del ápice como de la base del árbol, sobre las cuales con sus quimiorreceptores exploran su superficie. Eventualmente, el número de hojas recibiendo este tratamiento declina hasta llegar sólo a dos o tres, y la hembra finalmente duda entre estas hojas antes de iniciar la oviposición. Este comportamiento tan complejo, que representa mucho tiempo, sugiere una discriminación sofisticada entre hospederos conespecíficos y hojas individuales (Singer 1984).

De acuerdo con Singer (1984), existen variaciones individuales en cuanto a preferencias de oviposición debido a que las hembras de una especie pueden aceptar substratos subóptimos cuando el óptimo es raro o no se encuentra.

En Papiliónidos, la hembra deja sus huevos en respuesta a ingredientes físicos específicos contenidos en sus plantas hospederas. Las hembras perciben los componentes esenciales a través del contacto de sus quimiorreceptores tarsales con la superficie de la hoja. Se ha encontrado que los estimulantes de oviposición de muchos papiliónidos consisten en múltiples componentes entre los cuales se incluyen glicósidos flavonoides, alcaloides y aromáticos (Nishida 1995).

La producción de huevos, los patrones de distribución y la selección de hospederos varían con la especie de mariposa. La postura en la planta puede estar distribuída al azar o restringida a cierto sector según la calidad del hospedero o la "carga" de huevos y desplazamientos de las hembras (Rausher 1979, Chew & Robbins 1984).

2.2.2 Herbivoría

De todos los herbívoros, el grupo del cual sus hábitos alimenticios han sido estudiados más intensivamente es el de las mariposas durante su estadio larval, el cual constituye la mayor parte del ciclo de vida de la mariposa. Una oruga al momento de iniciar su metamorfosis hacia mariposa ha consumido más de 20 veces su peso seco en material vegetal (Ehrlich & Raven 1967).

La mayoría de mariposas son herbívoros especialistas (Ehrlich & Raven 1964), alimentándose únicamente de una especie de plantas (monófagos) o de unas pocas (olífagos), en tanto que otras son más generalistas (polífagos), pero ninguna especie se alimenta de todas las plantas indiscriminadamente (Ehrlich & Raven 1967).

La supervivencia de los herbívoros puede afectarse por la calidad del hospedero; elementos como nitrógeno (el cual es determinante en la tasa de crecimiento y en los niveles de reproducción de poblaciones de insectos), fósforo, azufre y potasio se encuentran en mayor proporción en las zonas de crecimiento de la planta (Feeny 1975, Medina 1977, Scriber & Feeny 1979). Según Loader y Damman (1991), una

baja calidad nutricional de la hoja reduce la sobrevivencia de herbívoros de manera indirecta al incrementar el período de exposición a enemigos naturales.

Las especies de papiliónidos poseen patrones de asociación con sus hospederos que van desde una monofagia estricta sobre un hospedero químicamente único, hasta la polifagia sobre un grupo químicamente diverso de familias de plantas (Berenbaum 1995). Varios papiliónidos se encuentran fuertemente asociados con Aristolochiaceae, especialmente los de la tribu Zerynthiini y Troidini, y con Rutáceas, la mayoría pertenecientes a la tribu Papilionini, a la cual pertenecen las mariposas del género *Heraclides* (Fig. 1).

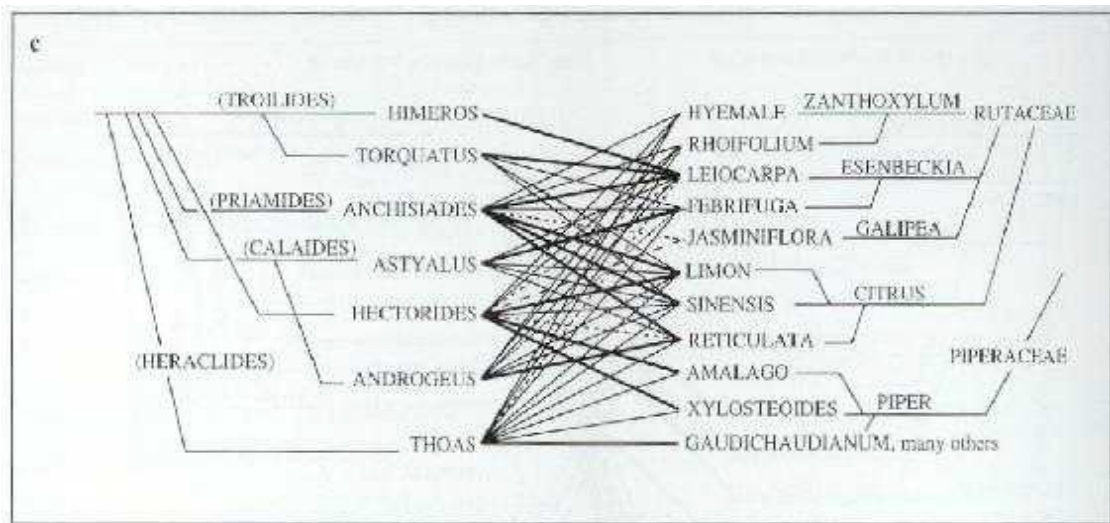


Fig. 1. Interacciones comparativas entre especies de *Heraclides* de Brasil, pertenecientes a cuatro subgéneros, y sus hospederos de las familias Rutáceas y Piperaceas. Líneas gruesas: hospedero principal, líneas delgadas: hospederos secundarios, líneas punteadas: uso ocasional o de aceptación experimental. (Tomado de Brown *et al.* 1995).

2.3 Enemigos naturales

Durante todos los estadios del ciclo de vida, las mariposas están en constante riesgo a causa de diversos factores que influyen en su probabilidad de sobrevivencia. Al igual

que en la mayoría de los aspectos de la ecología de las mariposas neotropicales, se conoce poco sobre los factores de mortalidad que las afectan, y mucho se ha extrapolado de otros estudios llevados a cabo en zonas templadas (DeVries 1987).

Los huevos y orugas jóvenes están sujetos a una extensiva depredación por parte de artrópodos e incluso por hongos patógenos (que además pueden afectar a los adultos). Algunos huevos de mariposas son atacados por parasitoides como por ejemplo avispas de las familias Trichogrammatidae, Chalcidae y Scelionidae. Otras familias pertenecientes a los ordenes Hymenoptera (entre ellas Formicidae, Vespidae, Sphecidae, Ichneumonidae, Braconidae y Chalcidae), Diptera (Tachinidae y Sarcophagidae), Orthoptera (Tettigoniidae), Heteroptera (Pentatomidae, Lygaeidae, Reduviidae) y arácnidos de las familias Ctenidae y Lycosiidae, son enemigos naturales de orugas o pupas de mariposas. Los Formicidae y Tettigoniidae también pueden ser parasitoides de huevos (DeVries 1987).

Entre los coleópteros, es bien conocido el carabido *Calosoma sycophanta* que devora un gran número de orugas (Maso & Pijoan 1997). Las orugas de estadios tardíos y las crisálidas son depredados por parásitos y especies de aves y mamíferos.

Finalmente, entre los depredadores de las mariposas adultas se tienen invertebrados (como arañas, mántidos, hormigas, odonatos, entre otros) y vertebrados como aves (Cuculidae, Momotidae, Galbulidae, Bucconidae, Capitonidae, Tyranidae, Cotingidae, Icteridae, Corvidae y Vireonidae), reptiles (Teiidae e Iguanidae) y mamíferos (pertenecientes a los ordenes Primata, Rodentia y Marsupialia) (De Vries 1987).

Pese a que las defensas químicas generalmente operan a lo largo de todos los estadios del ciclo de vida de las mariposas, es mayor la mortalidad en inmaduros que en adultos, siendo en éste último de gran importancia debido a que cada día que un

adulto sobrevive le permite alcanzar más su potencial reproductivo (Fagua & Ruiz 1996).

De acuerdo con Brown *et al.* (1991), las mariposas utilizan los compuestos secundarios de sus hospederos para su defensa, mediante tres síndromes químicos:

- a. Síndrome A: las orugas obtienen las sustancias químicas defensivas del hospedero, pasando al adulto;
- b. Síndrome B: los adultos al libar almacenan del néctar los compuestos defensivos, los cuales se transfieren a huevos y orugas a través de la hembra;
- c. Síndrome C: se produce biosíntesis “de novo” de sustancias defensivas en todos los estados de la mariposa.

2.4 Importancia de las mariposas.

De acuerdo con Gil-Palacio *et al.* (2000), las mariposas son importantes en los ecosistemas por el papel que desempeñan como:

- a. Relaciones tróficas: Los lepidópteros constituyen un elemento fundamental en la gran mayoría de los ecosistemas terrestres. Ocupan el segundo nivel trófico de la pirámide ecológica, se alimentan a partir del primer nivel, constituido por plantas y luego ceden energía a los carnívoros de los niveles tróficos superiores, que son especialmente pequeños insectívoros. Otras especies de lepidópteros son saprófitas o descomponedoras, que están en los niveles laterales de la pirámide ecológica y cuando mueren por otras causas diferentes al ataque de enemigos naturales, son la comida de otros organismos (Maso & Pijoan 1997).
- b. Polinizadores: Existen algunas flores que presentan adaptaciones de modo que son polinizadas exclusivamente por algunas especies de mariposas, como por ejemplo una corola alargada la cual esta adaptada a la probóscide de la mariposa constituyendo una barrera para la corta probóscide de una abeja, permitiendo que esta especialización refuerce la constancia del polinizador (Barth 1991).

Recientemente se han llevado a cabo investigaciones en las cuales se utilizan a las mariposas como bioindicadores, ya que estas poseen características que permiten ser utilizadas frecuentemente en estudios de los procesos biogeográficos tendientes a comprender la biodiversidad del trópico y su alteración por el hombre (antrópica). El principio fundamental del uso de bioindicadores se basa en el empleo de especies o grupos taxonómicos capaces de reflejar el estado de conservación de una biota, su biodiversidad, carácter de endémica o grado de intervención (Andrade 1998). Las mariposas diurnas pueden ser indicadores biológicos de la estructura, el grado de conservación de la vegetación y el ecosistema en general (Maso & Pijoan 1997).

Desafortunadamente, muchas especies de mariposas se encuentran en vía de extinción. Según Constantino (1997), en Colombia las principales causas de pérdida de diversidad de mariposas, creando vulnerabilidad de ecosistemas, son:

- a. Destrucción del hábitat: Tala y quema de bosques, expansión de la frontera agrícola y ganadera.
- b. Transformación del paisaje: Deforestación masiva, monocultivos, cultivos ilícitos, fumigación indiscriminada con insecticidas que matan las especies benéficas (polinizadores y controladores biológicos naturales), fumigación con herbicidas que destruyen las plantas hospederas y nectaríferas de mariposas y la construcción de obras de ingeniería (hidroeléctricas, construcción de carreteras, urbanización, etc.)
- c. Fragmentación de ecosistemas y fronteras de ocupación: gradiente altitudinal interrumpido, colonización, potrerización.
- d. Sobreexplotación de especies con fines comerciales: extracción masiva y continua de adultos de una misma especie sin reposición

Dado lo anterior, se hace imprescindible hacer aportes para contribuir a su conservación, mediante la investigación sobre su cría, mantenimiento y liberación (Gil-Palacio *et al.* 2000).

2.5 La cría y el comercio de mariposas

La cría de mariposas y polillas no es una actividad comercial nueva. La industria de la seda china, basada en la cría de la polilla *Bombix mori* (L.) de la familia Bombycidae ha existido por cientos de años.

La demanda internacional de ejemplares de especies de mariposas es básicamente generada por cuatro sectores: 1) coleccionistas, 2) artesanías e industrias de adornos, 3) museos y 4) granjas o vivarios de mariposas. Los tres primeros sectores requieren mariposas disecadas y preservadas, mientras que el cuarto las requiere vivas, en forma de orugas y pupas recién formadas. Uno de los mercados de mariposas de más valor es el de la venta de ejemplares poco comunes y/o raros.

El mercado más común de mariposas es el que usa solo sus alas en la confección de ornamentos de bajo precio, así solamente Taiwan tiene más de 12 fábricas que emplean a personal entrenado en capturar y procesar anualmente entre 15 y 50 millones de mariposas Taiwanesas. Actividades similares existen en Corea, Malasia, Hong Kong, Brasil, Honduras, Papua y Nueva Guinea.

De otro lado, la cría de mariposas para exhibición al público en jardines ha sido una actividad comercial seria desde 1977. Estos jardines fueron establecidos como complemento a atracciones y lugares turísticos en el Reino Unido. Esta industria de exhibición de mariposas se ha expandido enormemente dado que la inversión tenía retornos en un relativo corto tiempo, y en años recientes ha florecido en Norte América. Otro mercado importante que esta surgiendo es el de la liberación de mariposas durante eventos o celebraciones, el cual se ha implementado a nivel doméstico en Estados Unidos y Canadá (Moreno 1998).

Los países líderes en producción de mariposas son Malasia, Filipinas, Tailandia, Taiwan, Kenya, Madagascar, Costa Rica, El Salvador y Papua Nueva Guinea. En este último, se ha observado que la producción de mariposas en parcelas de cultivo sirve

para evitar la pérdida de diversidad genética (salvando a especies en vía de extinción), apoyando así la conservación de especies y sus hábitats naturales (Hutton 1985). En este país se creó en 1978 el IFTA (Agencia central para la cría y comercio de insectos), el cual vende aproximadamente US\$400.000 anualmente. Sin embargo, el IFTA promueve el rancheo de mariposas y no su cría en ciclo cerrado, con el argumento de que el primer sistema es realmente una herramienta ideal para la conservación del bosque y de las zonas donde habitan las mariposas (Martens 1994).

De acuerdo con Orsak (1993), una de las razones que soportan la cría de mariposas como elemento de conservación es que las mariposas son difíciles de sobreexplotar mientras que los bosques tropicales son fáciles de destruir. Por lo tanto hay un valor obvio en el uso de las mariposas que puede llegar a ser altamente sostenible. Un gran atributo del negocio de las mariposas es que promueve un fuerte lazo entre la conservación y el desarrollo (Figuras 2 y 3), disminuyendo la presión que sobre poblaciones naturales ejerce la captura, proveyendo así individuos de mayor calidad y en mayor cantidad a los mercados que los requieran, pues las mariposas del bosque casi siempre están desgastadas, con las alas rotas debido al ataque de predadores o por el contacto con las ramas de los árboles; además las tasas de reproducción son altas y con varias generaciones al año que facilita el mantenimiento de un pie de cría y por último, los costos de mantenimiento son bajos y se requieren pocos insumos (Constantino 1996).

Adicionalmente, esta actividad de cría de mariposas involucra de manera directa a los pequeños productores.

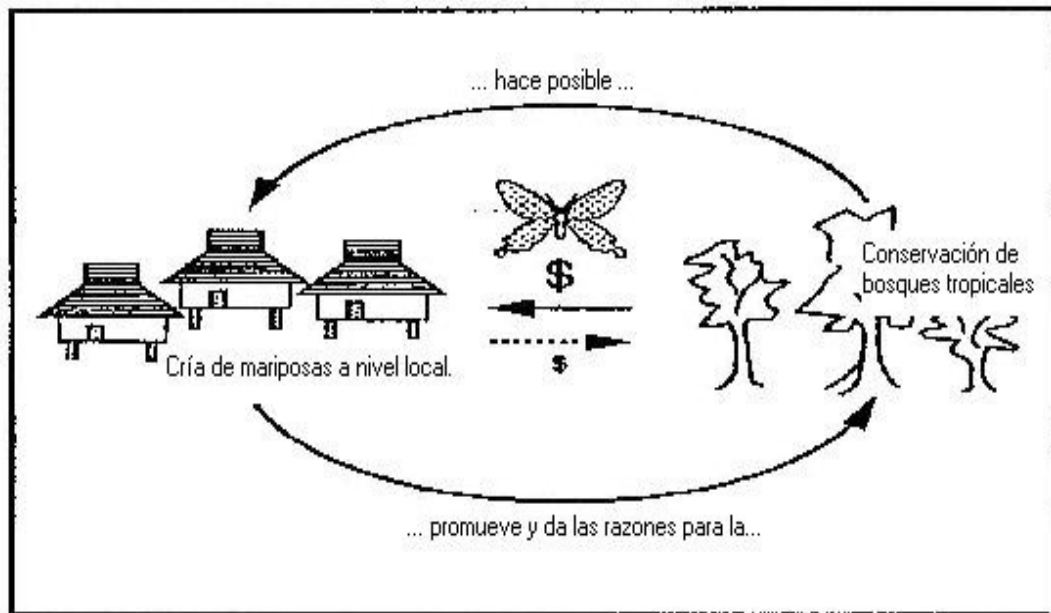


Figura 2. Representación de la filosofía principal de un programa de cría de mariposas (Adaptado de Parsons 1995)

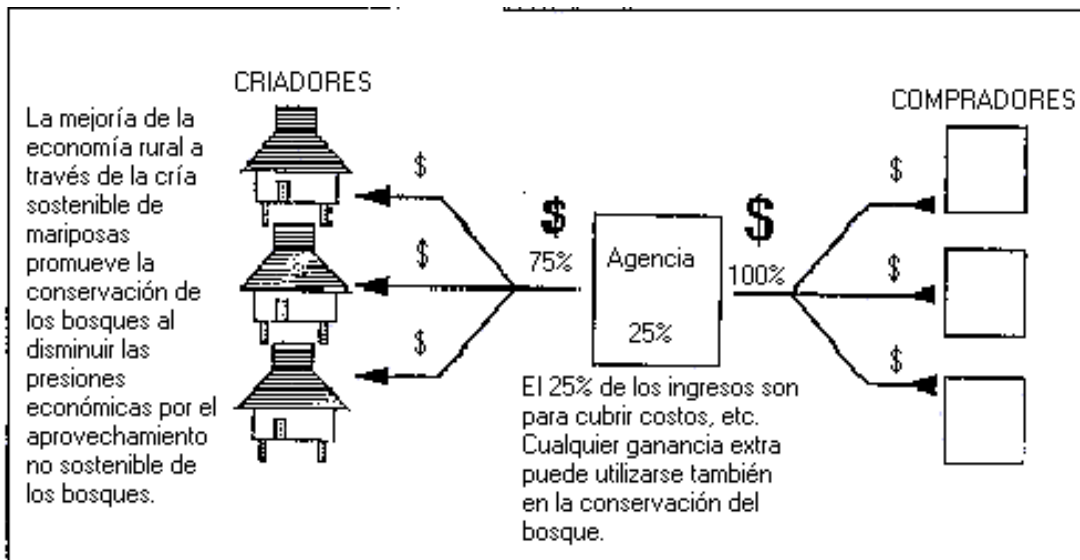


Figura 3. Representación del flujo de dinero y aspecto económico de la cría de mariposas en relación de sus beneficios conservacionistas (Adaptado de Parsons 1995).

2.6 Sistemas para la cría de mariposas en condiciones naturales.

De acuerdo con Constantino (1996, 1997) se manejan tres sistemas de cría:

2.6.1 Rancheo

Es la asociación de la cosecha sostenida en vida libre con formas de producción *ex situ* (cautividad) (Ramírez 1994). El medio natural sostiene la generación parental que es estimulada a ovipositar en plantas hospederas previamente cultivadas en sistemas de parcelas donde el agricultor puede recolectar con facilidad los huevos y las orugas que luego son criadas en cautiverio. De la postura total anual se extrae un porcentaje que es criado en cautividad, minimizando así la mortalidad de estadios inmaduros a causa del ataque de los controladores biológicos naturales y luego se retorna un porcentaje de adultos al medio natural igual al extraído.

Se ha estimado que en la naturaleza menos del 5% de las mariposas llegan a la madurez debido al ataque de los depredadores y parásitos naturales, como avispas, aves, lagartijas, arañas, chinches, hormigas y de entomopatógenos como hongos, nemátodos, bacterias y virus que regulan las poblaciones. Sin embargo, cuando se les cría con suficiente alimento y protección de los enemigos naturales, entre el 85 y 95% de los individuos pueden llegar a la madurez.

2.6.2 Cría *ex situ*

Es un sistema de cría intensiva que implica un alto subsidio para la sustentación productiva. Se utiliza un invernadero forrado en tela metálica fina o tul terlenka microporo blanco, de alta luminosidad. La estructura del vivario puede construirse con varillas de hierro, en madera inmunizada, PVC o aluminio y se cose la tela manualmente con hilo de nylon. El tamaño mínimo debe ser de 6 m² pero el tamaño y la forma pueden variar de acuerdo al gusto y presupuesto de la persona. Puede ser cuadrado, rectangular o circular y la altura promedio puede ser de 2 a 3 mt.

En su interior se siembran las plantas hospederas y algunas nectaríferas. Las plantas son cultivadas aparte en un vivero y cuando muestran talla y follaje abundante son trasladadas al vivario. Las mariposas adultas enjauladas son alimentadas con miel y agua de azúcar, usando alimentadores artificiales con esponja que simulan flores rojas y amarillas, o en su defecto se siembran plantas nectaríferas.

Una vez la mariposa hembra ha puesto los huevos, se libera; cuando nacen las orugas se dejan para que se alimenten sobre sus plantas hospederas hasta que completen su máximo desarrollo. Si no hay suficiente follaje para que se puedan alimentar, entonces es necesario reubicar manualmente las orugas en otras plantas previamente cultivadas en un vivero. Luego de que las orugas empupan, se colectan y trasladan a jaulas pequeñas, donde se produce la eclosión de las mariposas. Un porcentaje es liberado para repoblar la finca de nuevo y el resto es procesado y aprovechado para el mercado.

2.6.3 Cría *in situ* o enriquecimiento del bosque.

Se basa en el manejo poblacional en vida libre ya sea monoespecífico o multiespecífico (Parsons 1992).

Con este sistema de cría se trata de enriquecer el bosque sembrando plantas hospederas de orugas de mariposas nectaríferas en claros de bosque, bordes de bosque y a lo largo de caminos o sitios con suficiente luminosidad. La idea es aprovechar el entorno o hábitat natural de las mariposas sin causar ningún tipo de perturbación al ecosistema. Se realiza principalmente en áreas de reserva forestal, áreas protegidas y parques naturales. Al incrementarse las plantas hospederas de mariposas, se incrementan las poblaciones naturales, que de por sí presentan una relación planta-huésped muy específica que estimula a las hembras a ovipositar en estas. Esto se mide haciendo un monitoreo del número de huevos y presencia de orugas en las plantas hospederas cultivadas y en el número de adultos marcados que son atraídos por las plantas nectaríferas. Una vez sembradas las plantas en sitios

estratégicos, la idea es que el agricultor coseche los gusanos y termine de criarlos en jaulas de anjeo para el empupado y obtención de especímenes de perfecta calidad o de pupas frescas recién formadas. Es una alternativa económica para colonos que viven en zonas de amortiguamiento a parques nacionales o en áreas protegidas sin ninguna otra opción de subsistencia que la tala y extracción de madera. La producción se basa en la extracción de la cosecha sostenida de las especies que propicien el máximo potencial reproductivo de las mismas con base en la capacidad sustentadora de carga del medio natural en relación con los ciclos bioclimáticos.

En países donde existe un manejo controlado de las poblaciones naturales en áreas protegidas o de reserva forestal y se ha estudiado la dinámica poblacional de estas, las entidades encargadas de velar por la conservación de los recursos naturales expiden licencias de caza científica para estudios específicos. Por otro lado, muchas especies son objeto de caza deportiva.

Otra alternativa para aprovechar el valor escénico de las especies tropicales, conjuntamente con la flora y el paisaje, es el turismo ecológico; siendo esta una actividad para la cual Colombia tiene un gran potencial. Este tipo de aprovechamiento tiene la ventaja de que se trata de un uso no consuntivo del recurso.

Los jardines de mariposas y vivarios existentes en Estados Unidos, Gran Bretaña, Japón y Alemania utilizan mariposas importadas del trópico en forma de pupas vivas recién formadas como alternativa de recreación para los turistas de regiones templadas que tienen la oportunidad de observar las especies exóticas en cautiverio en un medio natural simulado artificialmente en invernaderos.

2.7 Facilidad de la cría de mariposas en Colombia.

Colombia es el tercer país con mayor diversidad de mariposas diurnas a nivel mundial con aproximadamente 3019 especies descritas hasta el momento (Andrade 2000), lo cual permite, en términos biológicos, avanzar hacia las etapas siguientes de las

propuestas de cría de mariposas como estrategia de uso sostenible de la fauna silvestre en Colombia (Moreno 1998).

Es importante anotar que una revisión del mercado internacional muestra que la demanda de mariposas tropicales está insatisfecha y se encuentra en continuo aumento, ya que cada año se capturan y venden millones de mariposas cuyos precios varían desde 20 centavos de dólar hasta más de 100 dólares el ejemplar (Constantino 1997).

Moreno (1998), realizó una aproximación a lo que potencialmente puede ofrecer Colombia al mercado internacional de mariposas, con base en una lista de especies susceptibles de ser criadas en masa y de especies raras (específicamente del Calima y del Anchicaya), que fueron seleccionadas teniendo en cuenta criterios biológicos y criterios de mercado, los cuales se detallan a continuación:

A. Criterios biológicos de selección:

- a. Biología y estados inmaduros conocidos.
- b. Plantas hospederas de orugas conocidas.
- c. Características de comportamiento: Especies de vuelo lento y pausado para poder mantenerlas en cautiverio. Adicionalmente las mariposas de vuelo rápido usualmente se estropean con facilidad, por lo que requieren de mayor espacio y luminosidad.
- d. Adultos de hábitos nectarívoros y saprófagos, lo cual facilita su alimentación en cautiverio.
- e. Especies tranquilas y poco evasivas.

B. Criterios de mercado:

- a. Especies con demanda internacional: Principalmente para el mercado de insectos preservados y vivarios.

- b. Especies llamativas, grandes y de colores vistosos: Ejemplos de estas especies son las Papilionidae, Morphinae, Heliconinae, Nymphalinae, Charaxinae, Brassolinae, Danaiinae, Ithominae, Pieridae, Riodinidae.
- c. Especies raras y de distribución local y endémica.
- d. Si la mariposa es híbrido, aberración, forma melánica o una forma inusual, tienen mayor valor en el mercado.
- e. Especies que presenten dimorfismo sexual generan mayor interés y su valor es mayor.

Basados en esos criterios, la lista preliminar de las especies susceptibles de ser criadas en masa en Colombia es la siguiente: *Agrias amydon*, *Anarthia amatheia*, *Battus bellus*, *B. polydamas*, *Biblis hyperia*, *Caligo atreus*, *C. memnom*, *C. illeoneus*, *Colobura dirce*, *Consul fabius*, *Danaus plexippus*, *Dryas iulia*, *Eueides lybia*, *E. isabella*, *Heliconius cydno*, *H. charitonius*, *H. doris*, *H. erato*, *H. hecale*, *Heliconius hecalesia*, *H. melpomene*, *H. sapho*, *Heraclides anchisiades*, *H. androgeus*, *H. thoas*, *Lycorea cleobaea*, *Machanitis* spp., *Marpesia petreus*, *Memphis lyceus*, *Morpho cypris*, *M. amathonte*, *M. granadensis*, *M. microphthalmus*, *M. theseus niepelti*, *M. peleides*, *M. sulkowsky*, *Nessaea aglaura*, *Panacea prola*, *Parides childrenae*, *Pterourus cacicus*, *P. zagreus*, *Philaethria dido*, *Phoebis philea*, *Prepona omphale*, *P. praeneste*, *Siproeta epaphus*. (Revisión del autor vía Internet y trabajo de Moreno 1998).

2.8. Evaluación de la sostenibilidad según criterios de selección e indicaciones metodológicas.

De acuerdo con Rudas (1999), para que el aprovechamiento comercial de un producto de la biodiversidad sea sostenible, debe cumplir al menos con tres condiciones básicas:

- a. Que la tasa de aprovechamiento del producto sea menor que su tasa de regeneración, para garantizar una **sostenibilidad biológica** del recurso;

- b. Que los costos totales reales de producción sean menores que los beneficios que se obtengan de este aprovechamiento (**sostenibilidad económica**) y;
- c. Que los beneficios netos del aprovechamiento sean repartidos equitativamente entre los distintos sectores de la población, retribuyendo los costos totales en que cada uno incurre y reportando niveles de ganancia adicional adecuados — incluyendo los costos ambientales y los costos sociales de los impactos negativos presentes y futuros de su aprovechamiento— (**sostenibilidad social**).

El cumplimiento de estas condiciones básicas debe ser analizado en cada proyecto específico de aprovechamiento, ya que las condiciones particulares en cada caso definirán la viabilidad de cumplirlas. Sin embargo, previamente a la toma de decisiones es conveniente identificar aquellos productos de la biodiversidad para los cuales se dispone de mayores fortalezas en términos del cumplimiento de las condiciones básicas de sostenibilidad arriba expuestas.

De acuerdo con el análisis del Instituto Alexander von Humboldt (1999) para la zona de estudio, el cual se realizó teniendo en cuenta el contexto, la problemática y las alternativas de proyectos propuestas por la comunidad, dentro de las cuales se planteó la cría de mariposas, se establecieron criterios para tener en cuenta al evaluar un proyecto de manejo sostenible de fauna.

Específicamente, para el proyecto de cría de mariposas, los criterios que se recomendaron atender con el fin de ampliar la información sobre las especies de interés y de esta manera incrementar el rango de factibilidad fueron:

1. Requiere recuperación de conocimiento.
2. No existen procesos investigativos previos.
3. Requiere investigación acerca del comportamiento y la biología de las especies.
4. Hábitat disponibles.
5. Es una alternativa potencial de generación de ingresos.

6. No se tiene información acerca de si existen señas de deterioro del recurso.

Por otra parte, el CRIMA (Consejo Regional Indígena del Medio Amazónico) plantea que cualquier proyecto para el manejo de fauna silvestre con las comunidades indígenas debe cubrir los siguientes aspectos (Instituto Humboldt 1999):

1. Recuperar el conocimiento tradicional acerca del uso de la fauna.
2. Manejar y usar la fauna con criterios tradicionales.
3. Generar ingresos para cubrir nuevas necesidades de las comunidades indígenas.

Es importante destacar que el análisis de cualquier proyecto productivo debe tener en cuenta el aspecto social de la comunidad que obtendrá los beneficios del mismo, ya que si no lo tiene en cuenta, no solo fracasaría, sino que podría ocasionar más conflictos que soluciones, dadas las condiciones actuales (Fundación Herencia Verde 1997).

Por consiguiente, al ser el proyecto de cría de mariposas una investigación participativa, se deben generar espacios para la integración de la comunidad en la investigación, de modo que esta sea consultada y haga parte del proceso de toma de decisiones que los atañen directamente, y así evitar conflictos al interior de la comunidad (Humboldt 1999).

A lo largo del proceso de acercamiento realizado por el Instituto Humboldt y la Fundación TROPENBOS con las Comunidades Indígenas del Medio Caquetá, con el fin de concertar y explorar alternativas de aprovechamiento sostenible de la fauna silvestre de la zona, la Comunidad de Peña Roja ha manifestado su deseo de trabajar en propuestas como la de cría de mariposas siendo su interés, además del generar conocimientos importantes en la biología de las especies, iniciar un proceso de recuperación del conocimiento tradicional y promover la conservación del bosque; el lograr a través de estas alternativas un medio que les permita obtener ingresos

económicos con el fin de ayudar a suplir algunas de sus necesidades, entre las que se encuentran la educación y la salud, fue el motivo principal de la realización de este proyecto.

3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Formulación del problema.

Con este proyecto se buscó determinar la factibilidad de la cría mariposas con potencial económico a través del estudio de un modelo exploratorio como alternativa sostenible de producción y manejo de la biodiversidad local que pueda generar ingresos a la comunidad Indígena de Peña Roja.

3.2 Preguntas de investigación.

3.2.1. Para la fase preliminar del proyecto se plantearon las siguientes preguntas:

- a. ¿Existen mariposas con potencial económico en la zona de estudio?
- b. ¿Cuáles son las especies de mariposas con potencial económico?
- c. ¿Se encuentran especies de plantas hospederas registradas en literatura en el área de estudio para cada especie promisoría de mariposa?

3.2.2. Posteriormente, con base en los resultados obtenidos durante la fase preliminar, se formularon las siguientes preguntas para la fase formal de toma de datos:

- a. ¿Cuáles son los hábitos de oviposición de las especies de mariposa utilizadas como modelo de cría?
- b. ¿Cuáles son los hábitos de herbivoría de las especies de mariposa utilizadas como modelo de cría?
- c. ¿Cuáles son los parásitos y depredadores de los diferentes estadios del ciclo de vida de las especies de mariposa utilizadas como modelo de cría?
- d. ¿Cuáles son las tasas de herbivoría bajo condiciones de laboratorio de las especies de mariposa utilizadas como modelo de cría?
- e. ¿Cuánto dura cada uno de los estadios del ciclo de desarrollo bajo condiciones de laboratorio de las especies de mariposa utilizadas como modelo de cría?
- f. ¿Cuál es la tasa de supervivencia en los diferentes estadios de desarrollo de las especies de mariposa utilizadas como modelo de cría?

- g. ¿Cuál es la mortalidad específica por estadio de desarrollo y la mortalidad respecto a la cohorte de las especies de mariposa utilizadas como modelo de cría?
- h. ¿Cuál sistema de cría de mariposas es el más recomendable para la zona de estudio?
- i. ¿Un proyecto de cría de mariposas con fines comerciales es sostenible biológica, social y económicamente en la zona de estudio?

3.3 Justificación.

Con el creciente interés hoy en día por conservar las últimas selvas tropicales remanentes del mundo, hay preocupación por el incremento de la explotación maderera y por la transformación de los bosques en pastura o agroecosistemas que se viene llevando a cabo indiscriminadamente en estos países. Sólo en Colombia se destruyen y talan anualmente 800.000 hectáreas de bosque sin control alguno (Constantino 1996). Para la Amazonía Colombiana, Etter (1992) encuentra cuatro tipos generales de formas de intervención que afectan la cobertura vegetal, diferentes a las actividades de caza y pesca, con base en las características de grado y escala de alteración de los ecosistemas y de los recursos utilizados: colonización agropecuaria de áreas forestales, colonización extractiva de productos forestales, asentamientos indígenas con agricultura migratoria y colonización de sabanas naturales para ganadería extensiva y minería.

Adicionalmente en la zona se encuentran otros problemas de carácter social, tales como la presencia de guerrilla y plantación de cultivos ilícitos, los cuales, ante la ausencia total de otras fuentes de ingreso, se han convertido en sus actuales alternativas económicas, contribuyendo aún más a la deforestación de los bosques para cultivar coca e incluso, se ha iniciado la introducción de ganadería.

Para evitar que se continúe con la tala y destrucción de las selvas se hace necesario ofrecer tanto a los colonos como a los nativos alternativas distintas que les permitan generar ingresos económicos adicionales, minimizando la presión de extracción sobre el bosque.

Una de estas alternativas viables para el manejo racional de los bosques húmedos es la cría de mariposas ornamentales, la cual es una actividad conservacionista económicamente rentable. En adición, hacer que las comunidades alcancen un mejor nivel de vida a través de la cría de mariposas, como elemento prioritario, favorecerá el que estas vean y encuentren el valor de conservación del bosque y como consecuencia lo protejan (Fundación Herencia Verde 1997). Específicamente para las

comunidades indígenas del Medio Caquetá, como Peña Roja, la cría les puede proporcionar un incentivo económico adicional.

Dado lo anterior, se inició con este proyecto un proceso de investigación participativa con los habitantes de la comunidad indígena de Peña Roja, con el fin de determinar la factibilidad de la cría de mariposas con fin económico específicamente para esta zona, teniendo en cuenta, además, las características sociales y culturales de la comunidad y sus necesidades económicas para, a mediano plazo, iniciar el proceso de cría de mariposas con potencial económico dentro de la comunidad.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general.

Evaluar la viabilidad de la cría de mariposas ornamentales con potencial económico como alternativa de uso sostenible de los ecosistemas de entorno de la Comunidad Indígena de Peña Roja, Amazonía Colombiana.

4.2 Objetivos específicos.

1. Realizar un inventario preliminar de las especies de mariposas con potencial económico y sus plantas hospederas locales en el área de estudio.
2. Elegir una especie con potencial económico como modelo exploratorio para la identificación de las ventajas y problemas que genere un proceso de cría comercial en el área de estudio.
3. Definir las plantas hospederas, hábitos de oviposición y hábitos de herbivoría en campo de la especie seleccionada en el área de estudio.
4. Determinar la duración, tasas de herbivoría, factores de mortalidad y tasa de supervivencia de cada estadio del ciclo de desarrollo de la especie seleccionada bajo condiciones de laboratorio.
5. Optimizar en lo posible el proceso de cría bajo condiciones de laboratorio.
6. Realizar un estudio de factibilidad económica para la especie seleccionada.
7. Involucrar a la Comunidad de Peña Roja con el proceso de cría de mariposas y analizar el impacto que tenga sobre sus patrones culturales.

5. MATERIALES Y MÉTODOS.

5.1 Diseño experimental.

5.1.1 Población de estudio y muestra.

La población a estudiar fueron las mariposas de interés económico presentes en el área manejada por la Comunidad Indígena de Peña Roja, localizada en la cuenca media del río Caquetá, entre los $0^{\circ} 39'$ de latitud sur y los $72^{\circ} 06'$ de longitud al oeste de Greenweech (Figura 4).



Figura 4. Ubicación del área de estudio.

Esta comunidad se encuentra conformada principalmente por familias de la etnia Nonuya, y también existen otras pertenecientes a las etnias Miraña, Paky, Matapí, Huitoto, Yukuna, Cubeo, Bora y Tucano.

El clima en el área se clasifica como ecuatorial superhúmedo con una temperatura promedio de 26°C y una precipitación anual que alcanza los 3000 mm. De diciembre

a marzo se presenta un período relativamente seco aunque siempre con una precipitación promedia mensual mayor de 50 mm. Los períodos más lluviosos son de abril a junio y de septiembre a noviembre. Según el sistema de Holdridge, el área se clasifica como bosque húmedo tropical (bh-T). La mayor parte del área de estudio alcanza una altitud de 200-270 m (Martínez & Galeano 1994).

Es importante anotar que en esta zona se encuentran la mayoría de las unidades geomorfológicas reportadas para el Medio Caquetá. Estos sistemas de paisajes presentes en Peña Roja son los siguientes (Duivenvoorden & Lips 1993):

- a. Plano aluvial del Río Caquetá con inundación frecuente.
- b. Plano aluvial del Río Caquetá con inundación esporádica.
- c. Terrazas bajas del Río Caquetá.
- d. Terrazas altas del Río Caquetá.
- e. Plano de inundación de los ríos Amazónicos de aguas claras.
- f. Plano Sedimentarios terciario.

Para la fase preliminar de esta investigación se muestreo en todas los anteriores sistemas de paisajes. La fase formal de toma de datos se llevó a cabo en Terrazas bajas del Río Caquetá.

A partir del listado preliminar de mariposas con potencial económico encontradas en la zona de estudio se seleccionó como objeto de estudio a *Heraclides anchisiades anchisiades* (Esper 1788), por ser la mariposa que presentó un número de posturas y tasas de supervivencia numéricamente analizables.

5.1.2 Variables de estudio.

Las variables a estudiar del ciclo de vida de la mariposa seleccionada como modelo exploratorio fueron las siguientes:

5.1.2.1 Plantas hospederas

En campo se observaron las plantas utilizadas por las mariposas hembras para ovipositar. A estas plantas y las de especies relacionadas, se les realizó un seguimiento diario para buscar nuevas posturas, de las cuales se registró su ubicación en la planta y sus características.

5.1.2.2 Ciclo de desarrollo

Para cada estadio del ciclo de desarrollo (huevo, oruga y pupa) se realizaron descripciones cualitativas y medidas cuantitativas.

5.1.2.3 Identificación de enemigos naturales.

Para cada estadio del ciclo de vida se realizaron anotaciones de los parásitos y depredadores observados. El conocimiento de los enemigos naturales por estadio permite generar estrategias eficaces para reducir la mortalidad causada por este factor, y así optimizar el sistema de cría con el fin de obtener una mayor cantidad de individuos adultos para comercializar.

5.1.2.4 Hábitos de oviposición.

Para los análisis de los hábitos de oviposición de las hembras se realizaron en campo observaciones de la ubicación y características de las posturas encontradas sobre las plantas hospederas específicas, además del conteo del número de huevos encontrados por postura.

5.1.2.5 Tasa de supervivencia (lx)

Se registró el número de individuos que llegaban a cada uno de los estadios de desarrollo bajo condiciones de laboratorio, con el fin de calcular la producción promedio que se obtendría del proceso de cría.

5.1.2.6 Tasas de mortalidad (q_x y d_x)

Se analizó la mortalidad específica por cada estadio de desarrollo (q_x) para observar cual estadio es el más crítico, y por ende, requiere mayor cuidado para la cría; y la mortalidad respecto a la cohorte (d_x), para conocer el comportamiento de la población bajo condiciones de laboratorio.

5.1.2.7 Longevidad de cada estadio

Se llevaron a cabo anotaciones de la duración de cada estadio de desarrollo a partir de las orugas provenientes de las posturas colectadas y llevadas a laboratorio; para los ínstaes la duración se tomo basándose en la muda.

5.1.2.8 Hábitos y tasas de herbivoría.

Tanto en campo como en laboratorio se realizaron observaciones de los hábitos de herbivoría de las orugas. En laboratorio, se midió el área foliar consumida por oruga, a partir de individuos provenientes de las posturas colectadas; esto con el fin de conocer la cantidad de material vegetal que necesita consumir una oruga para alcanzar su estadio adulto, lo cual es información necesaria para el proceso de cría.

5.2 Métodos.

5.2.1 Fase preliminar

En esta fase, llevada a cabo durante agosto de 1999, se colectaron mariposas con el fin de identificar la lepidopterofauna presente en la zona de estudio y seleccionar aquellas que presentaban potencial económico.

El muestreo y colecta de mariposas se realizó en un período de 26 días utilizando dos métodos simultáneamente: a) Captura mediante jama lepidopterológica y observación visual a lo largo de transectos de longitud no definida y b) Captura mediante trampas con cebo (Fagua, 2000).

Para cada uno de los sistemas de paisajes definidos en el área de estudio se instalaron en total 25 trampas VanSorem-Rydon, una cada 50 m a lo largo de 3 transectos de 250 m y otro de 300 m. Las trampas se colocaron a diferentes alturas (1 m, 3 m y más de 3m) y se cambiaban de sitio cada dos días, para lograr así una mayor cobertura en el muestreo. Se utilizaron diferentes tipos de cebo, entre ellos frutas podridas, orina, excrementos y pescado podrido, los cuales se depositaban en las trampas todos los días de 7 a 8 am. Las trampas se revisaron cada 3 horas entre las 8 am y las 4 pm (a esta hora se cerraban las trampas), lo cual representa un esfuerzo de captura de 200 horas por día y un total de 5200 horas para la totalidad de las trampas durante el período de muestreo. En este método de captura, se toma cada trampa como unidad de muestreo (Fagua, 2000).

El jameo se realizó principalmente a lo largo de trochas y curso de quebradas durante el tiempo entre las revisiones de las trampas. Esta actividad se realizó de 7 am a 12 m y de 1 pm a 4 pm. En las localidades más cercanas a la sede de trabajo de TROPENBOS se realizó un muestreo adicional entre las 5 pm y las 6:30 pm, con el fin de capturar especies de hábitos crepusculares. Para las actividades de captura con jama, observación visual y revisión de trampas se contó con la colaboración de un guía indígena de la comunidad (Fabián Moreno). Dado lo anterior, el total de esfuerzo de captura fue de 416 horas (208 por cada observador) más 39 horas de observación

personal en el muestreo adicional llevado a cabo al final de la tarde. Para este método, captura con jameo, se tomó el día completo como unidad de muestreo. El número máximo de captura por morfotipo fue definido en 4 individuos.

La identificación taxonómica de las especies se realizó con base a las colecciones de referencia del ICN y del Laboratorio de Entomología de la Pontificia Universidad Javeriana y bibliografía (Seitz 1924, DeVries 1987, Vélez & Salazar 1991, Tyler *et al.* 1994). Posteriormente se seleccionaron las especies con potencial económico, con base en una revisión vía internet de la demanda internacional de mariposas tropicales.

5.2.2 Fase formal de toma de datos.

Para esta fase, la cual se llevó a cabo desde febrero hasta julio del año en curso, se seleccionó a la especie *Heraclides anchisiades anchisiades* como modelo exploratorio de la cría, ya que fue la especie que presentó un número de posturas y tasa de sobrevivencia numéricamente analizables. De esta especie se colectaron posturas frescas de las plantas hospederas identificadas y se distribuyeron los huevos en vasos plásticos desechables.

Inicialmente, durante los meses de febrero-abril (época seca), se colocó de a un individuo por vaso plástico y se les suministró material vegetal fresco proveniente de su respectivo hospedero. Durante los meses de mayo a julio se realizó una prueba de dieta, y se colocaron de a tres individuos por vaso, con el fin de observar si así se optimizaba la tasa de supervivencia y por ende, el proceso de cría.

5.2.2.1 Identificación de plantas hospederas

Una vez definida *Heraclides anchisiades anchisiades* se observaron las especies vegetales que la hembra utilizó para la oviposición. En campo se identificaron el mayor número posible de individuos pertenecientes a estas especies vegetales y especies afines, las cuales fueron monitoreadas diariamente en las horas de la mañana, para encontrar nuevas posturas.

Este monitoreo contó con la participación activa de los indígenas de la comunidad, quienes reconocen la hembra de la mariposa de estudio, gracias a que las plantas hospederas de la especie se encuentran sembradas alrededor de sus viviendas, lo cual les facilitaba el seguimiento.

Finalmente, a las hospederas utilizadas y las potenciales se les midió altura, DAP, número estimado de hojas, características de la corteza viva y muerta, y estado fenológico (follaje, fruto, flor; Anexo 1) y se realizaron sus respectivas colecciones botánicas, las cuales fueron depositadas en el Herbario Amazónico (COAH) del Sinchi y Herbario de la Pontificia Universidad Javeriana (HPUJ) con sus respectivas etiquetas de colección.

5.2.2.2 Descripción de estadios de desarrollo

Se realizaron descripciones detalladas de cada estadio de desarrollo de la mariposa. Para el estadio de huevo se tuvo en cuenta su coloración, diámetro y características generales. Para cada ínstar se anotaron su color, longitud corporal, medida y coloración de la cápsula cefálica, las cuales fueron colectadas en Alcohol de 70° para su posterior medición. Para el estadio de pupa se registró su coloración y longitud.

5.2.2.3 Identificación de enemigos naturales.

Se observó si se encontraban parásitos, parasitoides y depredadores de los diferentes estadios de desarrollo. Para el caso de los parásitoides y depredadores invertebrados se realizaron colecciones en alcohol de 70° para su posterior identificación en el Laboratorio de Entomología de la Pontificia Universidad Javeriana.

5.2.2.4 Hábitos de oviposición

En campo se realizó el seguimiento de la hembra para observar y registrar el comportamiento de oviposición, contabilizando, además, el tiempo total empleado por postura. Posteriormente se contabilizó el número de huevos colocados, y las características y ubicación de la postura con referencia a la hoja y al árbol en general (basal, media o apical), observando si se encontraba en una zona de luz frecuente o a la sombra.

5.2.2.5 Tasas de supervivencia (l_x)

A partir del número total de huevos colectados, se llevó el registro de la cantidad de individuos que eclosionaron, que pasaron a cada instar, a pupa y de ahí a adulto. Estos datos fueron trabajados como probabilidades (l_x) con el fin de poder establecer comparaciones entre las tasas de supervivencia obtenidas para los diferentes hospederos y para cada época de estudio en particular.

5.2.2.6 Mortalidad (q_x y d_x)

Al igual que para las tasas de supervivencia, a partir del N por cada estadio de desarrollo se realizaron cálculos de la mortalidad específica por estadio (q_x) y respecto de la cohorte (d_x), los cuales también se compararon de acuerdo el hospedero y la época de estudio.

5.2.2.7 Duración de cada estadio.

A cada individuo se le llevó un registro del número de días por cada estadio de desarrollo bajo condiciones de laboratorio; se promedió la duración de cada estadio para cada dieta y para cada época con el fin de establecer comparaciones en la duración de acuerdo a estos factores. Los cambios de un estadio a otro se determinaron por la muda, dejando la cápsula cefálica como testigo conservada en alcohol al 70% para medirla posteriormente.

5.2.2.8 Hábitos y tasas de herbivoría

De acuerdo a la metodología trabajada por Fagua & Ruiz (1993), se colectaron las posturas junto con la parte de la planta sobre las que se encontraron en vasos plásticos desechables cubiertos con película de papel vinilo; los extremos seccionados de las plantas se cubrieron con algodón humedecido para retardar su deshidratación.

En campo se realizaron anotaciones sobre los hábitos de herbivoría de las orugas y se colectó material vegetal fresco para suministrarles a las orugas en el laboratorio. Para determinar las tasas de herbivoría específicas se observó el consumo promedio por individuo durante su desarrollo larval y se analizó lo que este equivale en comparación a la planta. Para estimar la tasa de herbivoría diaria se realizaron dibujos en papel milimetrado del área foliar consumida por individuo. Estos registros se realizaron en horas de la mañana.

Las orugas próximas a empupar, o prepupas, las cuales se reconocen porque al poco tiempo de su última muda de piel la oruga deja de comer, permanecen inmóviles durante dos días, y se tornan de coloración más pálida, se trasladaron a jaulas de madera forradas en tela tulle para el empupado (sin embargo, la mayoría de orugas empuparon dentro del mismo vaso plástico). Las jaulas de empupado miden 80 x 80 cm de base por un metro de altura y tienen una puerta para manipular los especímenes. Estas jaulas se ubicaron en la sombra y en sitios frescos, resguardados de la lluvia y en su interior se colocaron soportes cruzados en alambre delgado. Se tuvo en cuenta que las pupas quedarán colgadas porque la mariposa recién nacida necesita extender y secar sus alas, de lo contrario se atrofian y salen deformes. Las jaulas de eclosión estuvieron protegidas para evitar la presencia de hormigas y arañas. Para evitar las hormigas, las patas de la jaula o de las mesas donde se encuentran las jaulas o cajas, se colocaron en el centro de platos con aceite o con agua jabonosa. Para evitar la desecación de las pupas, estas se regaron con aspersión fina de agua, 2 veces por semana, evitando aplicar agua en exceso, debido a que esto predispone a las pupas al ataque de hongos que pueden destruirlas (Constantino 1996). En laboratorio se determinó el área foliar consumida por instar a partir de los dibujos en papel milimetrado.

5.2.2.9 Evaluación de la sostenibilidad de la cría de mariposas en la Comunidad Indígena de Peña Roja

Con el fin de analizar la factibilidad del proyecto de cría de mariposas en esta comunidad indígena, se analizaron los tres criterios de selección para evaluar la sostenibilidad del proyecto de cría como se detalla a continuación.

5.2.2.9.1 Criterios biológicos

Para el manejo y producción de mariposas se requiere del conocimiento de la biología de las especies a criar, especialmente la relación con sus plantas hospederas, índices de herbivoría para completar el ciclo de vida larval, enemigos naturales, tasas de oviposición y tasas de supervivencia. Todos los anteriores parámetros fueron analizados en su totalidad para la especie seleccionada, *Heraclides anchisiades anchisiades*.

5.2.2.9.2 Criterios económicos

Desde el punto de vista económico el proyecto de cría de *Heraclides anchisiades anchisiades* se evaluó a partir de un análisis costo-beneficio (análisis de rentabilidad). Este análisis se basó en los resultados obtenidos a partir del experimento de cría realizado en el presente proyecto, ya que se tuvo en cuenta la información obtenida acerca del ciclo de desarrollo de la especie tomada como modelo experimental, en especial los datos obtenidos de número de huevos por postura, número de posturas viables colectadas y tasa de supervivencia, a partir de los cuales se estimó la producción anual de mariposas. Adicionalmente se trabajó con base a los costos de los materiales requeridos durante el curso de la investigación para la cría de las orugas. El análisis se proyecta a 5 años, agrupándose los datos obtenidos de forma anual.

5.2.2.9.3 Criterios sociales

Para los indígenas, los animales, así como el resto de la naturaleza, pertenecen al ámbito de la cultura (Van der Hammen 1992), por lo que se tuvo en cuenta los

patrones culturales de la Comunidad de Peña Roja para entender las acciones sobre ella, con el fin de evaluar los posibles impactos culturales que generaría el proyecto de cría de mariposas con fines comerciales a esta comunidad. Adicionalmente, se tuvo en cuenta las actuales condiciones sociales y de orden público de la región que pueden afectar de manera directa el proceso de cría y comercialización de las mariposas para así proponer el sistema de cría mas adecuado para la zona de estudio.

5.3 Recolección de la información.

5.3.1 Fase preliminar.

Los individuos capturados se depositaron en sobres de papel milano blanco, registrándose para cada mariposa los datos de colección. Estos datos también se registraban en la libreta de campo, junto con el respectivo dibujo de las alas anterior y posterior en posición dorsal, y en algunos casos se dibujó también la coloración de las alas ventralmente. También se registró la actividad que realizaba el animal sacrificado al momento de su captura, el número de observaciones por morfotipo, hábitos de vuelo, entre otros. Todas las mariposas se expusieron al sol un día o más (de acuerdo a la humedad del espécimen) y se guardaron en una caja de plástico con naftalina para disminuir la posibilidad de infección por hongos.

Las mariposas colectadas fueron montadas y posteriormente determinadas en la Unidad de Entomología del Instituto de Ciencia Naturales (ICN) de la Universidad Nacional de Colombia, con la colaboración de Jaime Alberto Alvarez (curador encargado de la colección de Lepidópteros) y en el Laboratorio de Entomología de la Pontificia Universidad Javeriana, con la colaboración de Giovanny Fagua. A cada ejemplar se le colocó su respectiva etiqueta con los datos de campo.

5.3.2 Fase formal de toma de datos.

Se registraron en un Formato de Colección (Anexo 2) los datos de colección en campo para posturas y orugas, su localización en la planta hospedera, hábito de

oviposición y de herbivoría, características de la postura, número de huevos y presencia de enemigos naturales.

Para el seguimiento de las orugas en laboratorio se registraron los datos de la oruga (instar, medida corporal, medidas de la cápsula cefálica) y de la herbivoría en un Formato de Laboratorio (Anexo 3), para cada individuo, con sus respectivos dibujos del área foliar consumida en papel milimetrado. Posteriormente el área foliar fue medida utilizando el equipo “Portable area meter”, marca Li-COR, modelo Lf-3000.

Las variables de diámetro de los huevos, longitud corporal de cada oruga por instar, largo y ancho de cápsula cefálica, y longitud de la pupa fueron medidos con calibrador, y expresados en mm.

5.3.3 Trabajo y difusión del proyecto con la comunidad.

Se llevaron a cabo reuniones con los miembros del consejo de ancianos de la comunidad, gobernador y con los dueños de la maloca, en las cuales se dio a conocer el objetivo del trabajo y las expectativas de ellos referentes al mismo, y los planes futuros del proyecto.

Adicionalmente, desde el inicio del proyecto se ha planteado que los resultados de la investigación serán socializados con la comunidad en espacios tradicionales de diálogo y reflexión, así como articulados a procesos educativos y de organización a escala local (Instituto Humboldt 1999).

También se ha planteado apoyar el proceso de recuperación del conocimiento tradicional indígena de las mariposas y su biología, especialmente sus relaciones con los hospederos, lo cual favorecerá además el estudio de la biología de otras especies de interés económico.

5.4 Análisis de información.

Se realizaron las siguientes pruebas estadísticas no paramétricas (Siegel & Castellan 1995, Fowler & Cohen 1992):

- a. Para el análisis del número de huevos por postura según el hospedero se realizó una Prueba U de Wilcoxon-Mann-Whitney.
- b. Las tasas de supervivencia (l_x) y de mortalidad (q_x y d_x) según el hospedero y según la época de estudio, fueron analizados por medio de una Prueba de rangos asociados a Wilcoxon.
- c. La duración entre estadios según el hospedero y según la época de estudio, se analizó por medio de una Prueba de Signos.
- d. Finalmente, los resultados obtenidos de área foliar consumida, de acuerdo al hospedero y según la época, fueron comparados por medio de la Prueba Kolmogorov-Smirnov para dos muestras.

Para el estudio de la sostenibilidad económica del proyecto de cría de la especie de mariposa seleccionada se realizó un análisis de rentabilidad de la cría proyectado a 5 años utilizando como herramienta la fórmula financiera TIR calculada en EXCEL.

6. RESULTADOS

6.1 Fase preliminar

Durante el período comprendido entre el 3 de Agosto y el 3 de Septiembre del año 1999 se llevó a cabo la fase preliminar.

Se colectaron en total 81 individuos de mariposas diurnas (Lepidoptera: Rophalocera) pertenecientes a 5 familias (Figura 5), 44 géneros y 53 especies (Tabla 1).

De acuerdo al análisis económico realizado por el Instituto Humboldt acerca del mercado y demanda mundial de mariposas (Moreno 1998) y Constantino (com. vía correo electrónico), las especies con potencial económico para la zona estudiada (Anexo 4) y los hospederos registrados en literatura presentes en la zona de estudio se presentan en la Tabla 2.

Tabla 1. Lista de las especies de lepidópteros diurnos colectados en la Comunidad de Peña Roja entre el 3 de Agosto y 3 de Septiembre, 1999. H= Hembra. M= Macho.

FAMILIA	SUBFAMILIA	ESPECIE
Hesperiidae		<i>Urbanus</i> cf. <i>herophilus</i>
Papilionidae	Papilioninae	<i>Eurytides dolicaon deileon</i> Felder & Felder, 1865 <i>Heraclides anchisiades anchisiades</i> (Esper, 1788) <i>Heraclides thoas cinyrias</i> (Menetries, 1857) <i>Mimoides pausanias</i> (Hewitson, 1852) <i>Mimoides xynias trapeza</i> (Hewitson, 1875) <i>Protesilaus aguiari</i> (D'Almeida, 1937)
Pieridae	Coliadinae	<i>Anteos menippe</i> (Hübner, 1818) <i>Aphrissa statira</i> (Cramer, 1777) <i>Eurema venusta</i> (Boisduval, 1836) <i>Phoebis argante</i> (Fabricius, 1775) (M)
	Pierinae	<i>Ascia sincera</i> Weym
Riodinidae		<i>Amarynthis meneira micalia</i> (Cramer, 1776) <i>Euribia procula</i> <i>Euribia</i> sp. 1. <i>Euribia</i> sp. 2. <i>Mesosemia</i> sp.

Tabla 1. Continuación.

FAMILIA	SUBFAMILIA	ESPECIE	
Nymphalidae	Apaturinae	<i>Doxocopa kallina</i> (Staudinger, 1885) (M)	
	Brassolinae	<i>Caligo dorhni</i>	
	Heliconiinae		<i>Dryas iulia</i> Fabricius, 1775
			<i>Heliconius astraera rondonia</i> Staudinger, 1896
			<i>Philaethria dido</i> Linnaeus, 1763
	Ithomiinae		<i>Melinaea</i> sp.
			<i>Ithomia</i> cf. <i>salapia</i>
			<i>Napeogenes</i> cf. <i>paraensis</i>
	Morphinae	<i>Morpho menelaus occidentalis</i> (Linnaeus, 1758)	
	Melitaeinae	<i>Eresis clio</i> (M)	
	Nymphalinae		<i>Anartia amathea</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Adelpha erotia</i> Hewitson, 1847
			<i>Baeotus japetus</i> (Staudinger, 1885)
			<i>Callicore cynosura</i> (Doubleday & Hewitson, 1847)
			<i>Catonephele chromis</i> (Doubleday, 1848) (H)
			<i>Colobura dirce</i> Linnaeus, 1758
			<i>Dynamine glauce</i> Bates, 1865
			<i>Eunica bechina</i> (Hewitson, 1862)
			<i>Eunica clytia</i> (Hewitson, 1852)
			<i>Hamadryas belladona</i>
			<i>Hamadryas feronia</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Marpesia chiron</i> (Fabricius, 1775)
			<i>Marpesia petreus</i> (Cramer, 1778)
			<i>Nessaea obrinus</i> (Linnaeus, 1758) (H/M)
			<i>Pycina acheronta</i> (Fabricius, 1775)
			<i>Pyrrhogira neaerea</i>
			<i>Temenis pseudariache</i> (H)
		<i>Tigridia acesta</i> (Linnaeus, 1758)	
Satyrinae			<i>Bia actorion actorion</i> (Linnaeus, 1763)
			<i>Euptychia herse</i> (Cramer, 1775) (H)
		<i>Haetera piera</i> (Linnaeus, 1758)	
		<i>Pierella astyoche</i> (Erichson, 1848)	
		<i>Pierella hortona</i> (Hewitson, 1854)	
		<i>Pierella lena</i> (Linnaeus, 1767)	
		<i>Taygetis andromeda</i>	
	<i>Taygetis xenana xenana</i>		

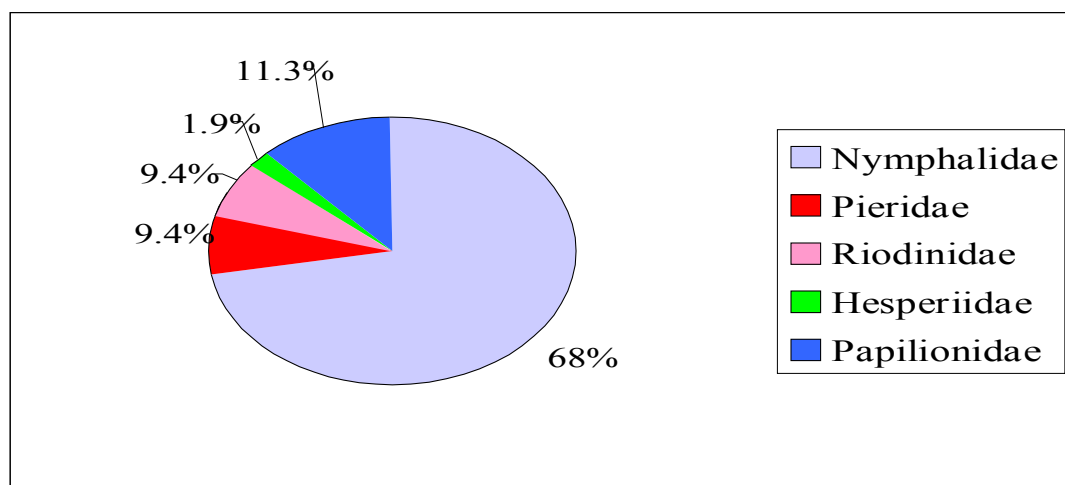


Figura 5. Composición por familias de lepidópteros diurnos colectados entre el 3 de Agosto y 3 de Septiembre (1999) en la Comunidad de Peña Roja.

Tabla 2. Lista preliminar de las especies de mariposas con potencial económico y sus plantas hospederas registradas en literatura presentes en la Comunidad Indígena de Peña Roja.

Especie	Planta hospedera	Familia
PAPILIONIDAE		
<i>Eurytides dolicaon deileon</i>	<i>Guatteria</i> spp.	Annonaceae
	<i>Nectandra</i> spp.	Lauraceae
	<i>Ocotea</i> spp.	Lauraceae
<i>Protesilaus aguiari</i>	<i>Nectandra</i> spp.	Lauraceae
	<i>Annona</i> spp.	Annonaceae
	<i>Rollinia</i> spp.	Annonaceae
<i>Heraclides thoas cinyrias</i>	<i>Piper</i> spp.	Piperaceae
	<i>Citrus</i> spp.	Rutaceae
	<i>Zanthoxylum</i> spp.	Rutaceae
<i>Heraclides anchisiades anchisiades</i>	<i>Citrus limonia</i>	Rutaceae
	<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae
	<i>Citrus reticulata</i>	Rutaceae
NYMPHALIDAE		
<i>Anartia amatheia</i>	<i>Justicia</i> spp.	Acanthaceae
<i>Baeotus japetus</i>	Desconocidas	
<i>Caligo dohrni</i>	<i>Heliconia</i> spp.	Heliconiaceae
	<i>Musa</i> spp.	Musaceae

Tabla 2. Continuación.

Especie	Planta hospedera	Familia
<i>Catonephele chromis</i>	<i>Alchornea latifolia</i>	Euphorbiaceae
<i>Colobura dirce</i>	<i>Cecropia</i> spp.	Cecropiaceae
<i>Dryas iulia</i>	<i>Passiflora auriculata</i>	Passifloraceae
	<i>Passiflora vitifolia</i>	Passifloraceae
<i>Eunica bechina</i>	<i>Caryocar</i> spp.	Caryocaraceae
<i>Eunica clytia</i>	Desconocidas	
<i>Haetera piera</i>	<i>Spathiphyllum</i> spp.	Araceae
<i>Hamadryas belladona</i>		Euphorbiaceae
<i>Hamadryas feronia</i>		Euphorbiaceae
<i>Heliconius astraea rondonia</i>	<i>Passiflora</i> spp.	Passifloraceae
<i>Marpesia petreus</i>	<i>Ficus</i> spp.	Moraceae
	<i>Anacardium</i> spp.	Anacardiaceae
	<i>Inga</i> spp.	Mimosaceae
<i>Morpho menelaus occidentalis</i>	<i>Machaerium</i> spp.	Fabaceae
	<i>Pterocarpus</i> spp.	Fabaceae
	<i>Lonchocarpus</i> spp.	Fabaceae
	<i>Swartzia</i> spp.	Fabaceae
	<i>Mucuna</i> spp.	Fabaceae
	<i>Dalbergia</i> spp.	Fabaceae
	<i>Paragonia</i> spp.	Bignoniaceae
<i>Philaetria dido</i>	<i>Passiflora vitifolia</i>	Passifloraceae
<i>Pierella astyoche</i>	<i>Heliconia</i> spp.	Heliconiaceae
<i>Pierella hortonae</i>	<i>Heliconia</i> spp.	Heliconiaceae
<i>Pierella lena</i>	<i>Heliconia</i> spp.	Heliconiaceae
PIERIDAE		
<i>Anteos menippe</i>		Caesalpinaceae

Adicionalmente, durante los meses de febrero a julio se colectaron orugas de últimos estadios y pupas de las siguientes mariposas:

a. *Colobura dirce*: 36 orugas gregarias colectadas en *Cecropia ficifolia* Warburg ex Snethlage (Cecropiaceae), las cuales empuparon y eclosionaron sincrónicamente. Se observó al ave *Monasa culminatus* (Bucconidae) depredando las orugas. Esta especie de mariposa es de interés económico (Figura 27).

b. 15 orugas pertenecientes a la familia Satyrinae colectadas en “laurel de pescado” a orillas del Río Caquetá. Todas empuparon y eclosionaron sincrónicamente.

- c. *Chilomima clarkei*: Oruga colectada en *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae).
- d. *Heliconius numata silvana* (Stoll): Pupa colectada en *Erythroxylum coca* Lamarck var. *Ipadu* Plowman (Erythroxylaceae) en chagra. Esta mariposa es de interés económico.
- e. Pupa de Satyridae colectada en *Urera caracasana* (Jacquib) Grisebach (Urticaceae).

También en ese mismo período se colectaron adultos de las siguientes especies de mariposas de interés económico:

- a. *Battus bellus* (Kramer, 1977).
- b. *Heliconius doris*.
- c. *Heliconius sara*.
- d. *Parides lysander* Kramer *.
- e. *Historis odius* (Fabricius, 1775)*.
- f. *Callicore excelsior* Hewitson, 1857 *.

*Mariposas enviadas por Ezequiel Ayarce, Octubre del 2000, colectadas en la Comunidad Indígena de Peña Roja.

En resumen, de las 63 especies colectadas a lo largo de toda la investigación, 30 especies (47.15 %) son de interés comercial, siendo estas especies, por consiguiente, las de interés para el presente estudio.

6.2 Fase formal de toma de datos

Como se mencionó anteriormente, la especie seleccionada como modelo exploratorio de cría fue *Heraclides anchisiades anchisiades*, debido a que fue la especie que presentó un número de posturas y tasas de supervivencia numéricamente analizables.

6.2.1 Plantas hospederas

Los hospederos encontrados para la especie pertenecen a la familia Rutaceae, según registros de literatura (DeVries 1987, Tyler *et al.* 1994, Brown *et al.* 1995, Nishida 1995, Constantino 1998). Para la zona se encontraron posturas de esta especie en *Citrus reticulata* Blanco y *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Figura 6).



Fig. 6. *Citrus reticulata* (Rutaceae).

Para *Citrus reticulata* se muestrearon en total 6 árboles (dentro de los cuales sólo se encontraron posturas en 2 con un total de 1002 huevos), para *Citrus sinensis* 11 árboles (de los cuales 4 árboles tenían posturas con un total de 1127 huevos), y

adicionalmente se monitorearon otras tres especies de Rutáceas presentes en la zona, las cuales son *Citrus limon* (L.) Burm.f. (12 árboles, en dos se encontraron orugas gregarias de 3er. y 5º. instar), *Citrus limetta* Risso (2 árboles, sin huevos ni orugas) y *Zanthoxylum sprucei* (1 árbol, sin huevos ni orugas). En total se encontraron 2129 huevos en sólo 6 árboles, con una densidad aproximada de 354 huevos por hospedero utilizado y de 66 huevos para la totalidad de los hospederos monitoreados. Todas las especies de plantas muestreadas, a excepción de *Zanthoxylum sprucei*, han sido introducidas al área de estudio y son cultivadas por los indígenas de la comunidad alrededor de sus viviendas. El monitoreo a los hospederos y potenciales hospederos inició el 17 de febrero y finalizó el 12 de julio. Adicionalmente, se destaca que se observó a la hembra libando en flores de *Inga* sp. (Mimosaceae).

6.2.2 Descripción de estadios inmaduros

- **Huevo:** Esférico, de color amarillo, cubierto con rayas irregulares de color más oscuro. Diámetro de 0.9 mm. El tiempo de eclosión fue en promedio de 6 días ($n=431$, $S= 1.83$, Rangos= 5-7). Los huevos son colocados de manera gregaria, y a medida que se acerca la eclosión de las orugas se va tornando más oscuros (Figura 7).

- **Orugas:** La oruga de primer instar presenta una coloración café oscura (Figura 8), en segundo instar toma una coloración más anaranjada (Figura 9), durante tercer instar la oruga se torna de un color verde (Figura 10). A partir del cuarto instar la coloración se torna un poco más oscura y aparecen manchas dorsales de color blanco. En quinto instar su color es negro aterciopelado, y las manchas blancas son más grandes y notorias hacia los lados y parte central del cuerpo (Figura 11). La cápsula cefálica en todos los instares es de un color naranja, el cual se torna más oscuro con cada instar.

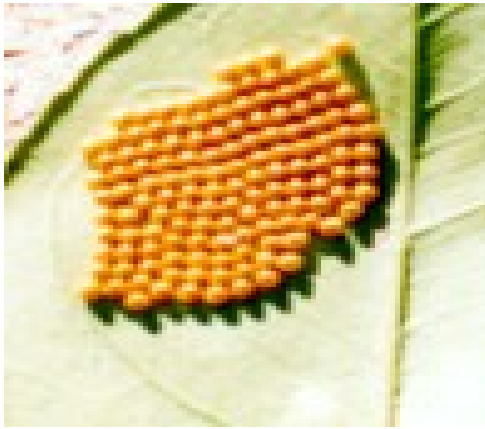
En las tablas 3 y 4 se registran las dimensiones promedio de la cápsula cefálica, longitud de la oruga y duración del período de desarrollo para cada dieta de acuerdo a la época de estudio.

En campo se observó que las orugas se alimentan gregariamente en la noche en todos sus instares, y durante el día se encontraron individuos de 5º. instar descansando en la base del tronco de los árboles, mientras que orugas de tercer y cuarto instar fueron observadas agrupadas en racimo en el ápice de las ramas.

La duración total del estadio larvario fue en promedio de 41 días durante febrero-abril y 31 días durante mayo-julio bajo dieta de *Citrus sinensis*, y con *Citrus reticulata* de 43 días durante febrero-abril y 39 días durante mayo-julio. En prepupa la duración fue siempre de 1 día.

- **Pupa:** De color grisáceo con regiones verdosas, lo cual le confiere una apariencia de liquen. Su longitud promedio es de 3,8 cm (n=25, S= 0.17, Rangos= 3.6-4.1), y una duración promedio en este estadio de 15 días (Figura 12).

La duración del ciclo de desarrollo de *Heraclides anchisiades anchisiades* fue de 62 días durante febrero-abril (n=3, S= 4.93, Rangos= 57-66) y 51 días durante mayo-julio (n=7, S= 2.79, Rangos= 47-55) con dieta de *Citrus sinensis* y con dieta de *Citrus reticulata* fue de 65 días (n=11, S= 3.11, Rangos= 57-67) y 59 días (n=4, S= 2.16, Rangos= 53-58) durante los mismos períodos.



7



8



9



10



11



12

Figuras 7-12. *Heraclides anchisiades anchisiades*. 7) Huevos; 8) Oruga Instar 1; 9) Instar 2; 10) Instar 3; 11) Instar 4° y 5°; 12) Pupa.

Tabla 3. Dimensiones promedio de la cápsula cefálica, longitud de la oruga y duración del período de desarrollo de *Heraclides anchisiades anchisiades* con dieta de *Citrus sinensis*.

Dieta: <i>C. sinensis</i>	Instar 1		Instar 2		Instar 3		Instar 4		Instar 5	
	(Feb-Abr)	(May-Jul)	(Feb-Abr)	(May-Jul)	(Feb-Abr)	(May-Jul)	(Feb-Abr)	(May-Jul)	(Feb-Abr)	(May-Jul)
Largo/ancho de cápsula (mm)	0.88/0,98	0,87/0,93	1,09/1.23	1,25/1,38	1,83/1,85	2,45/2	2,73/2,79	3,21/3,39	3,95/3,92	4,74/4,94
Longitud de la oruga (mm)	2,99	3,43	7,91	7,09	12,63	15	23,89	18,29	37,47	32,93
Tiempo (días)	9	5	8	5	7	5	7	6	10	10
N	28	53	22	16	18	14	15	14	4	12

Tabla 4. Dimensiones promedio de la cápsula cefálica, longitud de la oruga y duración del período de desarrollo de *Heraclides anchisiades anchisiades* con dieta de *Citrus reticulata*.

Dieta: <i>C. reticulata</i>	Instar 1		Instar 2		Instar 3		Instar 4		Instar 5	
	(Feb-Abr)	(May-Jul)	(Feb-Abr)	(May-Jul)	(Feb-Abr)	(May-Jul)	(Feb-Abr)	(May-Jul)	(Feb-Abr)	(May-Jul)
Largo/ancho de cápsula (mm)	0,83/0,94	0,99/0,96	1,06/1,19	1,06/1,2 2	1,94/1,9 8	1,89/2,0 1	2,9/2,9	3,09/3,18	4,36/4,38	4,59/4,6
Longitud de la oruga (mm)	3,28	3,39	8,44	8,19	15,54	12,6	26,04	21,33	41,52	42
Tiempo (días)	8	8	8	8	7	6	8	8	12	9
N	110	24	94	14	62	12	35	9	20	6

6.2.3 Enemigos naturales

Del total de posturas colectadas durante el estudio, (15 posturas colectadas en *Citrus sinensis*, con un total de 1127 huevos y 17 posturas colectadas en *Citrus reticulata* con un total de 1002 huevos), la mayoría de las posturas que no eclosionaron para *C. sinensis* fue debido a la presencia de dos especies de parasitoides de la superfamilia Chalcidoidea, en tanto que para *C. reticulata* la mayor causa de mortalidad de huevos fue el parasitismo por hongos. Además de estos, también se encontraron mirmicinos depredando huevos (Figura 13).

No se observaron en campo enemigos naturales de orugas, sin embargo, en condiciones de laboratorio se tuvo una alta mortalidad de las mismas causada por ataque de bacterias.

6.2.4 Hábitos de Oviposición

Se observó la oviposición tanto en *Citrus reticulata* (Figura 15) como en *Citrus sinensis* (Figura 16), en ambos casos la mariposa adulta escogía por lo general de dos a tres árboles cercanos (de ambas especies) y dentro de un mismo árbol llegaba siempre a las mismas hojas (hasta 3 hojas por cada árbol); sobre estas volaba alternadamente y se posaba pocos segundos sobre cada hoja explorando rápidamente la superficie con sus antenas mientras que con su abdomen tocaba el envés. Finalmente se decidía por una hoja y comenzaba a colocar sus huevos, lo cual duraba en promedio una hora, variando de acuerdo al número de huevos.

Todas las posturas fueron colocadas en el envés de hojas basales jóvenes en el caso de las encontradas en *C. reticulata* y en hojas medias jóvenes en *C. sinensis*. Todas las posturas fueron colocadas en la parte apical de las ramas, protegidos del sol y siempre hacia la derecha de la nervadura principal.

El número de huevos para las posturas encontradas en ambos hospederos era por lo general entre 51 y 60 huevos, encontrándose además diferencias en cuanto al número

de huevos por postura para cada hospedero, observándose que en *C. sinensis* en general es mayor el número de huevos por postura en comparación con *C. reticulata* (Figura 14), aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (Prueba U de Wilcoxon-MannWithney, $U' = 105$, $p < 0.05$).

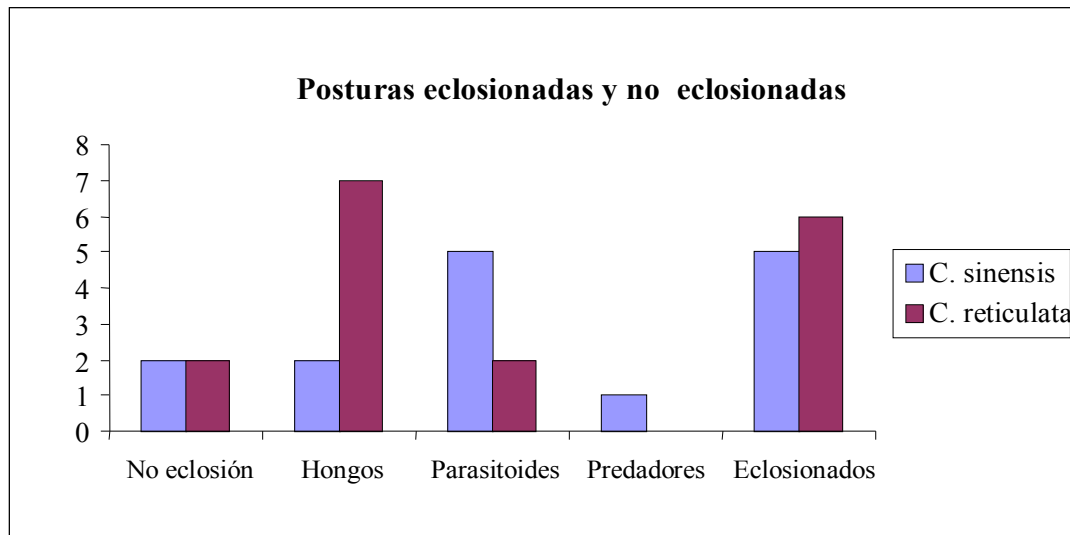


Figura 13. Número de posturas de *Heraclides anchisiades anchisiades* eclosionadas, no eclosionadas, parasitadas o depredadas de acuerdo el hospedero.

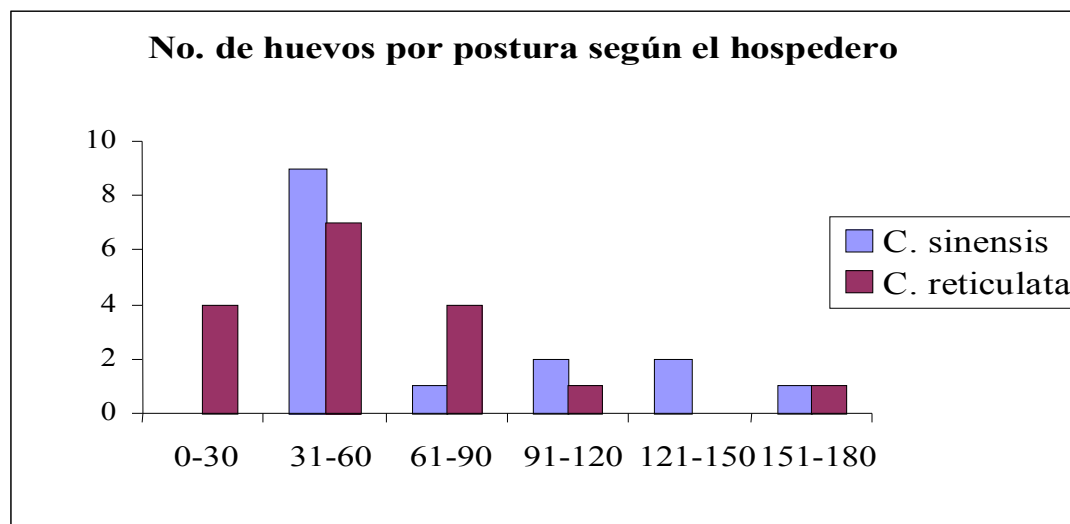


Figura 14. Número de huevos por postura de *Heraclides anchisiades anchisiades* de acuerdo al hospedero.



Figura 15. Oviposición de *Heraclides anchisiades anchisiades* en *Citrus reticulata*.



Figura 16. Oviposición de *Heraclides anchisiades anchisiades* en *Citrus sinensis*.

6.2.5 Tasa de supervivencia (l_x)

Durante los meses de febrero-abril (época seca) se colocó un individuo por vaso, y se les suministró material vegetal fresco proveniente de su hospedero, se observó una mayor tasa de supervivencia(l_x) por estadio en *Citrus reticulata*, logrando que un 6% de individuos de la población inicial llegará a su estadio adulto, mientras que el l_x por estadio bajo dieta de *Citrus sinensis* fue menor y sólo un 2% llegaron a mariposa adulta (Figura 17), aunque las diferencias entre l_x estadísticamente no fueron estadísticamente significativas (Prueba de rangos asociados a Wicolxon, $T=0.031$, $N=6$, $p>0,05$).

Posteriormente, durante los meses de mayo a julio (época húmeda), se colocaron de a tres individuos por vaso y se realizó una prueba de dieta a partir de individuos eclosionados de una postura colectada en *C. sinensis*, a los cuales se les dividió en dos grupos suministrándoles a un grupo *C. sinensis* y al otro *C. reticulata*, con esto se buscó observar si la baja tasa de supervivencia encontrada en los individuos con dieta de *C. sinensis* era debida a un error en la selección de la hembra por esa especie vegetal como hospedero, lo que implicaría que *C. reticulata* es un mejor hospedero para esta mariposa en la zona de estudio. Esta información es muy valiosa en el proceso de optimizar la tasa de supervivencia, objetivo principal de la cría en cautiverio. Bajo este criterio se decidió también colocar tres individuos por vaso dado que, siendo la especie de hábitos gregarios, es probable que al estar en grupo se optimice el consumo del material vegetal, ayudando, además, a reducir los costos y tiempo de manejo empleado en el proceso de cría.

Sin embargo, durante esta prueba, el número de individuos que logró llegar a adulto con dieta de *C. sinensis* aumentó a un 19% y con *C. reticulata* se mantuvo estable (6%), siendo el l_x por estadio significativamente mayor en la dieta de *C. sinensis* (Prueba de rangos asociados a Wicolxon, $T=0.0312$, $N=6$, $p<0.05$, Figura 18).

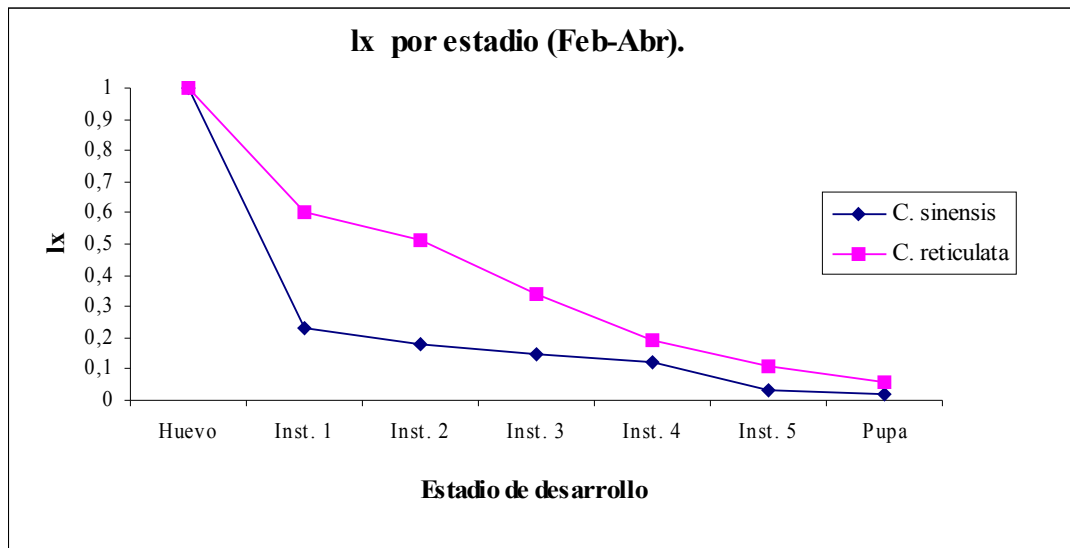


Figura 17. Probabilidad de supervivencia (l_x) por estadio de desarrollo de *Heraclides anchisiades anchisiades* durante febrero-abril, de acuerdo a la dieta (N= 122 para *C. sinensis* y N=183 para *C. reticulata*)

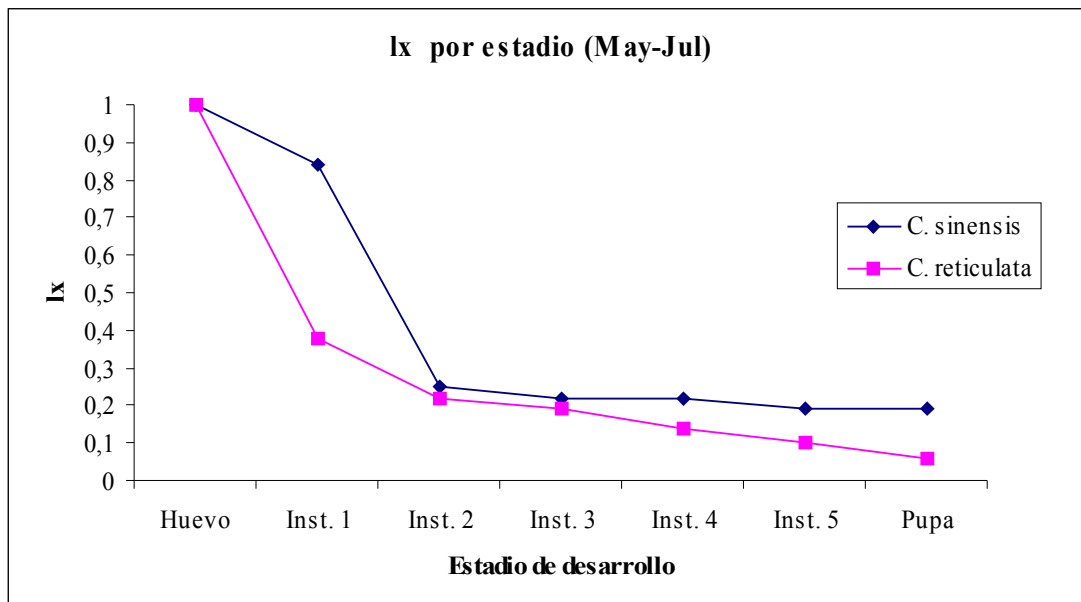


Figura 18. Probabilidad de supervivencia (l_x) por estadio de desarrollo de *Heraclides anchisiades anchisiades* durante mayo-julio, de acuerdo a la dieta (N= 63 para ambos hospederos).

Adicionalmente se compararon las tasas de supervivencia obtenidas con cada hospedero durante las dos épocas, encontrando que para *C. sinensis* existe una diferencia estadísticamente significativa entre las tasas de febrero-abril vs. las de mayo-julio (Prueba de rangos asociados a Wilcoxon, $T=0.0312$, $N=6$, $p<0.05$), mientras que para *C. reticulata* no hay diferencias significativas (Prueba de rangos asociados a Wilcoxon, $T=2$, $N=6$, $p>0.05$)

6.2.6 Mortalidad (q_x y d_x)

Se obtuvieron los q_x de cada estadio para cada una de las dietas (Figuras 19 y 20) según la época de estudio. Posteriormente se realizaron pruebas de Wilcoxon, que indican que no existen diferencias significativas en los q_x al compararse las dietas para cada época ($T=0.8438$ para febrero-abril y $T=0.2188$ para mayo-julio; en ambas pruebas $N=6$ y $p>0.05$). Además se observa que para los individuos bajo dieta de *Citrus sinensis*, los estadios con mayor mortalidad son el huevo e instar 1 (para febrero-abril y mayo julio, respectivamente), mientras que para los individuos con *C. reticulata* durante febrero-abril el estadio más crítico fue el instar 5 y en mayo-julio también fue el huevo.

Adicionalmente se analizó la mortalidad con respecto a la cohorte (d_x) (Figuras 21 y 22), sin encontrarse diferencias significativas en los d_x al comparar las dietas por época (Prueba de Wilcoxon, $T=0.5626$, $N=6$, $p>0.05$ para febrero-abril y $T=0.4376$, $N=5$, $p>0.05$ para mayo-julio) ni al comparar para cada dieta en particular los d_x según la época ($T=0.4376$, $N=5$, $p>0.05$ para *C. sinensis* y $T=0.8438$, $N=6$, $p>0.05$ para *C. reticulata*).

Los tasas de supervivencia (l_x), mortalidad específica por estadio (q_x) y mortalidad respecto a la cohorte (d_x) fueron organizados en tablas de vida de acuerdo al hospedero y según la época de estudio (Ahumada 1999; Anexo 5).

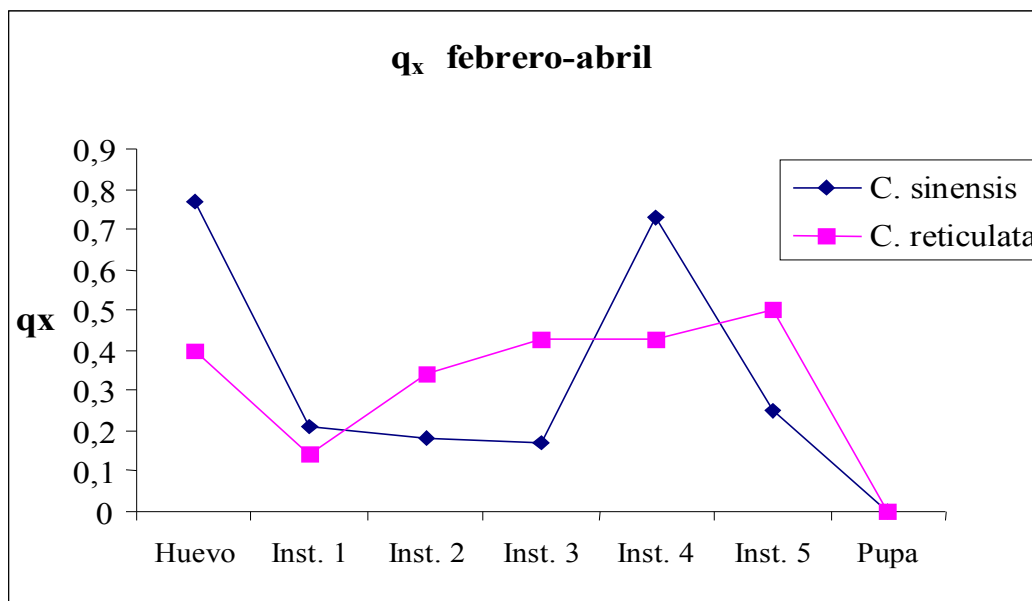


Figura 19. Mortalidad específica por estadio (q_x) de *Heraclides anchisiades anchisiades* según dieta, durante Febrero-Abril.

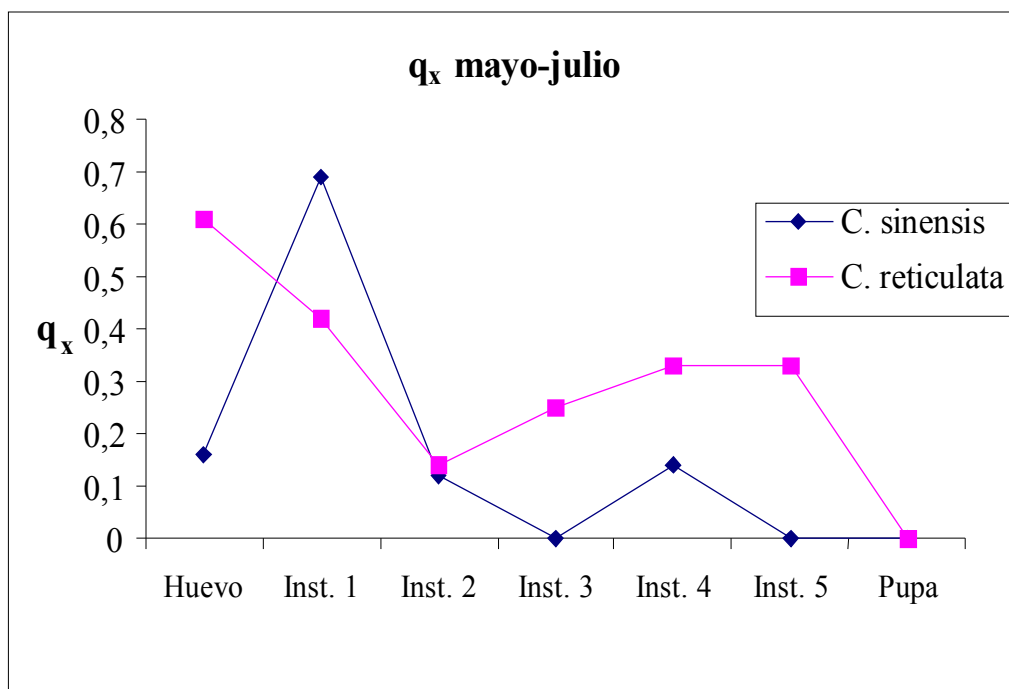


Figura 20. Mortalidad específica por estadio (q_x) de *Heraclides anchisiades anchisiades* según dieta durante Mayo-Julio.

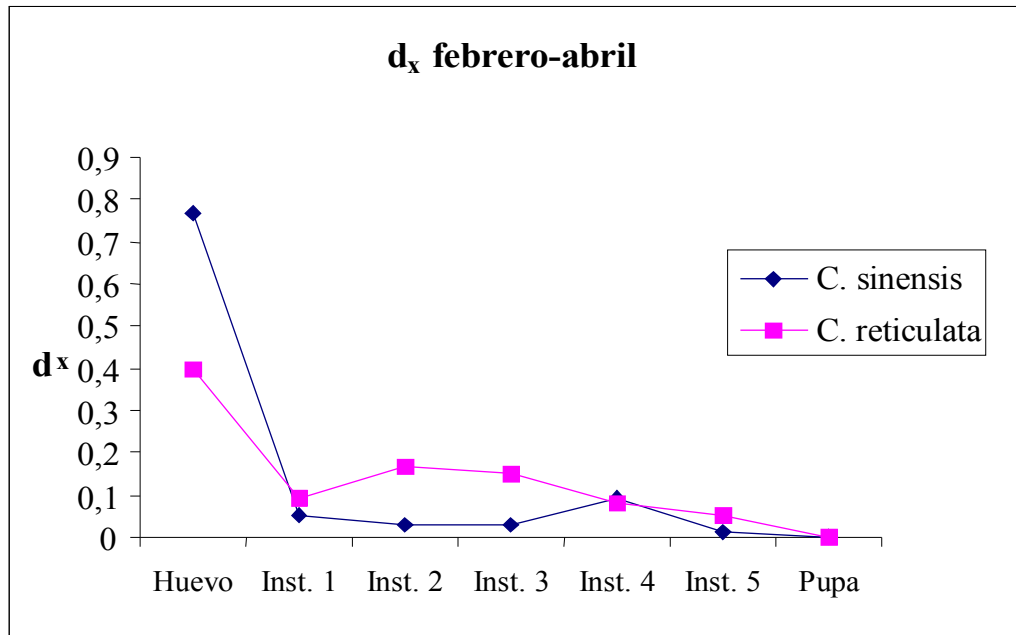


Figura 21. Mortalidad con respecto a la cohorte (dx) de cada estadio de desarrollo de *Heraclides anchisiades anchisiades* de acuerdo a la dieta, durante febrero-abril.

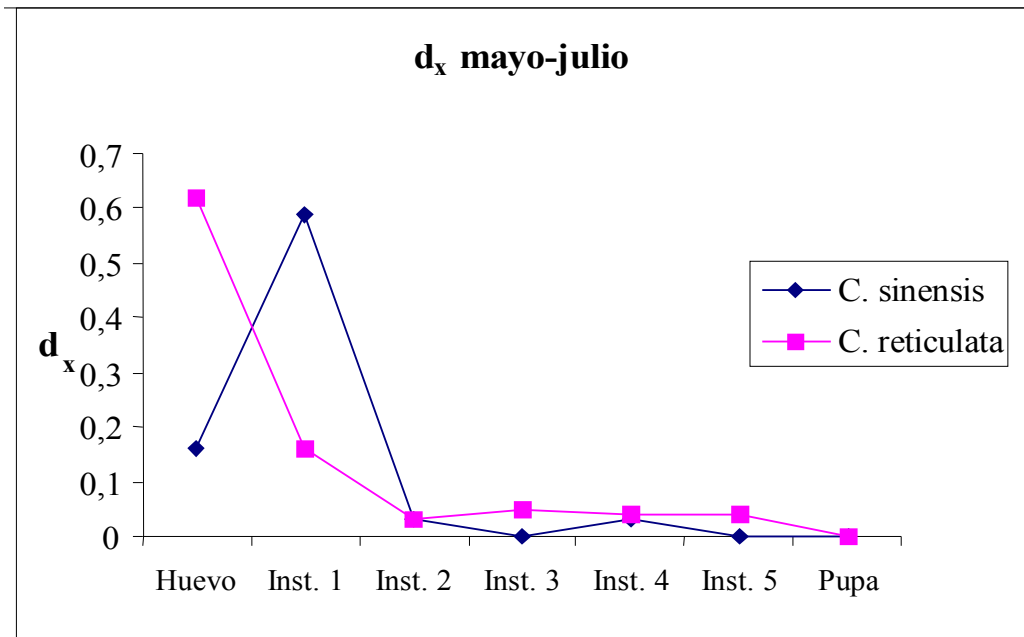


Figura 22. Mortalidad con respecto a la cohorte (dx) de cada estadio de desarrollo de *Heraclides anchisiades anchisiades* de acuerdo a la dieta, durante mayo-julio.

6.2.7 Duración de cada estadio

Los datos revelaron una disminución en la duración total del ciclo de desarrollo de la mariposa en ambas dietas de acuerdo a la época de colecta, teniendo que con *Citrus sinensis* la duración total fue de 62 días durante febrero-abril y de 51 días en mayo-julio; para *Citrus reticulata*, la duración total inicial fue de 66 días y en mayo-julio se redujo a 59 días (Figuras 23 y 24).

Sin embargo, estas diferencias en la duración de cada estadio no fueron significativas al comparar las dietas por épocas (Prueba de signos, $n=5$, $p=0.376$, $p>0.05$ para ambas épocas) ni al comparar para cada dieta en particular según la época ($n=5$, $p=2$, $p>0.05$ para *C. sinensis* y $n=4$, $p=2$, $p>0.05$ para *C. reticulata*).

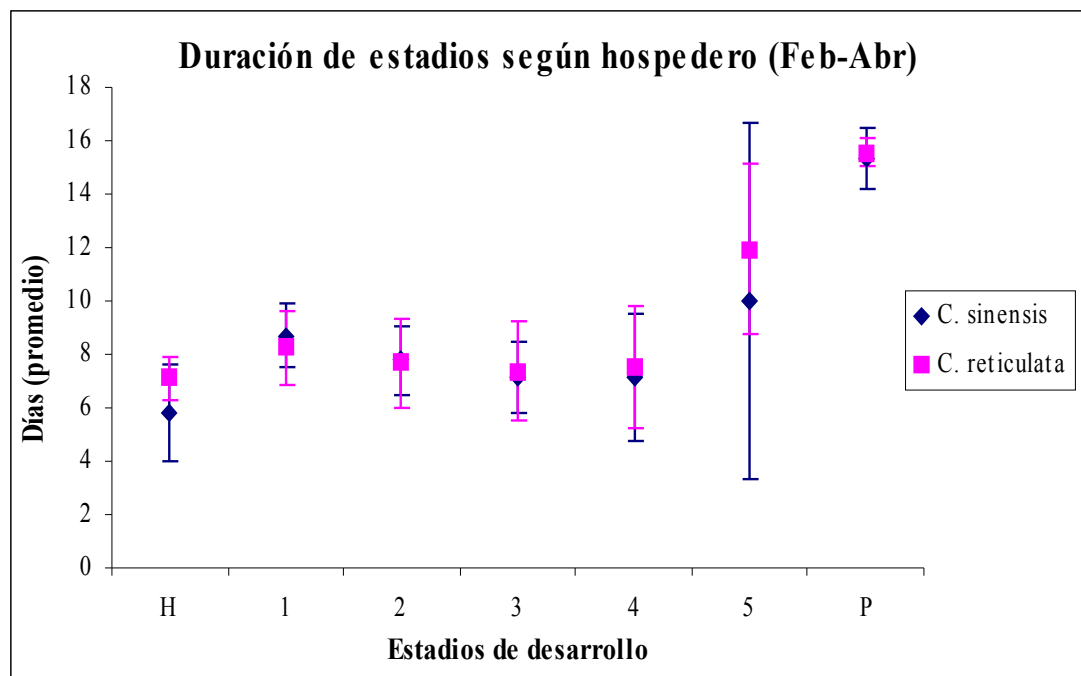


Figura 23. Tiempo de duración entre cada estadio de desarrollo de *Heraclides anchisiades anchisiades* de acuerdo a la dieta durante febrero-abril (H=huevo, 1= Instar 1, 2= Instar2, 3= Instar 3, 4= Instar 4, 5= Instar 5, P= Pupa).

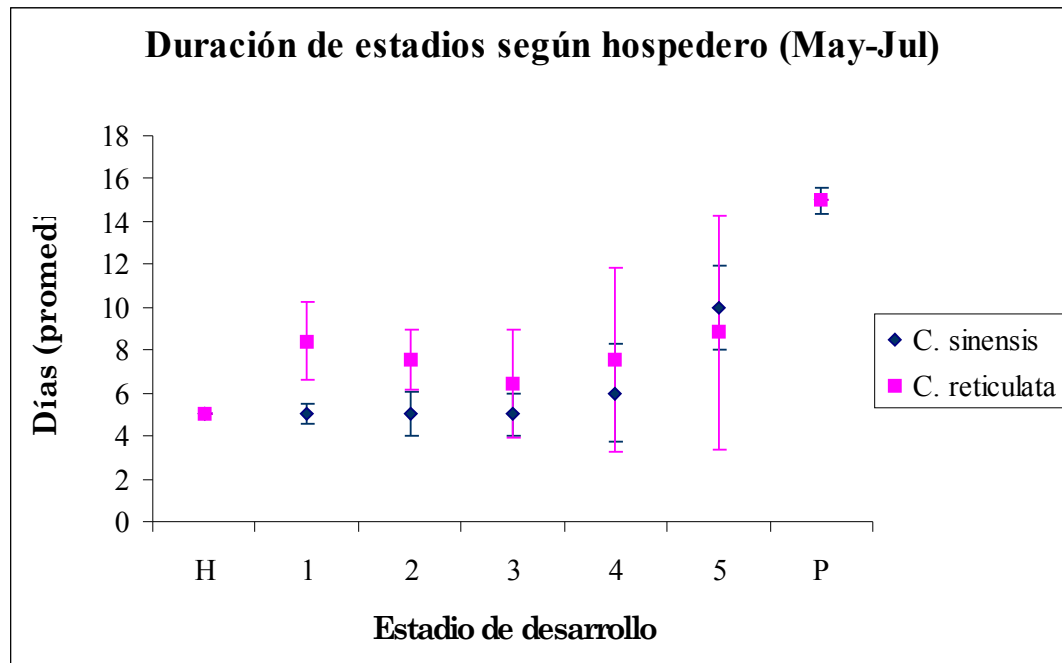


Figura 24. Tiempo de duración entre cada estadio de desarrollo de *Heraclides anchisiades anchisiades* de acuerdo a la dieta durante mayo-julio (H=huevo, 1= Instar 1, 2= Instar2, 3= Instar 3, 4= Instar 4, 5= Instar 5, P= Pupa).

6.2.8 Area foliar consumida

Se observan diferencias estadísticamente significativas entre el consumo por estadio de desarrollo de ambas dietas por época y para cada dieta en particular para el consumo durante febrero-abril en contraste con lo obtenido en mayo-julio (Prueba Kolmogorov-Smirnov para dos muestras, (Dmax=5, para todas las cuatro pruebas, Figuras 25 y 26).

El consumo promedio total de *C. sinensis* fue de 321,94 cm²/oruga durante febrero-abril y 604,54 cm²/oruga durante mayo julio; para *C. reticulata* fue inicialmente de 309.76 cm²/oruga y finalmente en mayo-julio fue de 416.4 cm²/oruga.

Tanto en campo como en laboratorio se observó que las orugas siempre se alimentan durante la noche, y durante el día descansan.

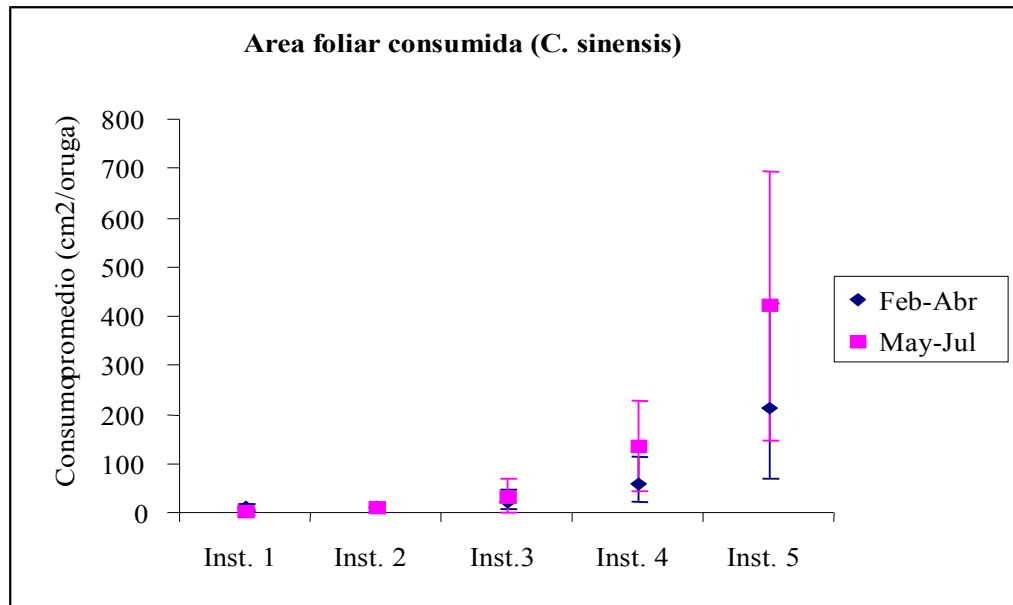


Figura 25. Area foliar consumida (cm^2/oruga) de *Citrus reticulata* por cada estadio de desarrollo de *Heraclides anchisiades anchisiades* durante febrero-abril y mayo-julio.

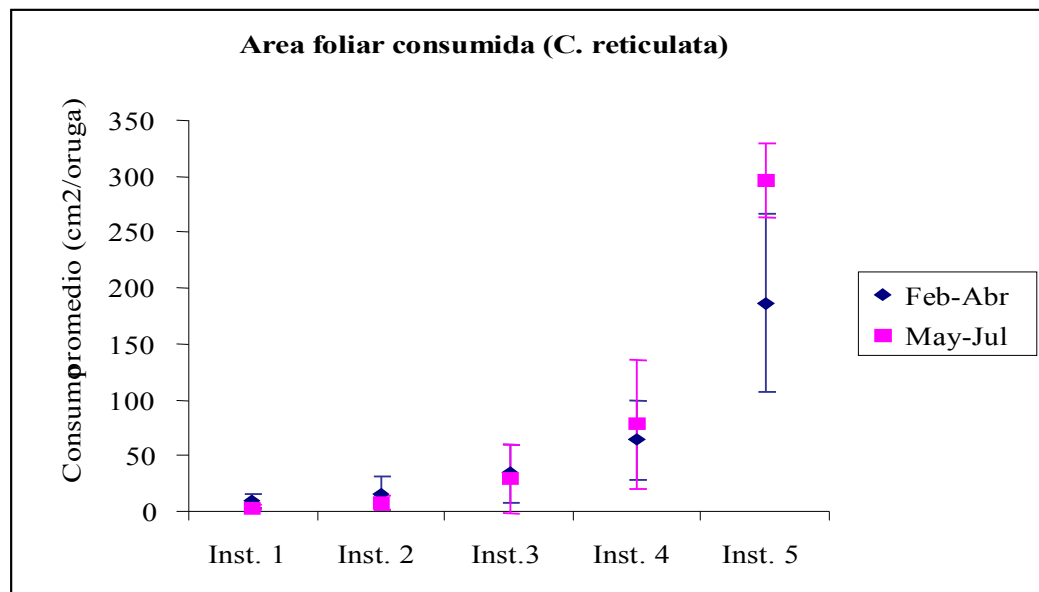


Figura 26. Area foliar consumida (cm^2/oruga) de *Citrus sinensis* por cada estadio de desarrollo de *Heraclides anchisiades anchisiades* durante febrero-abril y mayo-julio.

6.2.9 Evaluación de la sostenibilidad de la cría de mariposas en la Comunidad Indígena de Peña Roja

A lo largo de este proyecto, no solamente se inició un proceso de investigación de las mariposas con potencial económico planteado con el fin de presentarle una alternativa económica a la comunidad indígena, a través del estudio de la biología de una especie de interés, sino que también se logró un acercamiento con la comunidad, la cual, desde el momento del planteamiento del proyecto, se ha manifestado muy interesada en el mismo, por lo que, a lo largo de toda la investigación, se contó con la participación activa y muy valiosa de todos los miembros de la comunidad.

Esto ha servido para asegurar que los indígenas se apropien de estas investigaciones, lo cual es uno de los objetivos principales en el trabajo con comunidades.

Para evaluar si el proceso de cría de la mariposa tomada como modelo es sostenible se realizó un análisis de los aspectos biológicos, económicos y sociales, el cual se detalla a continuación.

6.2.9.1 Criterios biológicos

El conocimiento requerido en la biología de las especies para que el proceso de cría sea factible y por ende, exitoso, fue estudiado y analizado en su totalidad para la mariposa de estudio *Heraclides anchisiades anchisiades*.

Con la información obtenida de su relación con sus plantas hospederas *Citrus sinensis* y *Citrus reticulata*, sus enemigos naturales, hábitos de oviposición, tasas de supervivencia y mortalidad, y los índices de herbivoría, es posible generar propuestas que conlleven a una mayor optimización del proceso de cría de esta mariposa, con el fin de hacer más rentable, en términos estrictamente económicos, el proceso de cría.

Especialmente se destaca lo importante de coleccionar las posturas lo más pronto posible después de ser colocados, con el fin de evitar la alta mortalidad ocasionada por los parásitos y parasitoides durante este estadio.

Por otra parte, se logró que la comunidad al estar directamente involucrada con el proceso de cría, además de conocer la metodología trabajada para este proyecto, participara activamente aportando ideas, muchas de las cuales fueron planteadas buscando directamente solucionar la alta mortalidad que se obtuvo en laboratorio. Actualmente los indígenas poseen experiencia en el manejo de los huevos, orugas y adultos, identifican errores y aportan soluciones muchas de las cuales surgen a partir del conocimiento que se generó de la biología de la especie.

6.2.9.2 Criterios económicos

Se realizó un análisis de costo-beneficio para determinar la rentabilidad económica del proceso de cría de *Heraclides anchisiades anchisiades* para la Comunidad de Peña Roja, utilizando los resultados obtenidos de número de huevos por postura, número de posturas viables coleccionadas y tasa de supervivencia, a partir de los cuales se estimó la producción anual de esta mariposa.

A partir del número promedio de huevos por postura, que es de 60, y de la tasa de supervivencia optimizada al final del estudio (19%), por postura se tendrían 11 individuos adultos. Con base en este número y en la cantidad de posturas viables encontradas a partir de febrero hasta julio (11 posturas), se tiene que la producción sería de 121 mariposas por semestre, es decir, 242 mariposas anuales.

De acuerdo al análisis económico de cría de mariposas del Humboldt (Moreno, 1998), Constantino reporta una producción anual para *H. anchisiades* de 350 mariposas por semestre, lo cual da una pauta de lo que se puede lograr alcanzar si se sigue optimizando cada vez más el proceso de cría.

Para el análisis de rentabilidad se analizaron los siguientes aspectos:

Inversión

Para la cría únicamente de *Heraclides anchisiades anchisiades* no se requiere ni de la siembra de hospederos ni de la construcción de una sala de cría, por lo cual solo una familia de la comunidad fácilmente puede mantener dentro de su casa en un pequeño espacio los 80 vasos plásticos desechables que se necesitan para criar las 242 orugas (los cuales es aconsejable cambiar anualmente) y 5 jaulas de empupado, por lo que inicialmente la inversión estaría dada por la construcción de estas jaulas de empupado.

Cada jaula de empupado, con dimensiones de 80 x 80 cm de base con 65 cm de altura, requiere 9 m de madera (\$6.000), 3.5 m² de tela tul (\$14.000), dos bisagras y alambre (en conjunto estos dos últimos materiales cuestan \$5000). Así, cada jaula tiene un costo aproximado de \$25.000 totalizando \$125.000 de inversión. Es importante destacar que estas jaulas son de larga vida útil.

Sin embargo, como el objetivo del proyecto de cría de mariposas y el de la comunidad es con énfasis comercial, la cría no se puede sostener únicamente en una especie ya que la demanda de una mariposa puede variar a lo largo del año y también es probable que se llegue a saturar rápidamente la oferta por esa especie en el mercado, por lo que en el futuro se debe incluir la construcción de una sala de cría en el cual se puedan mantener cómodamente los individuos de varias especies objeto de cría. Dado lo anterior, a continuación se hace un prospecto de lo que se requeriría como inversión en un futuro para la cría de varias especies de mariposas potenciales.

Los gastos de esta inversión suman un total de \$1'880.000, lo cual es solamente lo requerido para la construcción de la sala de cría, en donde se mantendrían los vasos plásticos desechables con las posturas y orugas, y las jaulas de empupado. Se debe tener en cuenta para la inversión que para la cría de varias especies de mariposas el

número requerido de jaulas de empupado es mayor y dependerá de la producción de mariposas.

El área mínima del cuarto se estima en 4m x 6m. Los materiales y costos se listan a continuación:

- 40 tablas para piso de 3 m. de largo por 25 cm de ancho	\$160.000
- 45 listones para piso de 3 m. de largo por 25 cm de ancho	\$180.000
- 45 tablas para pared de 3 m. de largo por 25 cm de ancho	\$180.000
- 45 listones para pared de 3 m. de largo por 10 cm de ancho	\$180.000
- 10 varillones de 3 m. de largo por 5 cm de ancho	\$20.000
- 4 columnas de 5 m. y 9 estacones de 3 m.	\$80.000
- 10 vigas, 6 de 7 m. y 4 de 5 m.	\$75.000
- 35 varas para armar techo	\$80.000
- 80 peines de puy (<i>Lepidocaryum tenue</i> Martius, Arecaeae) para techo	\$400.000
- 5 rollos de bejuco para amarrar	\$25.000
- Mano de obra	\$500.000

Los datos de materiales y costos requeridos para esta construcción fueron suministrados por Rosa Myriam Díaz, Fundación TROPENBOS.

Egresos

Son los siguientes:

- Mano de obra: El tiempo que destina una persona en manejar los huevos, las orugas, las pupas y los adultos es de alrededor de 8 horas a la semana, lo que sumaría en total, a costo actual, un gasto semanal de \$12.000, y de \$576.000 al año.

- Insumos: Para garantizar el proceso de cría se debe contar con los siguientes materiales (Tabla 5):

Tabla 5. Insumos requeridos para el proyecto de cría calculada por año.

CONCEPTO	CANTIDAD/AÑO	COSTO UNITARIO	TOTAL
Vasos plásticos	160	28	4480
Algodón	3	2000	6000
Jeringas	5	200	1000
Alcohol	2	1500	3000
Vinilpel	1 rollo	2000	2000
Papel milano	4 pliegos	1000	4000
Cajas plásticas	3	1100	3300
Silica-gel	¼ libra	2500	2500
Naftalina	½ libra	2500	2500
TOTAL			\$28780

- El transporte en avión carguero desde la zona de estudio hacia Bogotá es de \$500 por 500 gr, lo cual es más del peso estimado de un año de producción de las mariposas con su sobre, guardadas en una caja plástica de cierre hermético. Se estima inicialmente un envío semestral de mariposas, con lo que el transporte hacia Bogotá totalizaría \$1000. El costo de envío desde Bogotá hasta la agencia que compraría las mariposas es de US\$10 por 500 gramos, según la agencia aérea transportadora consultada, totalizando \$21578 por semestre y \$43156, de acuerdo a la tasa de cambio para Octubre 24 del 2000.

El total de egresos es entonces de \$648936.

Ingresos

De acuerdo a un análisis de mercado de la especie *H. anchisiades anchisiades*, realizado por mail, se encontraron los siguientes precios de venta para esta especie por individuo:

“The butterfly farm” (www.butterflyfarm.co.uk): 1.65 £ (\$5220).

“London Pupae Supplies” (www.oxfly.co.uk/lps/lps/offers.html): 2.75 £ (\$8700).

“Stratford Butterfly Farm” (www.stratford.co.uk/butterfluy/sales/home.html): 1.65 £ (\$5200).

“South American Insect” (www.insectnet.com/sa-insects.html) US\$ 1.5 (\$3236).

“Spyrogira butterfly gardens” (www.pwbelg.clara.net/new/spirogyra.html) US\$2 (\$4315).

Es decir que en promedio el precio de venta de cada en la agencia es de \$5335. De acuerdo al análisis económico del Humboldt (Moreno 1998), se estima que la agencia compra al productor cada mariposa por un 80% del valor final de venta (como es el caso de IFTA en Papua Nueva Guinea y el CRES en Costa Rica). Por otra parte, Parsons (1995) reporta en un 75% el valor de compra de la agencia al productor. Para este análisis se trabajará con este 75%, lo cual representa que el precio de venta del productor a la agencia es de \$4000 por mariposa, lo cual, con una producción anual de 242 mariposas representan \$968.000 de ingresos.

Utilidad

La utilidad de un negocio está representada por los ingresos que se obtienen menos los egresos. Para este caso se tiene una utilidad de \$319.064 anual.

Tasa de interés

A la utilidad que se obtiene se le realiza un descuento del 12% del efectivo anual, el cual es la Tasa de interés, la cual es de \$38.287, obteniendo así una **utilidad neta** de \$280.776 (utilidad - tasa de descuento).

Análisis de Rentabilidad (TIR)

Con base en los resultados obtenidos de utilidad neta y la inversión, se realizó el análisis de rentabilidad de la cría proyectado a 5 años (Tabla 6), utilizando como herramienta la fórmula financiera TIR, trabajada en EXCEL, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 6. Análisis de rentabilidad (TIR) calculada para 5 años de la cría de *H. anchisiades anchisiades*.

Años

		1	2	3	4	5
Inversión	125.000					
Utilidad	-125.000	280.776	280.776	280.776	280.776	280.776
neta						
TIR	22.4%					

El resultado TIR (22.4%) se contrasta con la inflación del País, la cual se estima en 11.3% para Diciembre del 2000 (Banco de la República 1999). Al ser el TIR mayor a la inflación esta indicando que económicamente el proceso de cría de esta mariposa es rentable, y por lo tanto, sostenible. Es importante resaltar que este buen resultado se obtiene incluso con una tasa de supervivencia muy baja (19%) respecto a la que puede llegar a optimizarse con la cría (90%), y con una especie de mariposa que no es de las más costosas en comparación con las otras especies colectadas (Anexo 6).

6.2.9.3 Criterios sociales

Para el caso de las mariposas, existen relaciones míticas dentro de la cultura de los Nonuya, los cuales tienen historias para explicar su origen, y otras donde se explican las relaciones biológicas estrechas entre algunas especies con sus plantas nutricias y hospederas, pero no consideran a las mariposas como un animal sagrado. Gracias a esto, no se corre el riesgo de generar impactos culturales importantes. Sin embargo, para los Nonuya la aparición de las orugas, la cual se da principalmente en agosto, corresponde a un período al cual ellos denominan como “época de gusanos”, como “enfermedad”, razón por la cual al comienzo del proyecto se presentó un choque cultural fuerte, al considerar la cría de orugas como “cría de enfermedades”.

Esta concepción se ha ido transformando paulatinamente con el transcurrir de la investigación, en parte gracias a que durante el tiempo que duró la misma, siempre se contó con la participación de un miembro de la comunidad, el cual cada 20 días era reemplazado por otra persona, por lo que la mayoría de los indígenas estuvieron directamente involucrados durante todo el proceso de la cría, lo que les permitió conocer el ciclo de vida de la mariposa de estudio (como se puede ver reflejado en la

Figura 27), con lo que se generó un importante proceso de educación y sensibilización, de modo que la comunidad se apropió del proyecto, y han planteado su interés en la continuación del mismo.

Este interés radica además, de acuerdo con charlas sostenidas con los dirigentes de la comunidad, en su necesidad de obtener fuentes de ingreso económico, en especial para poder proveer de estudios a los más jóvenes de la comunidad y solucionar los problemas de salud presentes en la zona. Por otra parte, los indígenas de Peña Roja ya conocen el uso potencial que se les puede dar a especies como las mariposas ornamentales, lo cual facilita el proponer proyectos y trabajar con estas especies como alternativas económicas sin causar confrontamientos dentro de su cultura.

De acuerdo con las charlas y comunicaciones sostenidas con Eladio Moreno, Gobernador de la Comunidad de Peña Roja, los indígenas de esta comunidad desean darle continuidad al proyecto de mariposas desde un punto de vista cultural y occidental, con fines comerciales.

Para el trabajo de recuperación del conocimiento tradicional de las especies de mariposas, especialmente sus relaciones con plantas hospederas y nutricias, y la recolección de los nombres de las mariposas y orugas en idioma indígena, la comunidad ha planteado la ayuda de los conocedores Rafael Mucutui (Baco) de la Gente de Gusano de la Etnia Muinane, quien es reconocido en la zona como el máximo conocedor de orugas y mariposas y del señor Arturo Rodríguez. Esta recuperación del conocimiento es muy importante, no sólo a nivel cultural para la comunidad, sino también para el proyecto de cría de mariposas al contar con las ventajas que da el poseer un mayor conocimiento de la biología de las especies de interés a través de este conocimiento tradicional.

Finalmente se destaca como uno de los resultados más significativos del proyecto el que en la actualidad la comunidad sigue manifestando su interés hacia el trabajo con

mariposas, siendo muy importante resaltar el hecho de que algunos indígenas, por iniciativa propia, se encuentran criando en cautiverio las orugas que se colectan en campo, como es el caso de Ezequiel Ayarce (com. pers.) quien actualmente esta criando orugas encontradas en Caimo (*Pouteria* sp., Familia Sapotaceae), Limón (*Citrus limonia*, Familia Rutaceae), Guama (*Inga* sp., Familia Mimosaceae), entre otras, además de continuar colectando mariposas las cuales ha enviado para el respectivo trabajo de montaje y determinación.

Como anotación importante, a partir del interés generado por este proyecto, los indígenas de la comunidad también comenzaron a incluir a las mariposas dentro de sus expresiones artesanales (Figuras 28 y 29).



Figura 27. Ciclo de vida de *Heraclides anchisiades anchisiades* en *Citrus reticulata*. Elaborado por Ezequiel Ayarce (Chaqué). Indígena Nonuya. Comunidad de Peña Roja. Mayo 26, 2000.



28 a.



28 b.



29.

Figuras 28-29. Artesanías alusivas a mariposas. 28 a) Collares elaborados con semillas de “coco puerco” (Arecaceae), “chochos” (Fabaceae) y cumare (*Astrocaryum aculeatum* G. Myer, Arecaceae), elaborados por Iris Andoke (derecha) y Laura López (izquierda). 28 b) Detalle de mariposa en semilla de “coco puerco”, elaborado por Laura López. 29) Mariposa “Ñuñai” (*Morpho* sp.) elaborada en granadillo (*Brosimum rubescens* Taubert, Moraceae), por Evelio Moreno, Etnia Nonuya.

7. DISCUSIÓN.

Los resultados obtenidos de la fase preliminar en cuanto a la presencia de especies de interés económico en la zona de estudio soportan la elaboración de propuestas de manejo sostenible de especies promisorias como las mariposas ornamentales con fines comerciales. A pesar de que el tiempo empleado en el muestreo de mariposas fue corto (1 mes), se obtuvo un buen resultado al comparar el número de especies con potencial económico (23 spp) con el total de especies colectadas (53 spp). Sin embargo esto es apenas un resultado preliminar de las mariposas con potencial económico para la zona de estudio, ya que el número de mariposas promisorias se incrementó mediante colecciones realizadas en la fase formal de toma de datos, totalizando para la zona de estudio 30 especies de mariposas de interés económico.

Lo encontrado para el ciclo de desarrollo y hospederos de *Heraclides anchisiades anchisiades* ratifican lo citado en la literatura (DeVries 1987, Tyler *et al.* 1994, Nishida 1995, Brown *et al.* 1995, Constantino 1998). Para el caso de las plantas hospederas utilizadas, se confirma a las Rutáceas *Citrus sinensis* y *Citrus reticulata* como unos de los hospederos principales de *H. anchisiades* (Brown *et al.* 1995, Figura 1).

Estos hospederos se encuentran sembrados alrededor de las casas de los indígenas, en sitios abiertos, por lo cual es muy probable que la identificación de la hembra de estos hospederos sea visual, de acuerdo a lo planteado por Rausher (1978), además, estas plantas son cultivadas junto a varias especies de *Inga* spp. (Mimosaceae), en las cuales se observó libando a individuos de la especie.

Aunque en campo se identificaron y se realizó el seguimiento a tres especies más de Rutáceas, *Citrus limon* y *Citrus limetta* y *Zanthoxylum sprucei*, solo en *C. limon*, registrada también como uno de los hospederos principales (Brown *et al.* 1995, Constantino 1998), se encontraron orugas gregarias de tercer y quinto instar. Esta baja cantidad de orugas encontradas en este especie vegetal puede indicar que no es

un hospedero frecuentemente utilizado por las mariposas de esta zona o que las orugas migran a estos árboles en fases tardías de su desarrollo.

Por otra parte, las características de las posturas en cuanto a su ubicación en hojas jóvenes y medias jóvenes pueden deberse a las condiciones bioquímicas y nutricionales del recurso (Rausher, 1978), siendo este tipo de hojas las que poseen una mayor concentración de nutrientes en sus tejidos (nitrógeno, potasio, fósforo, azúcares) y una menor cantidad de celulosa y metabolitos secundarios, por lo cual la calidad nutricional es mejor. Según Loader y Damman (1991), una baja calidad nutricional de la hoja reduce la sobrevivencia de herbívoros de manera indirecta al incrementar el período de exposición a enemigos naturales, por lo cual, para asegurar la supervivencia de las orugas, resulta más ventajoso colocar la postura sobre tejidos jóvenes. Es importante destacar que también la composición química de las plantas es un factor determinante en el uso del hospedero, como se ha encontrado en las especies de *Papilio* (Berembaum & Feeny 1981, Lindroth *et al.* 1988, citados por Nítao *et al.* 1991).

La ubicación de las posturas en el envés de las hojas puede deberse a la gran presión causada por parasitoides de la superfamilia Chalcidoidea (para los huevos) y depredadores Mirmicinos (Figura 13), con lo que la posición en el envés de las hojas puede favorecer al reducir la posibilidad de encuentro con estos predadores.

Las diferencia en el número de huevos por postura (Figura 14), el cual fue mayor en *Citrus sinensis*, puede deberse a que los individuos de esta especie poseen un número menor de hojas y es menos frondoso, por lo que es más fácil ser encontradas por un parásito, con lo que un mayor número de huevos aumenta el éxito de eclosión de al menos unos pocos individuos, mientras que los árboles de *Citrus reticulata* poseen un mayor número de hojas lo cual reduce la probabilidad de encuentro con parásitos, pero esta misma característica pudo influir en el alto número de posturas encontradas

con hongos (Figura 13), los cuales estarían favorecidos al ser el árbol tan denso, y por ende, tener unas condiciones de mayor humedad.

La alta mortalidad de posturas causada por enemigos naturales obliga a que, para optimizar la cría de la mariposa, las posturas se colecten una vez sean depositadas en el hospedero, reduciendo así la probabilidad de ataque de parasitoides, parásitos y depredadores, de modo que se aumente la tasa de supervivencia y por consiguiente el número de mariposas que se obtendrán para la venta.

En campo no se observó depredación sobre las orugas, probablemente sea debido a la acumulación de compuestos como furanocoumarinas (las cuales, de acuerdo con Berenbaum (1983) son tóxicos para los insectos polívoros, aunque algunas especies de lepidópteros se han adaptado y son inmunes a los efectos de algunos de ellos), limonoides, enzimas antioxidantes y alcaloides del grupo benzil-isoquinolina, presentes en los tejidos foliares de las Rutáceas, lo que les puede conferir protección química y por consiguiente, son rechazados como alimento por parte de otros predadores, como aves, mamíferos, reptiles u otros insectos. Además, se observó que cuando las orugas se sienten atacadas, expelen por su boca un líquido de color verdoso y olor desagradable y de la parte posterior de la cabeza se proyectan dos “cachos”, llamados osmaterios, también de olor desagradable, lo cual, dada la condición gregaria de las orugas hace que el olor sea más intenso, lo cual le resulta ventajoso a la especie, ya que puede hacer desistir de consumirlos a sus posibles predadores (Ford 1957, citado por Amarillo 1993).

Se encontró en los adultos de la especie una gran variación respecto del hospedero y su sobrevivencia, la cual puede estar incidiendo en la selección y utilización del hospedero. Inicialmente, la tasa de supervivencia fue mucho menor bajo dieta de *Citrus sinensis* en comparación a *Citrus reticulata* (Figura 17), por lo que se consideró la utilización de *C. sinensis* como hospedera como un error de selección por parte de la hembra, razón por la cual se realizó la prueba de dieta. Sin embargo,

cuando se realizó esta prueba de supervivencia en *C. sinensis* aumento, mientras que la de *C. reticulata* se mantuvo igual (Figura 18) (es importante tener en cuenta que los individuos sometidos a esta dieta se obtuvieron a partir de una postura encontrada sobre *Citrus sinensis*, lo cual pudo favorecer que los individuos sometidos a esta misma dieta tuvieran una supervivencia mayor que los individuos a los que se les suministró *Citrus reticulata*).

Dados estos resultados, se puede descartar la probabilidad de error en la selección de hospedero por parte de la hembra, teniendo que en realidad ambos hospederos son igualmente óptimos para la especie, dependiendo del fenotipo de la hembra, teniendo así, probablemente, un fenotipo mejor adaptado a utilizar el recurso de *C. sinensis* y otro mejor adaptado al recurso *C. reticulata*, por lo cual, para la cría de esta especie, lo óptimo sería alimentar a las orugas con material vegetal proveniente de los hospederos en donde se encontró la postura.

Sin embargo, este aumento en la tasa de supervivencia de las orugas bajo dieta de *C. sinensis* (su hospedero) durante el ensayo de dieta con respecto a la tasa de supervivencia obtenida anteriormente, y la reducción del tiempo del ciclo de desarrollo, puede deberse también a que inicialmente se colocaron las orugas solitarias, mientras que durante la prueba de dieta se colocaron tres individuos por vaso, lo cual les permitiría a las orugas mejorar el consumo de las hojas de *C. sinensis* las cuales son más coriáceas que las de *C. reticulata*. Ghent (1960) encontró que los estadios más tempranos de *Neodiprion pratti* tenían dificultad al tratar de masticar las hojas de los pinos individualmente mientras que fue mucho más exitosa cuando se alimentaron en grupos; lo cual podría aplicarse también, de acuerdo a lo observado, a las orugas de *Heraclides anchisiades anchisiades*, al mostrar un aumento en la supervivencia al estar en grupos de a 3, probablemente resultado de una optimización en el consumo del material vegetal.

Esta decisión de colocar de a tres individuos por vaso, se tomó basándose en las observaciones de campo, donde la condición de ser gregario permanece hasta en individuos de 5° instar, por lo que se consideró que el hecho de colocar de a un individuo por vaso pudo influir en la alta mortalidad encontrada inicialmente. Aunque lo ideal para realizar la prueba de dieta hubiera sido someter a las orugas a esta misma condición de individualidad, el objetivo principal del estudio del ciclo de desarrollo con fines comerciales está dirigido a aumentar la supervivencia de la población, para obtener una mayor cantidad de adultos como producción del sistema de cría.

Dado lo anterior, se buscó la forma de aumentar esta supervivencia de acuerdo a las observaciones comportamentales de la especie en campo, por lo que el mantener el “gregarismo” durante el estadio larval se estimó necesario. Además, de acuerdo con Chew y Robbins (1984), el comportamiento social de las orugas está determinado en gran parte por el tipo de posturas, y en este caso, siendo el comportamiento de *Heraclides anchisiades anchisiades* gregario, es probable que esta condición le represente ventajas, confiriéndole probablemente, como ya se ha mencionado, una mayor eficiencia en el consumo de las hojas (es importante anotar que las posturas gregarias no son frecuentes dentro de la familia Papilionidae, Stamp 1980).

Según Stamp (1980), colocar posturas gregarias representa ventajas tanto a las hembras, como a los huevos y las orugas. Para las hembras, puede ser ventajoso si los recursos alimenticios de los adultos se encuentran a cierta distancia de los hospederos de las orugas, o si las poblaciones de adultos se encuentran muy dispersas por lo cual las hembras necesitan gastar mayor tiempo buscando su pareja o si los hospederos de los inmaduros se encuentran distribuidos en parches por lo cual el tiempo que emplea la hembra en localizarlos es mayor.

En el caso de los hospederos de *H. anchisiades anchisiades*, estos se encontraban a distancias cercanas entre sí, además de encontrarse junto a las especies de *Inga* en las

cuales se observaron a individuos de la especie libando, por lo cual se descartan estas posibilidades, sugiriendo que el encontrar posturas gregarias de esta especie puede deberse a que esto es ventajoso para evitar el parasitismo y predación si la distancia de detección de los mismos es grande (Emlen 1973), ya que los grupos de huevos pueden tener tasas de parasitoidismo mas bajas en comparación de huevos solitarios. Esta distancia de detección puede ser favorecida al colocar los huevos en el envés de las hojas.

Otra ventaja para los huevos en grupos es que así se reduce la cantidad de superficie del huevo expuesta a las condiciones ambientales, disminuyendo así la posibilidad de desecación. Finalmente, la supervivencia de las orugas al ser gregarias, especialmente aquellas recién eclosionadas, puede incrementarse debido al comportamiento termoregulatorio de las orugas agregadas (Seymour 1974). Además, la tasa de crecimiento por individuo puede ser más rápida en las orugas que se alimentan, descansan y mudan sincrónicamente en comparación a aquellas que se alimentan solitariamente (Long 1953, 1955). Long (1953), encontró que las orugas gregarias son 4 veces más activas, gastan un 25% más de tiempo alimentándose, poseen un contenido más alto de grasa, y empupan más pronto que una oruga solitaria. Además también les puede facilitar su alimentación y consecución de alimento. Al comparar la duración del ciclo de desarrollo (Figuras 23 y 24), en estados gregario e individual, se observó una reducción en esta duración tanto para orugas con dieta de *Citrus sinensis* como con dieta de *Citrus reticulata* cuando se encontraban en estado gregario (Tablas 2 y 3), lo cual, de acuerdo con Long (1953), puede deberse a que en condiciones naturales, *Heraclides anchisiades anchisiades* completa su ciclo de vida en estado gregario.

Junto a esta disminución en la duración de los estadios de desarrollo en las orugas mantenidas gregariamente se observó que la tasa de herbivoría total por individuo fue mucho mayor para ambos hospederos durante mayo-julio, cuando se dejaron tres orugas por vaso, en comparación a febrero-abril cuando solo se dejo una oruga por

vaso (Figuras 25 y 26). Esta reducción en la duración de cada estadio de desarrollo probablemente es el resultado de una mejor nutrición que les proporcionaría el mayor consumo, sumado al estado de gregarismo. Es importante destacar que, pese a la mayor coriacidad de las hojas de *Citrus sinensis*, el consumo de las mismas siempre fue mayor, tanto en orugas solitarias como gregarias, en comparación con el consumo foliar de *Citrus reticulata*.

Dados estos resultados que apoyan las ventajas de mantener las orugas gregarias, se recomienda para el proceso de cría mantener esta condición, con el fin de reducir el tiempo de su ciclo de desarrollo, optimizar su consumo y aumentar la tasa de supervivencia. Otra ventaja muy importante desde el punto de vista económico, que se obtiene al colocar más orugas por vaso, es que se reduce el tiempo invertido en el cuidado de las mismas, minimizando los costos.

De acuerdo a los análisis de mortalidad (qx y dx), los estadios que requieren de un mayor cuidado son los más tempranos, ya que fueron estos los que presentaron una mayor mortalidad (Figuras 19, 20, 21 y 22), por lo que es necesario tener mayor precaución en el mantenimiento y cuidado de estas orugas, especialmente en las condiciones de manejo, las cuales deben considerar, en general, para todos los estadios, la limpieza diaria del vaso donde permanecen, el cual debe ser cambiado periódicamente, siendo esto aún más indispensable cuando una de las orugas muera, con el fin de evitar el contagio de las demás, ya que es este estadio del ciclo de desarrollo donde los individuos son más frágiles y propensos a contaminarse, por ejemplo, con bacterias, lo cual fue la causa de mortalidad de las orugas en condiciones de laboratorio. Este ataque se reconoce fácilmente dadas las características patológicas.

Con base en la información generada de la biología de *Heraclides anchisiades anchisiades* se pueden iniciar con más éxito otras pruebas en cuanto a calidad nutricional del hospedero (análisis de esclerofilia, de contenido de nitrógeno y

metabolitos secundarios) y número de individuos que se pueden mantener por vaso plástico, con el fin de optimizar aún más la cría desde el punto de vista económico al obtener una mayor cantidad de individuos para la comercialización.

Por otra parte, de acuerdo a las características de la zona de estudio, de la Comunidad y a los resultados obtenidos en la biología de la especie, el sistema de cría recomendado para esta comunidad es el de rancheo. Según Ramírez (1994), las estrategias para el manejo sostenible de poblaciones silvestres deben estar basadas en la preservación de la máxima biodiversidad ecológica y ecosistémica en la región, lo cual se cumple con este sistema de cría.

Además, con el rancheo se tiene la ventaja de reducir la mortalidad en las posturas al coleccionar las mismas y protegerlas del ataque de los enemigos naturales, lo cual como se observó a lo largo de la investigación, es la mayor causa de mortalidad poblacional. Se estima que en la naturaleza alrededor del 5% de las mariposas llegan adultas debido a enemigos naturales, pero en este sistema de cría se puede lograr que entre 85 y 95% puedan llegar a la madurez (Constantino 1996), generando suficientes individuos para ser liberados al ecosistema.

Otra ventaja adicional para la cría de esta especie de mariposa en esta zona, es que no se necesita sembrar hospederos ya que estos ya se encuentran cultivados alrededor de las casas de los indígenas, por lo cual la recolección de posturas puede hacerse en menor tiempo. Adicionalmente, el tiempo y esfuerzo invertido en la cría de las orugas es comparativamente menor respecto a cualquiera de las otras ofertas de trabajo remunerado presentes en la zona de estudio, como lo son principalmente la extracción de oro del río y la tala de bosque para cultivos ilícitos, y se obtienen beneficios superiores a nivel económico y para el ecosistema (lo que no ocurre ni con la explotación de oro, actividad para la cual utilizan mercurio contaminando el río, ni con la tala del bosque con la cual se pierde, además de la cobertura vegetal, el hábitat de muchas especies de fauna)

Por otra parte, el producto a comercializar sería el de mariposas preservadas, ya que un mercado de pupas vivas es insostenible en la actualidad, dada la irregularidad de los vuelos en la zona, entre otros factores, lo cual no aporta la seguridad de que las pupas lleguen a tiempo a su destino antes de su eclosión. De otro lado, en la comunidad no se cuenta con energía eléctrica, la cual es necesaria de establecerse el mercado de pupas vivas para mantenerlas congeladas en estado de diapausa. Sin embargo se puede contemplar la adquisición de una planta de energía y un congelador para la comunidad, solo si el proyecto de cría se consolida lo necesario para que esta inversión se vea compensada a corto o mediado plazo por los mayores ingresos que se obtendrían al comercializar pupas vivas, ya que de esta manera se accedería a los otros tipos de mercado como el de liberación de mariposas en eventos, de gran auge principalmente en Estados Unidos, y el de venta de mariposas vivas para granjas o vivarios.

Además de esto en la zona se presentan otros problemas que deben tenerse en cuenta al momento de iniciar el proceso de comercialización, como lo es la presencia de guerrilla e incluso factores ambientales como la lluvia o la baja en el nivel del río, los cuales afectan la accesibilidad a la comunidad la cual se encuentra a tres horas de Araracuara, donde opera la pista.

Es importante destacar que, aunque las comunidades indígenas consideran que la valoración de los recursos en la economía de mercado subestima el verdadero valor de los mismos, la Comunidad de Peña Roja ha estado más abierta y receptiva a la información de los planes de manejo de la vida silvestre con fines económicos, por lo cual conocen con exactitud los usos actuales o potenciales de los recursos provenientes de la biodiversidad en general (Instituto Humboldt 1999), lo cual les ha permitido perder el miedo a insertarse dentro de una economía de mercado, como la planteada con las mariposas con la finalidad de encontrar en estas alternativas productivas otra forma de suplir sus necesidades.

Otro aspecto favorable de trabajar estos planes con las comunidades indígenas es que estos, gracias a sus tradiciones y la concepción espiritual que tienen de la naturaleza, le dan un alto valor al mantenimiento de los recursos para usos futuros y sostenidos en el tiempo. La concepción indígena del tiempo y la dinámica propia de sus modelos tradicionales de interrelación hombre-naturaleza favorecen, en términos estrictamente económicos, que la permanencia de los recursos en el tiempo tenga un alto valor y se mantenga un equilibrio entre las demandas de la sociedad y la oferta de la naturaleza (Instituto Humboldt 1999).

Adicionalmente, se resalta la importancia de tener en cuenta los patrones culturales de la comunidad indígena respecto a sus relaciones y acciones sobre los animales para evitar correr el riesgo de generar impactos culturales desde el momento de la formulación de un proyecto productivo como el de mariposas.

Durante el trabajo con esta comunidad, se lograron importantes procesos de acercamiento con el proyecto de cría de mariposas con fines productivos, comenzando desde un cambio en la concepción de los indígenas que consideraban la cría de orugas como cría de enfermedades. En un comienzo este choque cultural se presento como el único obstáculo a nivel cultural para el desarrollo de la cría, sin embargo a lo largo de la investigación la comunidad siguió muy atenta el desarrollo de la misma con lo que se logró acercar a la comunidad con el proyecto, transformando paulatinamente esta visión, teniendo así que en la actualidad son los mismos indígenas de Peña Roja quienes, por iniciativa propia, se encuentran pendientes de los sitios de oviposición de otras especies de mariposas, llegando incluso a comenzar crías experimentales con las orugas que encuentran en campo durante sus actividades diarias.

Sin embargo, para iniciar el proyecto de cría con fines comerciales, se deberá estudiar la biología de otras especies de mariposas de interés económico, de las cuales en el presente proyecto se obtuvo una lista preliminar, con el fin de aumentar las

posibilidades de oferta y por ende, los ingresos. Para la cría de un mayor número de especies de mariposas también se debe considerar la construcción de la sala de cría, para poner mantener y manipular cómodamente los individuos. Dentro de estas especies, se colectaron 36 orugas de *Colobura dirce* en yarumo blanco (*Cecropia ficifolia*), una planta común en la zona, con lo cual, gracias a esta información se puede iniciar el estudio de la biología de esta mariposa. Además algunas mariposas pueden ser estacionales, por eso es conveniente estudiar y producir mariposas de otras especies para a lo largo del año tener una oferta constante.

Esto último ha sido manifestado también por la comunidad, quien esta interesada en continuar con el proyecto, y seguir estudiando la biología de otras especies, para lo cual, después de esta investigación, se cuenta con la ventaja adicional que los indígenas ya conocen la metodología a seguir para estudiar el ciclo de vida de las mariposas y esto, sumado a sus conocimientos tradicionales de los eventos de las relaciones plantas hospederas-mariposas, hacen más factible iniciar el proceso de cría con fines comerciales con resultados positivos.

Finalmente, dado el interés de la comunidad en estos proyectos productivos, pueden plantearse el estudio de ciclos de vida de otras especies animales con fines económicos, como lo son los Coleópteros, dentro de los cuales en el mercado internacional tienen una gran demanda los pertenecientes a las familias Carabidae, Buprestidae, Elateridae, Curculionidae, Scarabidae, Cerambycidae, Cincindelidae, Tenebrionidae, Nitidulidae, Sylphidae, Meloiidae, Cleridae, Passalidae, Lymexiloniidae y Melyridae, todas las anteriores se encuentran representadas en la Amazonía Colombiana, siendo factible iniciar por realizar un estudio de reconocimiento de otras especies promisorias en la zona de estudio.

8. CONCLUSIONES.

- Si existen mariposas de interés comercial dentro de la zona de estudio, encontrándose, a manera de resultado preliminar, un total de 30 especies con potencial económico, pertenecientes a la familias Papilionidae, Nymphalidae y Pieridae.
- Tanto *Citrus sinensis* como *Citrus reticulata* son hospederos óptimos de *Heraclides anchisiades anchisiades*, encontrándose un uso diferencial entre estos hospederos, debido probablemente a la variación fenotípica encontrada en la especie de mariposa; lo cual sugiere que, para efectos de la cría, se debe suministrar material vegetal fresco a las orugas procedente del hospedero donde se colectó la postura.
- La condición de posturas y orugas gregarias pudo conferirle a las orugas estudiadas una mayor probabilidad de sobrevivencia, optimización del consumo del material vegetal y reducción en la duración de sus estadios del desarrollo, por lo que, durante su cría en cautiverio, esta condición debe mantenerse.
- La mayor causa de mortalidad fue el ataque de enemigos naturales durante el estadio de huevos, por lo cual es necesario colectar las posturas lo más pronto posible una vez colocados por la hembra con el fin de aislarlas de este ataque y conseguir éxito en la eclosión de las mismas, para de esta manera aumentar el número de individuos destinados a la comercialización.
- Es viable y además rentable iniciar un programa de cría de mariposas dentro la Comunidad, lo cual además de ser un incentivo económico adicional para los indígenas pertenecientes a la Comunidad, está promoviendo el conocimiento y la conservación de los bosques tropicales y demás especies que allí se encuentran.

- Aunque existen relaciones míticas ancestrales entre la cultura de los Nonuya y las mariposas, estas no se consideran animales sagrados, con lo cual no se producen choques culturales fuertes al proponer un proyecto de cría es estas especies con fines comerciales.
- El sistema de cría que se recomienda para la zona de estudio es el rancheo, ya que con este sistema se reduce la mortalidad ocasionada por enemigos naturales y además considera la conservación del entorno natural de las mariposas.

9. RECOMENDACIONES

- Los resultados encontrados en herbivoría, tasas de supervivencia y duración entre cada estadio para cada especie de hospedero hace necesario realizar estudios sobre preferencias de dietas, dándole a escoger a las orugas hojas diferentes hospederos potenciales y alimentarla con las que sean seleccionadas, para observar si con ello se aumenta la supervivencia y se reduce la duración, lo que permite optimizar el proceso.
- También se recomienda para cada hospedero hacer análisis de esclerofilia, coriacidad del tejido, concentración de nitrógeno y presencia de metabolitos secundarios para observar si existe relación entre estos y la tasa de supervivencia y longevidad.
- En cuanto al número de individuos por vaso se recomienda colocar mayor número de ellos no sólo para aumentar la tasa de supervivencia sino para reducir los costos y el tiempo invertido en la revisión diaria de cada vaso.
- Todas las anteriores recomendaciones se hace con el fin de conocer más acerca de la biología de *Heraclides anchisiades anchisiades* y su relación con sus hospederos, lo cual es fundamental para un optimizar el programa de cría de mariposas.
- Se insiste de la importancia de coleccionar las posturas lo más rápido posible para evitar la alta mortalidad por enemigos naturales y finalmente, dado que los estadios inmaduros son muy susceptibles al ataque de bacterias y hongos, se debe

tener mucho cuidado en su manejo, realizar diariamente limpieza de los vasos y cambiar de vaso y aislar cuando alguna haya muerto para evitar infección.

- Realizar estudios de dinámica poblacional con el fin de calcular la tasa intrínseca de crecimiento de las poblaciones de mariposas ornamentales para estimar el número de individuos que se obtendrán para comercializar (tasa de producción anual).
- Para iniciar un proceso de cría de mariposas con fines comerciales es necesario estudiar la biología de varias especies promisorias con el fin de aumentar los ingresos al tener una mayor oferta. Incluso es posible iniciar el estudio de la sostenibilidad de la cría de otras especies animales, como los coleópteros.
- Finalmente, es importante también iniciar un proceso de recuperación del conocimiento tradicional Indígena sobre las especies de mariposas y su relación con hospederos, lo cual facilitará la recolección de la información de la biología de otras especies de mariposas con potencial económico.

11. REFERENCIAS.

AHUMADA, J.A. 1999. Manual de laboratorio: Ecología de Poblaciones. Facultad de ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. 56 p.

AMARILLO, A. 1993. Ciclo de vida de *Peridroma semidolens* (Walker) (Lepidoptera:Noctuidae). Caldasia 17 (2) : 259-263.

ANDRADE C, M.G. 1998. Utilización de las mariposas como bioindicadoras del tipo de hábitat y su biodiversidad en Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias. 22 (84):407-421.

ANDRADE C, M.G. 2000. Biodiversidad y conservación de la fauna Colombiana, en Memorias I Congreso Colombiano de Zoología (En prensa). Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia.

BANCO DE LA REPUBLICA, 1999. Informe sobre inflación. 45 pp.

BARTH, F.G. 1991. Insects and flowers. The biology of a partnership. Princeton University Press. 406 pp.

BEREMBAUM, M.R. & FEENY, P. 1981. Toxicity of angular furanocoumarins to swallowtail butterflies: escalation in a coevolutionary arms race?. Science 212: 927-929.

BEREMBAUM, M.R. 1983. Coumarins and caterpillars: A case for coevolution. *Evolution*, 37 (1): 163-179.

BERENBAUM, M.R. 1995. Chemistry and oligophagy in the papilionidae. En: SCRIBER, J., TSUBAKY, Y. & LEDERHAUSE. R. 1995. Swallowtail butterflies: their ecology and evolutionary biology. Scientific publisher. 459 pp.

BROWER, L. P & BROWER. J. 1964. Birds, butterflies and plant poisons: A study in ecological chemistry. *Zoologica* 49: 137-159.

BROWN, K.S., KLITZKE, C.F., BERLINGERI, C. & RUBBO DOS SANTOS, P.E. 1995. Neotropical swallowtails: Chemistry of food plant relationships, population ecology and biosystematics. Pp. 405-432. En: SCRIBER, J., TSUBAKY, Y. & LEDERHAUSE. R. 1995. Swallowtail butterflies: their ecology and evolutionary biology. Scientific publisher. 459 pp.

BROWN, K.S., TRIGO, J.R., FRANCINI, R.B, MORAIS, A.B.B. & MOTTA, P.C. 1991. Aposematic insects on toxic host plants: coevolution, colonization and chemical emancipation. En: PRICE, P.W., LEWINSOHN, T.E, FERNANDEZ, G.W. & BENSON, W.W (Eds). *Plant-animal interactions: Evolutionary ecology in tropical and temperate regions*. pp. 375-402.

CHEW, F.S & ROBBINS, R.K. 1984. Eggs laying in butterflies. En: R.I., VANE-WRIGHT & P.R. ACKERY, eds. *The biology of butterflies*, pp. 65-80.

CONSTANTINO, L.M. 1996. Ciclos de vida y plantas hospederas de lepidópteros diurnos con potencial económico en condiciones de colinas bajas del Choco Biogeográfico. II Seminario. Investigación y Manejo de Fauna para la Construcción de Sistemas Sostenibles. INCIVA, U. Javeriana, IMCA, CIPAV, WWF, Instituto Alexander Von Humboldt. Cali, Marzo 28-30 de 1996. *Memorias*, pp. 75-86.

CONSTANTINO, L.M. 1997. Lepidópteros diurnos del Choco Biogeográfico: diversidad, alternativas productivas sostenibles y estrategias de conservación. Conf. Magistral. Memorias XXIV Congreso SOCOLEN. Pereira, Julio 16-18 de 1997. Pp. 47-74.

CONSTANTINO, L.M. 1998. Butterfly life history studies, diversity, ranching and conservation in the Chocó rain forest of Western Colombia. SHILAP Rvta. lepid., 26 (101): 19-39.

DE VRIES, P.J. 1987. The butterflies of Costa Rica and their natural history. Princeton University Press, New Jersey. 327 pp.

DUIVENVOORDEN, J.F & J.M. LIPS. Ecología del paisaje del Medio Caquetá. Serie Estudios en la Amazonía Colombiana. Tropenbos-Colombia.

EHRlich, P.R & RAVEN, P.H. 1964. Butterflies and plants: A study in coevolution. *Evolution*, 18: 586-608.

EHRlich, P.R & RAVEN, P.H. 1967. Butterflies and plants. *Scientific American* : 195-202.

EMLen, J. 1973. *Ecology: an evolutionary approach*. Addison-Wesley, Reading, Mass.

ETTER, A. 1992. Caracterización ecológica general de la intervención humana en la Amazonía Colombiana. En: Andrade, G y otros (editores).

FAGUA, G. 2000. Manual de metodologías para evaluaciones rápidas. Informe final Proyecto "Caracterización biológica del flanco oriental de la Cordillera Oriental". Instituto Alexander von Humboldt - Colciencias.

FAGUA, G. & N. RUIZ. 1993. Relaciones de herbivoría entre Lepidópteros y *Aristolochia* (Aristolochiaceae) en Colombia. Tesis de grado como requisito parcial para optar al título de Biólogo. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

FAGUA, G. & N. RUIZ. 1996. Relaciones de herbivoría entre papilionidas (Lepidoptera) y especies de *Aristolochia* (Aristolochiaceae). pp. 473-541. En: ANDRADE, G., AMAT, G. & FERNANDEZ, F. (eds). *Insectos de Colombia. Estudios escogidos*. Academia colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Alvarez Lleras. No. 10. Bogotá, Colombia.

FEENY, P. 1976. Plant apparency and chemical defense. En: Wallace, J. & Mansell, R. (eds.). Biochemical interactions between plants and insects. Recent. Adv. Phytochem. 10:1-40.

FORD, E.B. 1957. Butterflies. Collins. London, pp.89.

FOWLER, J. & COHEN, L. 1992. Statistics for ornithologists. British trust for Ornithology. 175 pp.

FUNDACION HERENCIA VERDE. 1997. Alternativas productivas basadas en el mantenimiento de la biodiversidad local: Cría de mariposas ornamentales con comunidades rurales del Alto Calima y Bajo Anchicayá, Valle del Cauca. Cali, Abril de 1997.

GHENT, A.W. 1960. A study of the group feeding behavior of larvae of the jack pine sawfly, *Neodiprion pratti banksianae* rao. Behavior 16:110-148.

GIL-PALACIO, Z., POSADA-FLOREZ, F & LOPEZ-GALVIS, L.D. 2000. Mariposas diurnas de la zona cafetera Colombiana. Rev. Avances técnicos Cenicafé. No. 273.

GILBERT, L.E. 1975. Ecological consequences of a coevolved mutualism between butterflies and plants. pp. 210-240. En: L.E. GILBERT & P.H. RAVEN (Eds.) Coevolution of animals and plants.

HUTTON, A.F. 1985. Butterfly farming in Papua New Guinea. Oryx, 19: 158-162.

INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. 1999. Proyecto: "Alternativas de aprovechamiento sostenible de fauna silvestre en la Región de Araracuara, Amazonía Colombiana" en: "El uso de la fauna silvestre como estrategia de conservación".

KREMEN, C. 1992. Assessing the indicator properties assemblages for natural areas monitorin. Butterflies as indicators ecological aplications.

LINDROTH, R.L., SCRIBER, J.M. & HSIA M.T.S. 1988. Chemical ecology of the tiger swallowtail: mediation of host use by phanolic glycosides. *Ecology* 69:814-822.

LOADER, C. & DAMMAN, H. 1991. Nitrogen content of food plants and vulnerability of *Pieris rapae* to natural enemies. *Ecology* 72 (5):1586-1590.

LONG, D. 1953. Effects of population density on larvae of Lepidoptera. *Trans. R. Entomol. Soc. Lond.* 104: 543-585.

LONG, D. 1955. Observations on sub-social behaviour in two species of lepidopterous larvae, *Pieris brassicae* L. and *Plusia gamma* L. *Trans. R. Entomol. Soc. Lond.* 106: 421-436.

MARTENS, H. 1994. The buterfly trade in Papua New Guinea. A touch-stone for sustainable utilization of wildlife. *Animal Research and Development.*, 40:88-101.

MARTINEZ, X. & G. GALEANO. 1994. Los platanillos del Medio Caquetá. Serie Estudios en la Amazonía Colombiana. Tropenbos-Colombia.

MASO, A. & PIJOAN. 1997. Manual observar mariposas. Barcelona, Editorial Planeta. 317 pp.

MEDINA, E. 1977. Introducción a la ecofisiología vegetal OEA. Washington, D.C. 130 pp.

MORENO, R. 1998. Análisis económico de proyectos de fauna: Cría de mariposas. Instituto Alexander Von Humboldt. Colombia. 25 pp.

NISHIDA, R. 1995. Oviposition stimulants of swallowtail butterflies. In: SCRIBER, J., TSUBAKY, Y. & LEDERHOUSE, R. 1995. Swallowtail butterflies: their ecology and evolutionary biology. Scientific publisher. 459 pp.

NITAO, J.K., AYRES M.P., LEDERHOUSE, R.C. & SCRIBER, J.M. 1991. Larval adaptation to Lauraceous hosts: geographic divergence in the spicebush swallowtail butterfly. *Ecology*, 72 (4). pp.1428-1435.

ORSAK, L. 1993. Killing butterflies to save butterflies: A tool for Tropical forest.

PARSONS, M. 1992. The butterfly farming and trading industry in the Indo Australian Region and its role in tropical rainforest conservation. *Trop. Lepid*, 2:1-31.

PARSONS, M. 1995. Butterfly farming and trading in the Indo-Australian region and its benefits in the conservation of swallowtails and their tropical forest habitats. En: SCRIBER, J., TSUBAKY, Y. & LEDERHOUSE, R. 1995. Swallowtail butterflies: their ecology and evolutionary biology. Scientific publisher. 459 pp.

RAMIREZ, J.A. 1994. Manejo de fauna silvestre y los límites previsibles de la sustentabilidad. Seminario. Investigación y manejo de fauna para el desarrollo de sistemas sostenibles de producción en el trópico. CIPAV, IMCA, U. Javeriana. Buga, Marzo 10-12. Memorias.

RAUSHER, M.D. 1978. Search image for leap shape in a butterfly. *Science* 200:1071-1073.

RAUSHER, M.D. 1979. Larval habitat suitability and oviposition preference in three related butterflies. *Ecology* 60:503-511.

RAUSHER, M.D. 1980. Host abundance, juvenile survival and oviposition preference in *Battus philenor*. *Evolution* 34:342-355.

RAUSHER, M.D. 1983. Alteration of oviposition behavior by in *Battus philenor* butterflies in response to variation in hory plant density. Ecology 64:1402-1410.

RUDAS, G. 1999. Propuesta de un sistema mínimo de indicadores de aprovechamiento comercial sostenible de productos biológicos. Instituto Alexander Von Humboldt. Programa de investigación en política y legislación. Proyecto sistema de indicadores de la biodiversidad. 23 pp.

RUPPERT, E.E & BARNES, R.D. 1996. Zoología de los invertebrados. Sexta edición. McGraw-Hill. 1114 pp.

SALAZAR, J.A & CONSTANTINO, L.M. 1993. Descripción de cuatro nuevas especies de Riodinidae para Colombia (Lepidóptera:Lycaenidade). Rvta. SHILAP, Lepid. 21:15.

SCRIBER, J.M & FEENY, P. 1979. Growth of herbivorous caterpillars in relation to feeding specialization and to the growht form of their food plants. Ecology 60(4):829-850.

SEITZ, K. 1924. De Amerikanischen Tagfalter. V Rhopalocera Americana. 194 pp.

SEYMOUR, R. 1974. Convective and evaporative cooling in sawfly larvae. J. Insect Physiol. 20:2409-2457.

SIEGEL, S & CASTELLAN, N.J. 1995. Estadística no paramétrica. Aplicada a las ciencias de la conducta. 4ª. Ed. Editorial Trillas. 437 pp.

SINGER, M.C. 1984. Butterfly-hostplant relationships : Host quality, adult choice and larval success. In: The biology of butterflies. Eds: VANE-WRIGHT, R.I & ACKERY, P.R. Academic Press, London. Pags. 81-88.

STAMP, N.E. 1980. Egg deposition patterns in butterflies: why do some species cluster their eggs rather than deposit them singly?. *The American Naturalist*. 115 (3): 367-380.

TYLER, H., BROWN, K.S & WILSON, K. 1994. Swallowtail Butterflies of the Americas. A study in Biological Dynamics, Ecological Diversity, Biosystematics and Conservation. Scientific Publishers Inc, Gainesville, 376 pp.

VAN DER HAMMEN, M.C. 1992. El manejo del mundo. Naturaleza y sociedad entre los Yukuna de la Amazonía Colombiana. 2ª. Edición. Bogotá. Tropenbos-Colombia. 379 pp.

VELEZ, J. & J. SALAZAR. 1991. Mariposas de Colombia. Villegas editores, Bogotá, 167 pp.

ANEXOS

Anexo 1. Datos de colección de las plantas hospederas de *Heraclides anchisiades anchisiades* colectadas en la Comunidad Indígena de Peña Roja.

No. Col.	Especie	DAP (cm)	H (m)	Corteza viva	Corteza muerta	Estado fenológico
91	Citrus limon	15.5-6	5	Amarilla	Gris, espinas, rugosa.	Follaje
92	C. sinensis	5	4	Amarilla, exudado.	Gris, espinas, rugosa.	Follaje
93	<i>C. reticulata</i>	16.6-13	8.5	Amarilla, exudado	Gris, espinas, rugosa.	Follaje
94	<i>C. limetta</i>	19.6-15.9	15.5	Crema	Café, espinas, rugosa	Follaje
95	<i>C. sinensis</i>	22.5-32.2	11.5	Amarillo pálido	Ocre, espinas, rugosa	Follaje
96	<i>C. sinensis</i>	26.2	10	Amarillo pálido	Ocre, espinas, rugosa	Follaje
97	<i>C. reticulata</i>	15	4	Amarillo, exudado	Gris, espinas, rugosa	Follaje
98	<i>C. sinensis</i>	6-7.7	7.5	Amarillo pálido	Café, espinas, rugosa	Follaje
99	<i>C. limon</i>	2.4	3	Amarillo pálido	Café, espinas, rugosa	Follaje

100	<i>C. limon</i>	16-15.5	13.5	Amarilla	Ocre, espinas,rugosa	Follaje
101	<i>C. sinensis</i>	6.2	5.5	Amarillo,exudado	Ocre, espinas,rugosa	Follaje
102	<i>C. sinensis</i>	9.4-10.5	10.5	Amarillo pálido	Gris, espinas,rugosa	Follaje
103	<i>C. limon</i>	14.5-11.2	12	Amarilla	Gris, espinas,rugosa	Follaje
104	<i>C. limon</i>	8.2	6.5	Amarillo pálido	Ocre, espinas,rugosa	Follaje
105	<i>C. limon</i>	15.9	5.9	Amarilla, exudado	Gris, espinas,rugosa	Follaje
106	<i>C. sinensis</i>	21.2-19.6	15	Amarillo	Ocre, espinas, lisa	Follaje
107	<i>C. sinensis</i>	10-11	4	Amarilla, exudado	Ocre, espinas,rugosa	Follaje
108	<i>C. limon</i>	2.8	2.5	Amarillo, exudado	Gris, espinas,rugosa	Follaje
109	<i>C. reticulata</i>	7.1-5.6	4.7	Amarillo,exudado	Gris, espinas,rugosa	Follaje
110	<i>C. sinensis</i>	16.5-12.4	13	Amarillo pálido	Gris, espinas,rugosa	Follaje
111	<i>C. reticulata</i>	12.3-11.5	8	Amarilla, exudado	Gris, espinas,rugosa	Follaje
112	<i>C. sinensis</i>	11.7	10	Amarillo pálido	Gris, espinas,rugosa	Follaje
113	<i>C. reticulata</i>	5.8-6.7	4	Amarillo pálido	Gris, espinas,rugosa	Follaje
115	<i>C. reticulata</i>	14.1-8.9	7	Amarillo, exudado	Gris, espinas,rugosa	Follaje

Colectores: R. Gómez & E. Ayarce.

Anexo 2. Formato de colección.

FORMATO DE COLECCION
Ciclos de vida y plantas hospederas de mariposas promisorias

1. DATOS DE COLECCION

Fecha :	Sitio de colección :
Localidad :	
Unidad del paisaje :	Altitud :
Vegetación aledaña:	

2. MATERIAL COLECTADO

Huevos _____	Cantidad :	Larva _____	Cantidad :
	Descripción* :		Descripción* :

*Tamaño, color, otros.

*Tamaño,color,estado,actividad...

Especie : _____

3. LOCALIZACION EN LA PLANTA

Especie :	
Altura del vástago :	Estado fenológico del vástago :
Altura a la que se hizo la colección :	
Orgáno en el que se hizo la colección :	
Número de hojas :	No. Colección :

4. OVIPOSICION

Tipo de postura : Solitaria _____
 Gregaria _____ No. de huevos por postura: _____

Hábito de oviposición* :

*Ubicación y características de las posturas.

5. HERBIVORIA

Hábito de herbivoría :

6. ENEMIGOS NATURALES

Observaciones de parásitos y/o predadores :

Anexo 3. Formato de laboratorio (Adaptado de Fagua & Ruiz 1993).

Anexo 4. Mariposas de interés comercial colectadas en la Comunidad Indígena de Peña Roja (Agosto, 1999). Fotografías de Sandra Constantino y Giovanni Fagua.

-Papilionidae.



Eurytides dolicaon deileon



Heraclides thoas cinyrias



Protesilaus aguiari



Heraclides anchisiades anchisiades

- **Nymphalidae.**



Anartia amathea



Baeotus japetus



Catonephele chromis



Colobura dirce



Dryas iulia



Eunica bechina



Eunica clytia



Hamadryas belladonna



Hamadryas feronia



Heliconius astraea rondonia



Marpesia petreus



Morpho menelaus occidentalis



Philaetria dido



Pierella astyoche



Pierella hortona



Pierella lena

- **Pieridae**



Anteos menippe

Anexo 5. Tablas de vida de *Heraclides anchisiades anchisiades* de acuerdo al hospedero y a la época de estudio.

- Tabla de vida de *Heraclides anchisiades anchisiades* con dieta de *Citrus sinensis* durante febrero-abril.

	ax	Lx	dx	qx
Huevo	122	1	0.77	0.77
Instar 1	28	0.23	0.05	0.21
Instar 2	22	0.18	0.03	0.18
Instar 3	18	0.15	0.03	0.17
Instar 4	15	0.12	0.09	0.73
Instar 5	4	0.03	0.01	0.25
Pupa	3	0.02		

- Tabla de vida de *Heraclides anchisiades anchisiades* con dieta de *Citrus sinensis* durante mayo-julio.

	ax	lx	dx	qx
Huevo	63	1	0.16	0.16
Instar 1	53	1	0.59	0.69
Instar 2	16	0.25	0.03	0.12
Instar 3	14	0.22	0	0
Instar 4	14	0.22	0.03	0.14
Instar 5	12	0.19	0	0
Pupa	12	0.19		

- Tabla de vida de *Heraclides anchisiades anchisiades* con dieta de *Citrus reticulata* durante febrero-abril.

	ax	lx	dx	qx
--	----	----	----	----

Huevo	183	1	0.4	0.4
Instar 1	110	0.6	0.09	0.4
Instar 2	94	0.51	0.17	0.34
Instar 3	62	0.34	0.15	0.43
Instar 4	35	0.19	0.08	0.43
Instar 5	20	0.11	0.05	0.5
Pupa	11	0.06		

- Tabla de vida de *Heraclides anchisiades anchisiades* con dieta de *Citrus reticulata* durante mayo-julio.

	ax	lx	dx	qx
Huevo	63	1	0.62	0.61
Instar 1	24	0.38	0.16	0.42
Instar 2	14	0.22	0.03	0.14
Instar 3	12	0.19	0.05	0.25
Instar 4	9	0.14	0.04	0.33
Instar 5	6	0.1	0.04	0.33
Pupa	4	0.06		

Anexo 6. Precios en el mercado internacional de las especies de mariposas ornamentales colectadas en la Comunidad Indígena de Peña Roja.

<i>Especie de mariposa</i>	<i>Valor (\$)</i>
Heraclides anchisiades anchisiades	5.400
Eurytides dolicaon deileon	5.700
Heraclides thoas cinyrias	54.250
Anartia amathea	6.000
Baeotus japetus	9.600
Cathonephele chromis	21.400 (Hembra) – 2.700 (Macho)
Colobura dirce	4.200
Dryas iulia	5.300
Haetera piera	3.200

Eunica clytia	25.800 (<i>Hembra</i>)
Hamadryas belladonna	8.500 (<i>Hembra</i>) – 4.200 (<i>Macho</i>)
Hamadryas feronia	5.900
Heliconius astraea rondonia	
Marpesia petreus	3.200
Morpho menelaus occidentalis	34.400 (<i>Hembra</i>) – 97.000 (<i>Macho</i>)
Philaetria dido	7.800
Pierella astyoche	8.600
Pierella hortona	8.500
Pierella lena	9.000
Anteos menippe	2.700 (<i>Macho</i>)
Parides lysander	6.000
Historis odius	9.000
Callicore excelsior	69.000 (<i>Macho</i>)
Heliconius doris	4.315
Heliconius sara	4.315