

**PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA
CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADUADOS**

**DESARROLLO DE PROTOCOLOS DE MUESTREO Y
EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN DE PRÁCTICAS AGRÍCOLAS
CON LA POBLACIÓN DE PLAGAS CUARENTENARIAS EN
Dracaena marginata EN COSTA RICA**

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito para optar por el grado de:

Magister Scientiae en Agricultura Ecológica

Por

Julia Karina Prado Beltrán

Turrialba, Costa Rica, 2006

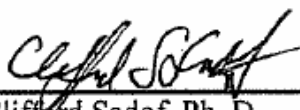
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE, y aprobada por el Comité Consejero del estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

Magister Scientiae en Agricultura Ecológica


FIRMANTES:



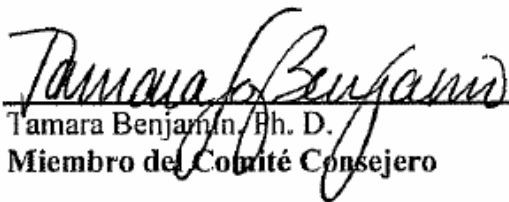
Fernando Casanoves, Ph. D.
Consejero Principal



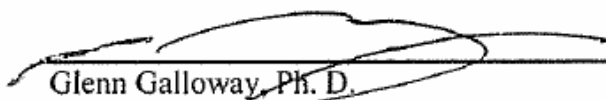
Clifford Sadof, Ph. D.
Miembro del Comité Consejero



Eduardo Hidalgo, M. Sc.
Miembro del Comité Consejero



Tamara Benjamin, Ph. D.
Miembro del Comité Consejero



Glenn Galloway, Ph. D.
Decano de la Escuela de Posgrado



Julia Karina Prado Beltrán
Candidato

DEDICATORIA

A mi Dios y a la Virgen María por sus bendiciones que hacen que cada día sea mejor y por darme la fortaleza para seguir adelante en cada momento de mi vida.

A mis padres por ser el apoyo incondicional en cada nueva oportunidad, por enseñarme a valorar el esfuerzo propio y por ser mi fuente de inspiración.

A mis hermanas por estar siempre a mi lado con su cariño y paciencia.

Al Proyecto Dracaena porque hizo posible la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Fernando Casanoves por ser además de un excelente asesor un buen maestro, por su dedicación, confianza, paciencia y sobre todo por hacer posible la culminación de este trabajo.

A Eduardo Hidalgo por su orientación y enseñanzas a lo largo de este tiempo.

Al Dr. Clifford Sadof por sus conocimientos y su valiosa colaboración en mi formación profesional.

A la Dra. Tamara Benjamín por su apoyo incondicional y orientación.

A Gabriela Soto por su confianza y cariño.

A Milagros y Armando por su colaboración y esfuerzo en la fase de campo.

Al Proyecto Dracaena por financiar esta investigación y por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto.

A mis amigos por lo mucho que me han enseñado, por todas las experiencias compartidas durante estos dos años y por ser el soporte para seguir adelante.

A toda la gente que me brindó su apoyo y que hizo posible la realización de este trabajo.

BIOGRAFÍA

El autor nació en Quito, Ecuador el 12 de abril de 1975. Se graduó en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano en 1996 como Ingeniera Agrónoma en el Departamento de Horticultura. Trabajó en empresas de ornamentales para exportación en el área de Fitoprotección con énfasis en el Manejo Integrado de Plagas. Durante este período participó en la certificación con Flower Label Program (FLP) y normas ISSO 9000 2001 de las fincas y en el seguimiento al cumplimiento de las normas.

CONTENIDO

| | |
|---|------|
| DEDICATORIA | III |
| AGRADECIMIENTOS | IV |
| BIOGRAFÍA | V |
| CONTENIDO | VI |
| RESUMEN | X |
| SUMMARY | XI |
| ÍNDICE DE CUADROS | XII |
| ÍNDICE DE FIGURAS | XIV |
| LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS | XVII |
| 1 INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 Antecedentes | 1 |
| 1.2 Justificación | 2 |
| 1.3 Objetivos | 4 |
| 1.3.1 Objetivo general..... | 4 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 4 |
| 1.4 Hipótesis | 4 |
| 2 MARCO CONCEPTUAL | 5 |
| 2.1 El cultivo de <i>Dracaena marginata</i> en Costa Rica | 5 |
| 2.1.1 Generalidades..... | 5 |
| 2.1.2 Clima..... | 5 |
| 2.1.3 Manejo de la plantación..... | 6 |
| 2.1.4 Control de calidad del material de exportación | 8 |
| 2.2 Medidas para el control de plagas..... | 8 |
| 2.2.1 Monitoreo..... | 9 |
| 2.2.2 Limpieza y mantenimiento de infraestructura de producción | 9 |
| 2.2.3 Personal..... | 10 |
| 2.2.4 Métodos físicos y mecánicos | 10 |
| 2.2.5 Control cultural | 10 |
| 2.2.6 Manejo de malezas..... | 11 |
| 2.2.7 Manejo de la fertilización | 12 |
| 2.2.8 Plaguicidas biológicos | 12 |
| 2.2.9 Control químico | 12 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.2.10 | Nuevas estrategias..... | 13 |
| 2.3 | Buenas prácticas agrícolas..... | 13 |
| 2.4 | Principales plagas de <i>D. marginata</i> | 15 |
| 2.4.1 | Biología y ecología de cicadélidos (Homóptera: Cicadellidae)..... | 15 |
| 2.4.2 | Métodos de control de cicadélidos..... | 17 |
| 2.4.3 | Biología y ecología de escamas (Homoptera: Coccoidea)..... | 18 |
| 2.4.4 | Métodos de control de escamas..... | 20 |
| 2.4.5 | Biología y ecología de tetigónidos (Orthoptera: Tettigoniidae)..... | 21 |
| 2.4.6 | Métodos de control de tetigónidos..... | 22 |
| 2.4.7 | Biología y ecología de moluscos (Stylommatophora: Succineidae)..... | 23 |
| 2.4.8 | Métodos de control de moluscos..... | 25 |
| 2.5 | Metodología de muestreo..... | 26 |
| 3 | ARTÍCULO 1: Desarrollo de un protocolo de muestreo para plagas en <i>Dracaena marginata</i> | 28 |
| 3.1 | Introducción..... | 28 |
| 3.2 | Materiales y métodos..... | 29 |
| 3.2.1 | Área de estudio..... | 29 |
| 3.2.2 | <i>Dracaena marginata</i> | 30 |
| 3.2.3 | Fincas en estudio..... | 30 |
| 3.2.4 | Muestreo..... | 32 |
| 3.2.5 | Análisis estadístico..... | 38 |
| 3.3 | Resultados..... | 39 |
| 3.3.1 | Análisis de datos de muestreo preliminar en escamas..... | 39 |
| 3.3.2 | Selección del tamaño de la cuadrícula para el muestreo sistemático..... | 44 |
| 3.3.3 | Evaluación de la distribución de las hojas infectadas y el número de escamas dentro del tips..... | 46 |
| 3.3.4 | Asociación entre la infestación de número de hojas y número de escamas por hoja..... | 48 |
| 3.3.5 | Distribución de plagas sobre la planta..... | 49 |
| 3.4 | Discusión..... | 53 |
| 3.4.1 | Distribución de plagas dentro de la planta..... | 53 |
| 3.4.2 | Distribución de plagas dentro del tips..... | 54 |
| 3.4.3 | Distribución de plagas por tamaño de tips..... | 55 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 3.4.4 | Distribución de enemigos naturales dentro de la planta | 55 |
| 3.5 | Conclusiones | 56 |
| 3.6 | Recomendaciones | 57 |
| 4 | ARTÍCULO 2: Evaluación de la abundancia de plagas y su relación con las prácticas agrícolas en <i>Dracaena marginata</i> | 58 |
| 4.1 | Introducción..... | 58 |
| 4.2 | Materiales y métodos | 60 |
| 4.2.1 | Área de estudio | 60 |
| 4.2.2 | <i>Dracaena marginata</i> | 60 |
| 4.2.3 | Caracterización general de las prácticas agrícolas..... | 61 |
| 4.2.4 | Fincas en estudio..... | 61 |
| 4.2.5 | Muestreo | 62 |
| 4.2.6 | Identificación de especies | 63 |
| 4.2.7 | Variables analizadas | 63 |
| 4.2.8 | Análisis estadístico | 67 |
| 4.3 | Resultados..... | 69 |
| 4.3.1 | Análisis de la abundancia de plagas | 69 |
| 4.3.2 | Análisis de las prácticas agrícolas | 79 |
| 4.4 | Discusión | 85 |
| 4.4.1 | Generalidades..... | 85 |
| 4.4.2 | Influencia de prácticas agrícolas sobre las plagas | 87 |
| 4.4.3 | Influencia de prácticas agrícolas sobre los enemigos naturales..... | 92 |
| 4.5 | Conclusiones..... | 94 |
| 4.6 | Recomendaciones | 95 |
| 5 | BIBLIOGRAFÍA..... | 96 |
| Anexo 1: | Encuesta utilizada para la caracterización de prácticas agrícolas a los productores de <i>Dracaena marginata</i> | 108 |
| Anexo 2: | Valores de temperatura y humedad relativa promedio y precipitación mensual para las zonas de producción del Atlántico y la Tigra..... | 109 |
| Anexo 3: | Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de infestación de cicadélidos y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006..... | 110 |
| Anexo 4: | Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de infestación de tetigónidos y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006..... | 111 |

| | |
|--|-----|
| Anexo 5: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de huevos de tetigónidos tipo 1 y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006 | 112 |
| Anexo 6: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de huevos de tetigónidos tipo 2 y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006 | 113 |
| Anexo 7: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de huevos de tetigónidos tipo 3 y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica 2006 | 114 |
| Anexo 8: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de infestación de moluscos y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006 | 115 |
| Anexo 9: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de infestación de escamas y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006 | 116 |
| Anexo 10: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de infestación de hojas con escamas y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006 | 117 |
| Anexo 11: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de huevos de cicadélidos parasitados, no parasitados y emergidos y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006 | 118 |
| Anexo 12: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de huevos de cicadélidos tipo 1 y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006 | 119 |
| Anexo 13: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de huevos de cicadélidos tipo 2 y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006 | 120 |
| Anexo 14: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de huevos de cicadélidos tipo 3 y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006 | 121 |
| Anexo 15: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de huevos de cicadélidos tipo 5 y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006 | 122 |
| Anexo 16: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre escamas parasitadas y no parasitadas y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006 | 123 |
| Anexo 17: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre la especie de escamas <i>Aspidiotus</i> y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006 | 124 |
| Anexo 18: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre la especie de escamas <i>Chrysomphalus</i> y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006 | 125 |
| Anexo 19: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre la especie de escamas <i>Pinnaspis</i> y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006 | 126 |
| Anexo 20: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre otros géneros y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006 | 127 |

RESUMEN

Las intercepciones en los puertos de Estados Unidos por plagas cuarentenarias en embarques de *Dracaena* spp. y las regulaciones de mercado establecidas por las mismas, han generado altas pérdidas económicas a los productores de plantas ornamentales. Costa Rica, mediante el Programa de Material Propagativo Sano, busca identificar las plagas cuarentenarias y establecer diferentes planes de manejo del cultivo para lograr disminuir las intercepciones.

Por esta razón el objetivo de este estudio fue establecer un protocolo para el muestreo de plagas cuarentenarias y determinar el efecto de las prácticas agrícolas que los productores utilizan en los sistemas de producción de *Dracaena marginata* var. verde, magenta y bicolor sobre las poblaciones de plagas cuarentenarias. Las plagas cuarentenarias evaluadas fueron escamas, moluscos, tetigónidos y cicadélidos.

Los resultados muestran que debido a que las plagas generalmente tienen una distribución agregada, el muestreo sistemático de 10×10 es útil para detectar estos patrones de agregación en el campo. Se encontró que el grado de infestación de las plagas cuarentenarias en campo varía en los diferentes estratos de la planta y de acuerdo a la posición de la hoja dentro del tips; la porción intermedia de la planta y las hojas sobre la caña son las más infestadas. La variedad magenta fue la menos infestada en todos los sistemas estudiados.

La fertilización tiende a aumentar la población de cicadélidos y disminuir tetigónidos y escamas. La aplicación de insecticidas disminuye la población de cicadélidos y aumenta las escamas y los tetigónidos. A medida que aumenta la frecuencia de deshierbe se incrementa la población de tetigónidos y disminuye la de escamas y cicadélidos. La población de tetigónidos y moluscos disminuye con la densidad de plantación y aumenta la de cicadélidos. El nivel de parasitismo de cicadélidos y de escamas disminuye con la aplicación de insecticidas y con la frecuencia de deshierbe y aumenta con la densidad de plantación.

Palabras claves: *tips*, huevos de cicadélidos, huevos de tetigónidos, escamas, moluscos, prácticas agrícolas, muestreo sistemático, distribución en la planta.

SUMMARY

Quarantine regulations for exotic pests found on *Dracaena* spp. shipments into United States ports have caused significant economic losses for producers of ornamental plants. In Costa Rica, the goal of the Clean Stock Program is to identify the pests associated with *Dracaena* spp. and to establish different management plans to reduce their infestation.

Producers carry out different management practices which directly affect the pest populations. The objective of this study was to establish a guide for the sampling of the quarantined pests and to determine the effect of agricultural practices used in the production of *Dracaena marginata* var. green, magenta y bi-color on their populations. The pests that were studied were scales (Homoptera: Coccoidea), snails (Stylommatophora: Succineidae), katydids (Orthoptera: Tettigoniidae) and leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae).

The results indicate that the pests appear in an aggregated distribution; therefore a sampling density of 10x10 is a useful method to detect it in a plantation. The study also found that the degree of infestation of the quarantined pest in the field differs in regard to plant parts and position of the leaf on the tips. The middle part of the plant and the leaves above the cane are the parts that are most affected. The variety magenta was the least affected by the pests.

Fertilization tends to augment the population of leafhoppers and to reduce the populations of katydids and scales. The application of insecticides decreases leafhopper populations but increases scale and katydid populations. In cases where the frequency of weeding increases, katydid populations are amplified and scale and leafhopper populations are diminished. Katydid and snail populations decrease with regard to the density of ornamental plants in the plantation, whereas the leafhopper populations were increased. The level of parasitism on leafhoppers and scales declines when there is an increase in the application of insecticides, frequency of weeding and plant density in the plantation.

Key words: tips, eggs of leafhoppers, eggs of katydids, scales, snails, agricultural practices, systematic sampling, distribution of the plant.

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Descripción de los lotes en estudio de <i>Dracaena marginata</i> de acuerdo a la zona de producción en Costa Rica, 2006 | 31 |
| Cuadro 2. Análisis de varianza y componentes de varianza para los distintos factores en sistemas de producción de tips ubicados en el Atlántico, 2006 | 40 |
| Cuadro 3. Componentes de varianza para los distintos factores en sistemas de producción de tips en cañas ubicados en el Atlántico, 2006..... | 43 |
| Cuadro 4. Análisis de varianza y componentes de varianza para los distintos factores en sistemas de producción de cañas ubicados en el Atlántico, 2006 | 44 |
| Cuadro 5. Distribución del número de escamas promedio por hoja, según la posición de la hoja en caña o cogollo en tres variedades de <i>D. marginata</i> | 46 |
| Cuadro 6. Tablas de contingencia para la asociación categoría de número de escamas y categoría número de hojas atacadas | 49 |
| Cuadro 7. Porcentajes de puntos de muestreo infestados con plagas según su distribución en la planta y la posición dentro del tips con sus correspondientes significancias estadísticas para las pruebas de independencia entre la ubicación dentro de la planta y presencia de insectos muestreadas en verano e invierno..... | 50 |
| Cuadro 8. Porcentajes de puntos de muestreo infestados con tipo de huevos según su distribución en la planta y la posición dentro del tips con sus correspondientes significancias estadísticas para las pruebas de independencia entre la ubicación dentro de la planta y presencia de insectos muestreados en invierno | 51 |
| Cuadro 9. Porcentajes de puntos de muestreo infestados con insectos según el tamaño de tips con sus correspondientes significancias estadísticas para las pruebas de independencia entre el tamaño de tips y la presencia de insectos muestreados en invierno..... | 52 |
| Cuadro 10. Descripción de las prácticas agrícolas de las fincas en estudio en dos zonas de producción..... | 61 |
| Cuadro 11. Descripción de los lotes en estudio de <i>Dracaena marginata</i> de acuerdo a la zona de producción..... | 62 |
| Cuadro 12. Categoría de insectos y moluscos usadas para el análisis de la relación entre población de plagas y prácticas agrícolas en dos zonas de producción en Costa Rica, 2006..... | 68 |
| Cuadro 13. Número de puntos de muestreo infestados con escamas parasitadas y no parasitadas (abundancia de escamas entre paréntesis) en dos zonas de producción en Costa Rica, 2006..... | 71 |
| Cuadro 14. Número de puntos de muestreo infestados con huevos de cicadélidos parasitados, no parasitados y emergidos (abundancia de huevos entre paréntesis) en dos zonas de producción en Costa Rica, 2006..... | 71 |
| Cuadro 15. Número de puntos de muestreo infestados por tipo de huevos de cicadélidos parasitados, no parasitados y emergidos (abundancia de huevos entre paréntesis) en dos zonas de producción en Costa Rica, 2006..... | 73 |
| Cuadro 16. Número de puntos de muestreo infestados con huevos de tetigónidos y adultos de molusco en verano e invierno y categoría de huevos de tetigónidos en | |

| | |
|---|----|
| invierno (abundancia entre paréntesis) en dos zonas de producción en Costa Rica, 2006..... | 74 |
| Cuadro 17. Valor p del ANOVA para los efectos estudiados en cada plaga en lotes de <i>D. marginata</i> en dos zonas de producción en Costa Rica, 2006..... | 75 |
| Cuadro 18. Significancias estadísticas para las pruebas de independencia entre prácticas agrícolas y categorías de insecto en sistemas de producción ubicados en dos zonas de Costa Rica, 2006..... | 80 |
| Cuadro 19. Relaciones entre prácticas agrícolas y la frecuencia de categorías de insectos muestreados en lotes de <i>D. marginata</i> ubicados en dos zonas de Costa Rica, 2006 | 80 |
| Cuadro 20. Significancias estadísticas para las pruebas de independencia entre prácticas agrícolas y categoría de tipo de huevos de tetigónidos en invierno en dos zonas de Costa Rica, 2006..... | 81 |
| Cuadro 21. Relaciones entre la frecuencia de prácticas agrícolas y la categoría tipo de huevos de tetigónidos en dos zonas de Costa Rica, 2006 | 81 |
| Cuadro 22. Significancias estadísticas para las pruebas de independencia entre prácticas agrícolas y categorías de cicadélidos parasitados, no parasitados y emergidos en dos zonas de Costa Rica, 2006 | 82 |
| Cuadro 23. Significancias estadísticas para las pruebas de independencia entre prácticas agrícolas y categoría de tipo de huevos de cicadélidos parasitados, no parasitados y emergidos en invierno en dos zonas de Costa Rica, 2006..... | 83 |
| Cuadro 24. Relaciones entre la frecuencia de prácticas agrícolas y categorías de huevos de cicadélidos parasitados y emergidos muestreados en lotes de <i>D. marginata</i> ubicados en dos zonas de Costa Rica, 2006 | 84 |
| Cuadro 25. Significancias estadísticas para las pruebas de independencia entre prácticas agrícolas y categorías de escamas por género parasitadas y no parasitadas en dos zonas de Costa Rica, 2006..... | 85 |
| Cuadro 26. Relaciones entre la frecuencia de prácticas agrícolas y la categoría género de escamas parasitadas en dos zonas de Costa Rica, 2006 | 85 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Cicadélidos en <i>Dracaena marginata</i> , Costa Rica 2006: huevos de <i>Oncometopia</i> sp. (A), ninfa de <i>Empoasca</i> sp. (B) y adulto de <i>Oncometopia</i> sp. (C)..... | 16 |
| Figura 2. Escamas en <i>Dracaena marginata</i> en Costa Rica 2006: <i>Pinnaspis</i> sp. (A), <i>Aspidiotus</i> sp. (B), <i>Chrysomphalus</i> sp. (C). | 19 |
| Figura 3. Tetigónidos en <i>Dracaena marginata</i> en Costa Rica, 2006: huevos bajo la epidermis (A), huevos sobre la epidermis (B), adulto de <i>Conocephalus</i> sp. (C). | 21 |
| Figura 4: Adultos de moluscos en hojas de ornamentales: <i>Ovachlamys fulgens</i> en <i>D. marginata</i> (A), <i>Succinea</i> sp. en croton (B), <i>Guppya</i> sp. en <i>D. marginata</i> (C)..... | 23 |
| Figura 5. Ubicación de las zonas de estudio del Atlántico (Guápiles y Siquirres) y Huetár Norte (San Carlos). Fuente http://www.guiascostarica.com/mgeo1.gif | 30 |
| Figura 6. Escamas del género <i>Aspidiotus</i> : Machos adultos (A), ninfas (B), Hembra cubriendo los huevos..... | 32 |
| Figura 7. Escamas del género <i>Chrysomphalus</i> : Hembra adulta(A), Macho adulto (B), Ninfas (C)..... | 33 |
| Figura 8. Escamas del género <i>Pinnaspis</i> : Hembra adulta con huevos y estados juveniles (A), Macho adulto (B), Ninfas hembras (C). | 33 |
| Figura 9. Escamas de otros géneros: <i>Lepidosaphes</i> sp. (A), <i>Selenaspis</i> sp. (B), <i>Coccus</i> sp. (C). | 33 |
| Figura 10. Distribución de escamas dentro de tips: hojas basales y apicales en un tips (A), hojas basales (B), hojas apicales (C). | 35 |
| Figura 11. Huevos de cicadélidos viables (A), parasitados (B) y emergidos (C) categorizados como tipo 1..... | 35 |
| Figura 12. Huevos de cicadélidos viables (A), parasitados (B) y emergidos (C) categorizados como tipo 2..... | 36 |
| Figura 13. Huevos de cicadélidos viables (A), parasitados (B) y emergidos (C) categorizados como tipo 3..... | 36 |
| Figura 14. Huevos de cicadélidos viables (A), parasitados (B) y emergidos (C) categorizados como tipo 4..... | 36 |
| Figura 15. Huevos de cicadélidos viables (A), parasitados (B) y emergidos (C) categorizados como tipo 5..... | 36 |
| Figura 16: Ninfas de cicadélidos: <i>Empoasca</i> sp. (A), <i>Oncometopia</i> sp. (B). | 37 |
| Figura 17. Huevos de tetigónidos categorizados como tipo 1 (A) y como tipo 2 (B). | 37 |
| Figura 18. Huevos de tetigónidos categorizados como tipo 3: bajo la epidermis de la hoja (A), sobre la epidermis de la hoja (B). | 37 |
| Figura 19. Adultos de moluscos: <i>Guppya gundlachi</i> (A), <i>Ovachlamys fulgens</i> (B). | 37 |
| Figura 20. Promedios de escamas por variedad en el sistema de producción de tips en la zona Atlántica de Costa Rica. Letras distintas indican diferencias significativas (LSD Fisher, $p < 0,05$)..... | 41 |
| Figura 21. Promedios de escamas por tercio en la variedad bicolor en el sistema de producción de tips en la zona Atlántica de Costa Rica. Letras distintas indican diferencias significativas (LSD Fisher, $p < 0,05$)..... | 41 |

| | |
|--|----|
| Figura 22. Promedios de escamas por tercio en la variedad magenta en el sistema de producción de tips en la zona Atlántica de Costa Rica. Letras distintas indican diferencias significativas (LSD Fisher, $p < 0,05$)..... | 42 |
| Figura 23. Promedios de escamas por variedad en el sistema de producción de cañas en la zona Atlántica de Costa Rica. Letras distintas indican diferencias significativas (LSD Fisher, $p < 0,05$)..... | 43 |
| Figura 24. Distribución espacial de la población de escamas en <i>D. marginata</i> verde, determinada mediante muestreo sistemático en cuadrícula de 2×2 metros. | 45 |
| Figura 25. Distribución espacial de la población de escamas en <i>D. marginata</i> verde, determinada mediante muestreo sistemático en cuadrícula de 10×10 metros..... | 45 |
| Figura 26. Distribución del número de escamas según la posición de la hoja en la caña del tips. La hoja 1 es la más basal en la caña. | 47 |
| Figura 27. Distribución del número de escamas según la posición de la hoja en el cogollo del tips. La hoja 1 es la más basal en el cogollo. | 47 |
| Figura 28. Árboles de regresión para la asociación de la categoría número de escamas y la categoría número de hojas atacadas con escamas. | 48 |
| Figura 29. Ubicación de las zonas de estudio del Atlántico (Guápiles y Siquirres) y Huetár Norte (San Carlos). Fuente http://www.guiascostarica.com/mgeo1.gif | 60 |
| Figura 30. Huevos de cicadélidos viables (A), parasitados (B) y emergidos (C) categorizados como tipo 1. | 64 |
| Figura 31. Huevos de cicadélidos viables (A), parasitados (B) y emergidos (C) categorizados como tipo 2. | 64 |
| Figura 32. Huevos de cicadélidos viables (A), parasitados (B) y emergidos (C) categorizados como tipo 3. | 64 |
| Figura 33. Huevos de cicadélidos viables (A), parasitados (B) y emergidos (C) categorizados como tipo 4. | 64 |
| Figura 34. Huevos de cicadélidos viables (A), parasitados (B) y emergidos (C) categorizados como tipo 5. | 65 |
| Figura 35: Ninfas de cicadélidos: <i>Empoasca</i> sp. (A), <i>Oncometopia</i> sp. (B)..... | 65 |
| Figura 36. Huevos de tetigónidos categorizados como tipo 1 (A) y como tipo 2 (B). | 65 |
| Figura 37. Huevos de tetigónidos categorizados como tipo 3: bajo la epidermis de la hoja (A), sobre la epidermis de la hoja (B). | 65 |
| Figura 38. Escamas del género <i>Aspidiotus</i> : machos adultos (A), ninfas (B), hembra cubriendo los huevos (C). | 66 |
| Figura 39. Escamas del género <i>Chrysomphalus</i> : hembra adulta(A), macho adulto (B), ninfas (C). | 66 |
| Figura 40. Escamas del género <i>Pinnaspis</i> : hembra adulta con huevos y estados juveniles (A), macho adulto (B), ninfas hembras (C). | 66 |
| Figura 41. Escamas de otros géneros: <i>Lepidosaphes</i> sp. (A), <i>Selenaspis</i> sp. (B), <i>Coccus</i> sp. (C). | 66 |
| Figura 42: Adulto de moluscos: <i>Guppya gundlachi</i> (A), <i>Ovachlamys fulgens</i> (B). | 67 |
| Figura 43: Promedios de cicadélidos, tetigónidos y moluscos por época en dos zonas de Costa Rica, 2006. Letras distintas indican diferencias significativas (LSD Fisher, $P<0,05$). | 75 |
| Figura 44: Promedios de escamas y hojas infestadas con escamas por época en dos zonas de Costa Rica, 2006. Letras distintas indican diferencias significativas (LSD Fisher, $P<0,05$). | 76 |

| | |
|--|----|
| Figura 45. Promedios de tetigónidos por variedad en dos zonas de Costa Rica, 2006. Letras distintas indican diferencias significativas (LSD Fisher, $P < 0,05$)..... | 76 |
| Figura 46. Gráfico de puntos para la interacción época×zona para la población de huevos de tetigónidos en dos zonas de Costa Rica, 2006. | 77 |
| Figura 47: Gráfico de puntos para la interacción época×zona para la población de moluscos en dos zonas de Costa Rica, 2006. | 77 |
| Figura 48: Gráfico de puntos para la interacción época×zona para la población de escamas en dos zonas de Costa Rica, 2006. | 78 |
| Figura 49: Gráfico de puntos para la interacción época×zona para hojas infestadas con escamas en dos zonas de Costa Rica, 2006. | 78 |

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

BPA: Buenas Prácticas Agrícolas

COMEX: Ministerio de Comercio Exterior de Costa Rica

CSP: Clean Stock Program

MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería

MAP: Manejo Agroecológico de Plagas

MIP: Manejo Integrado de Plagas

PROCOMER: Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica

TLC: Tratado de Libre Comercio

USDA: United States Department of Agriculture

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Costa Rica cuenta con una economía pequeña, altamente dependiente del comercio y la inversión. En este sentido, ha desarrollado un exitoso y activo progreso de apertura hacia la continuidad de la integración en la economía mundial como medio para crear oportunidades de desarrollo y crecimiento (COMEX 2005). Por más de una década, Costa Rica ha buscado negociar Tratados de Libre Comercio (TLC's) con distintos socios comerciales como una forma de materializar el objetivo central de su política de comercio exterior, es decir promover, facilitar y consolidar una integración creciente del país a la economía internacional. Los principales socios de Costa Rica en cuanto al intercambio comercial como a las inversiones han sido los Estados Unidos y la Unión Europea (COMEX 2005).

El café y el banano son los rubros más importantes de exportación del sector agrícola, sin embargo otros productos como los melones, pinas, las plantas ornamentales y follajes han pasado a ser también importantes fuentes generadoras de divisas (COMEX 2005). El cultivo de plantas ornamentales de follaje ha adquirido mucha importancia en Costa Rica debido a sus grandes posibilidades de mercado a nivel internacional (Salas et ál. 1991). Uno de los grupos de plantas ornamentales que tiene gran demanda es *Dracaena* spp., de la cual varias especies son producidas por más de 500 medianos y pequeños productores y más de 40 empresas que se dedican a su exportación a los Estados Unidos (CSP 2005). Exporta anualmente más de US\$ 160 millones en plantas ornamentales a diferentes países del mundo, representando el 12% del total de exportaciones agrícolas del país. Un 52% del total de las exportaciones van dirigidas al mercado de los Estados Unidos, representando ingresos de más de US\$ 31 millones (PROCOMER 2005). La negociación del TLC entre los Estados Unidos y Centroamérica profundiza las políticas de apertura comercial y establece una zona de libre comercio. En una zona de este tipo se eliminan los aranceles y se fijan normas y procedimientos comunes para el comercio de bienes entre las naciones miembros, sin embargo cada uno de ellos mantiene su arancel frente a terceros países (Alonso 2005).

A pesar de las ventajas de la exportación de productos agrícolas para la economía de una nación, el comercio internacional puede representar una amenaza fitosanitaria para la

agricultura y agroindustria, debido al posible trasiego de plagas hacia los países importadores (CSP 2005). El aumento del intercambio a escala mundial de plantas ornamentales (plantas enraizadas, flores cortadas, estacas, bulbos, tubérculos, rizomas, etc.) ha originado el incremento de manera proporcional de la posibilidad de difusión de agentes patógenos peligrosos de plantas (Pape 1976). Para disminuir el riesgo de dispersión de tales plagas a nivel mundial, existen en todos los países prescripciones cuarentenarias que rigen la importación y se han establecido una serie de normas bajo el marco del Acuerdo sobre Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (MSF) y el Acuerdo de Obstáculos Técnicos al Comercio de la OMC que todos los países integrantes deben seguir (Alonso 2005). El acuerdo sobre MSF adicionalmente, establece las reglas básicas de los estándares de salud para plantas y animales, permitiendo que cada país establezca sus propios acuerdos y medidas de inspección. Sin embargo, las medidas deben estar basadas en la ciencia y no pueden utilizarse para restringir el comercio internacional y así proteger a los productores nacionales de la competencia internacional (Alonso 2005).

Actualmente, existe una restricción en Costa Rica para poder exportar plantas ornamentales (*Dracaena deremensis*, *D. fragans*, *D. godseffiana*, *D. marginata*, *D. reflexa* y *D. sanderiana*) mayores a 18” a los Estados Unidos (CSP 2005). Con el TLC, el grupo de Trabajo de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias estableció como prioridad en el ámbito agrícola el levantamiento de tal regulación que incrementará la altura máxima permitida de las plantas ornamentales de 18” a un máximo de 54” de tallo; esto se logrará siempre y cuando Costa Rica presente un Análisis de Riesgo (ARP) y diferentes planes de manejo del producto a exportar. Esta iniciativa recibe el nombre de *Clean Stock Program* o Programa de Material Propagativo Sano (Alonso 2005).

1.2 JUSTIFICACIÓN

Entre 1984 y 2004 hubo más de 7000 intercepciones en los puertos de Estados Unidos por plagas en embarques de *Dracaena* spp. provenientes de Costa Rica, representando un 30% del total de las intercepciones de productos agrícolas costarricenses (USDA 2005). Se identificaron plagas cuarentenarias tales como trips (Thysanoptera: Thripidae), tetigónidos (Orthoptera: Tettigoniidae), cicadélidos (Homóptera: Cicadellidae), escamas (Homóptera: Coccoidae) y moluscos (Stylommatophora: Succineidae, Helicarionidae, Philomycidae) que

representarían un riesgo fitosanitario para la agricultura de los Estados Unidos (USDA 2005). En 1993 una sola finca de ornamentales en Costa Rica llegó a perder US\$ 18000 por embarques de plantas ornamentales interceptados en el puerto de salida, la intercepción se hizo por la presencia del caracol terrestre *Subulina octona* (Monge 1996). En Estados Unidos la primer ley cuarentenaria se creó en 1800, debido a la introducción desde Oriente de la escama *Diaspidiotus perniciosus* que devastó cultivos de árboles frutales (Millar y Davidson 2005).

La producción de plantas ornamentales da soporte a grandes y medianas empresas y ha mejorado la calidad de vida de pequeñas familias productoras, creando una fuente estable de ingresos y generando trabajo en poblaciones vulnerables del área rural y sus alrededores (CSP 2005). La regulación que mantiene los Estados Unidos, con respecto a restringir la entrada de plantas ornamentales mayores a 18", así como el alto índice de intercepciones de plagas en exportaciones de material propagativo de *Dracaenas* provenientes de Costa Rica en los puertos de entrada de Estados Unidos, ha traído una serie de consecuencias negativas al sector exportador y productor, al limitar la diversificación de la oferta exportable y ocasionar pérdidas económicas a los pequeños y grandes productores (CSP 2005). Según el Ministerio de Comercio Exterior (COMEX), los exportadores de plantas ornamentales estiman que la ampliación del tamaño del tallo representará aproximadamente US\$ 15 millones adicionales de exportación por año (Alonso 2005).

La posibilidad de medidas preventivas como la fumigación obligatoria a embarques interceptados en los puertos de los Estados Unidos o el cierre del mercado si continúan subiendo las intercepciones ha fomentado el establecimiento de un Programa de Material Propagativo Sano en *Dracaena* sp. que tiene como objetivo identificar las plagas en campo y poscosecha, establecer técnicas de muestreo y evaluar las prácticas agrícolas que permitirán disminuir la presencia de plagas cuarentenarias en material de exportación .

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 *Objetivo general*

- Establecer un protocolo para el muestreo de escamas, cicadélidos, tetigónidos y moluscos y determinar el efecto de las prácticas agrícolas sobre sus poblaciones en el cultivo de *Dracaena marginata* var. bicolor, magenta y verde en las principales zonas productoras de Costa Rica.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Desarrollar un sistema de muestreo para cuantificar las poblaciones de plagas cuarentenarias en el cultivo de *Dracaena marginata* var. bicolor, magenta y verde.
- Caracterizar las prácticas agrícolas que los productores realizan para el control de plagas en los sistemas de producción de *Dracaena marginata* var. bicolor, magenta y verde.
- Determinar la relación de las prácticas agrícolas con la población de plagas cuarentenarias en el cultivo de *Dracaena marginata* var. bicolor, magenta y verde.
- Determinar la relación de las prácticas agrícolas con el parasitismo de la población de plagas cuarentenarias en el cultivo de *Dracaena marginata* var. bicolor, magenta y verde.

1.4 HIPÓTESIS

1. La distribución de la población de plagas cuarentenarias es diferente en las distintas partes de la planta de *Dracaena marginata* var. bicolor, magenta y verde.
2. Existe relación entre las prácticas agrícolas que realizan los productores en el cultivo de *Dracaena marginata* con la población de plagas cuarentenarias.
3. Existe relación entre las prácticas agrícolas que realizan los productores en el cultivo de *Dracaena marginata* con el parasitismo de los insectos cuarentenarios.

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 El cultivo de *Dracaena marginata* en Costa Rica

2.1.1 Generalidades

El género *Dracaena*, nativo de las regiones tropicales de Asia y África pertenece a la familia Agavaceae que engloba unas 40 especies, pero únicamente seis de ellas se producen comercialmente como ornamentales (*Dracaena deremensis*, *D. fragans*, *D. godseffiana*, *D. marginata*, *D. reflexa* y *D. sanderiana*) (Salas et ál. 1991). Con respecto a *D. marginata*, actualmente en Costa Rica se cultivan comercialmente cuatro variedades: la verde, la bicolor, la tricolor y la colorama; además existen dos variedades en vías de expansión que son la tigre o kiwi y la morada o magenta. Pueden comercializarse a Estados Unidos o Europa desde pequeñas plantas individuales (4–5”) o plantas con cañas de más de 18” de diferentes formas respectivamente (Acuña et ál. 1992). En los Estados Unidos los viveros de *Dracaena* se concentran en Florida y Hawai. En Florida las plantas son originarias de plantas de Costa Rica y del Caribe y en Hawai las plantas son originarias de proveedores locales. Este material está destinado para paisajes de interior, en donde se desarrollan bajo cuidados mínimos (USDA 2005).

2.1.2 Clima

Las plantas de *Dracaena* se adaptan bien desde el nivel del mar hasta los 1200 m de altitud. El mejor crecimiento de la parte aérea de la planta y de la raíz se da cuando la temperatura oscila diariamente entre los 24 y 32 °C (Fernández et ál. 1989). En zonas de baja temperatura, el ritmo de crecimiento disminuye, sin embargo las hojas son más largas con una coloración verde intenso y el *tips* es más compacto. Así mismo, la planta produce tallos más gruesos y entrenudos cortos. Requiere un promedio anual de precipitaciones alrededor de los 3000 mm anuales bien distribuidos y la humedad relativa promedio podría oscilar entre 90 y 95%. Cuando existen períodos sin precipitación y con alta luminosidad el crecimiento se reduce, y la calidad del follaje puede verse afectada por la deshidratación y el viento (PROEXANT 2006).

La mayoría de los productores establece el cultivo a pleno sol, sin embargo, cuando se desea producir mejor calidad de hijos (*tips*) en el Valle Central, donde la intensidad lumínica es muy alta, es aconsejable utilizar una malla de propileno para reducir la intensidad lumínica a 54–65 klux (5000–6000 candela/pie), aproximadamente entre 50 y 60% de sombra, dependiendo de la zona en que se cultive (Acuña et ál. 1992). En Costa Rica se cultiva en la zona Atlántica (Siquirres, Guácimo y Guápiles), en la zona Central (Palmares, La Garita y San Ramón) y en San Carlos en la zona Huetar Norte (Fernández et ál. 1989).

2.1.3 Manejo de la plantación

Tradicionalmente la *D. marginata* se comercializaba como hijos (*tips*), pero en los últimos años ha habido una fuerte demanda del mercado por otros tipos de productos, entre los cuales se incluyen cañas rectas, candelabros, múltiples, *branches*, *character* y *stumps* (Acuña et ál. 1992). El manejo necesario para obtener una mayor productividad depende del tipo de producto que se quiera de la plantación, sin embargo, una planta de *D. marginata* será más productiva cuanto mayor sea el número de tallos que tenga, siempre que éstos no sean fisiológicamente muy viejos (Fernández et ál. 1989).

2.1.3.1 Propagación

La propagación se realiza en forma vegetativa, por medio de puntas o hijos, cuyo tamaño recomendado es de 30 a 40 cm de altura (del corte a la punta de las hojas), con 2 a 5 cm de caña leñosa y de 1 a 2 cm de diámetro en el corte (Fernández *et al.* 1992). En muchos casos es recomendable hacer un pre-enraice de 10 a 15 días dependiendo de la época del año, variedad y zona; esto se hace para que la planta adquiera callosidad y con esto obtener una menor mortalidad en el campo, menor estrés de las plantas, menores gastos por siembra, etc. (PROEXANT 2006). La práctica de cortar las puntas de las hojas y quitar 3 ó 4 hojas basales a la planta que se usa como propágulo, permite tener una menor deshidratación de la planta y un menor porcentaje de muerte (PROEXANT 2006).

2.1.3.2 Poda

La poda de formación se definirá en base al tipo de producción y los fines económicos que existan, sin embargo, se puede decir que como norma se realiza a alturas de 22 a 60 cm (9” a 24”). Posterior a la poda brotan de dos a cuatro hijos, los cuales se dejan crecer y

vuelven a podarse a una cierta altura según el propósito que lleve la plantación (Acuña et ál. 1992). Estas podas generalmente se ejecutan quebrando los cogollos con la mano o con tijeras de podar. El hacerlo con la mano da un mejor promedio de hijos por corte, es más económico y rápido, sin embargo los cogollos no se pueden utilizar como propágulos ya que al tener un tallo muy tierno es muy propenso a quebrarse. Es importante que la planta tenga follaje en la parte inferior para disminuir los riesgos por ataque de bacterias que causan principalmente pudriciones del tallo (PROEXANT 2006).

La poda de producción también depende del producto que se desea obtener para exportar, *i.e.* para la producción de *tips* la planta se puede podar a menor altura que aquellas que van a ser utilizadas para producción de cañas (Acuña et ál. 1992). Al realizar esta poda la planta también debe quedar con follaje. En las variedades colorama, tricolor o bicolor no conviene dejar más de tres hijos por caña o rama, dado que esas variedades son menos vigorosas y al haber mucha competencia de hijos, las cañas o *tips* producidas serán muy delgadas (PROEXANT 2006). Si la plantación está dedicada a la producción de *tips* o hijos, se debe estar renovando la madera vieja, ya que los hijos van perdiendo vigor y los diámetros del tallo se disminuyen. Para realizar la poda de renovación se eliminan las ramas o cabezas en las que se han realizado muchos cortes (PROEXANT 2006).

2.1.3.3 Fertilización

Para el manejo de la fertilización se debe tomar en cuenta también la presión de corte a que está siendo sometida la plantación. Por ejemplo, plantas que se tienen para producción de *tips* requerirán mayor cantidad de fertilizante que las que se están esperando para producción de cañas (Acuña et ál. 1992). Las plantas que crecen al sol tienen un ritmo de crecimiento más acelerado que las que crecen bajo sombra, y por lo tanto las cantidades de fertilizante y la frecuencia de aplicación serán mayores (Fernández et ál. 1989). En regiones con alta precipitación, humedad relativa y temperatura, las pérdidas de fertilizante por lixiviación y el consumo del mismo por crecimientos más acelerados de las plantas, serán mayores que en plantaciones con niveles menores de los factores antes mencionados. Las plantas de *D. marginata* poseen en sus hojas una capa cerosa que impide la adsorción foliar de los nutrimentos, sin embargo la práctica ha demostrado que atomizaciones foliares son un buen complemento para la fertilización al suelo (PROEXANT 2006).

2.1.3.4 Enraice

El enraizamiento en *D. marginata* puede realizarse en campo, por medio del acodado, o bien en una estructura especialmente diseñada para dicho fin que se conoce con el nombre de enraizador. Para el enraice de esquejes en el enraizador se usan en algunos casos reguladores de crecimiento y son colocados sobre una mezcla con turba y arena tratada con fungicida (Acuña et ál. 1992).

2.1.4 Control de calidad del material de exportación

Los hijos para exportación deben ser uniformes en cuanto a tamaño, diámetro del tallo y características de la variedad. Deben ser simétricos, es decir que las hojas deben estar bien distribuidas alrededor del eje central y no recargadas a un solo lado. El número de hojas por *tips* debe ser similar para todos los *tips* de un mismo tamaño, el material para exportación debe estar totalmente libre de plagas, enfermedades y problemas fisiológicos (Gamboa 1988).

El manejo debe ser cuidadoso para evitar daños mecánicos como heridas, quebraduras de hojas, etc. Para el mercado de los Estados Unidos no se pueden enviar plantas mayores de 18” con raíces, ni que contengan el medio original de enraizamiento y/o tierra, por lo que este material se envía acodado y por vía aérea (Fernández *et al.* 1989). El mercado europeo es un poco más versátil en los tamaños y medios de enraizamiento permitidos, además de que dependiendo del medio de transporte se puede variar la forma de preparar el producto usando suelo, maceteros, etc. (Fernández et ál. 1989).

2.2 Medidas para el control de plagas

Las plagas constituyen un importante factor de riesgo en la producción de plantas ornamentales pues pueden causar disminución en los rendimientos y además, debido a las exigencias cuarentenarias de los importadores, la presencia de plagas en embarques de productos de exportación trae problemas en la comercialización de este material. Debido a ello los productores tienen un control intensivo de plagas basado exclusivamente en aplicaciones calendarizadas de plaguicidas (VIFINEX 2000). Esto ha provocado una compleja problemática que comprende la resistencia de las plagas, la eliminación de enemigos naturales, la deficiencia en los controles, los elevados costos de producción, las limitaciones

en el mercado de ornamentales por presencia de residuos tóxicos, la contaminación de aguas subterráneas y los riesgos que existen para la salud humana (Madrigal 1995).

Una alternativa para solucionar este problema ha sido el surgimiento del MIP (Manejo Integrado de plagas) y el MAP (Manejo Agroecológico de Plagas) en donde se utilizan todas las técnicas disponibles, como las prácticas agrícolas, los medios biológicos, el uso de abonos orgánicos, entre otras (Nicholls et ál. 1999). Cada una de estas prácticas contribuye a lograr un manejo generalizado de las plagas que afectan el cultivo, con el fin de mantener las poblaciones de insectos por debajo de los niveles de daño económico (CAD 2003). Pizano (1995) plantea que un buen MIP en cultivos ornamentales debe contemplar los aspectos como monitoreo, limpieza y mantenimiento de infraestructura de producción, manejo del personal, métodos físicos, mecánicos, culturales, biológicos y químicos, manejo de la fertilización y nuevas estrategias ecológicas.

2.2.1 Monitoreo

El monitoreo permite conocer con exactitud las plagas que causan problemas, donde están localizadas y el grado de severidad que afecta el cultivo (Pizano 1995). Además, se puede conocer y entender la dinámica de la población de los insectos en estudio y hacer un análisis de su abundancia en el tiempo (Leather y Watt 2004). Los métodos de muestreo pueden involucrar conteos del número de individuos por unidad de área o pueden incluir señales y técnicas de captura o colocación de trampas, esto con el objetivo de determinar si la población de insectos ha alcanzado el umbral económico y aplicar las medidas de control (Pizano 1995). El uso de plaguicidas sin considerar la densidad de la plaga y su daño potencial, representa un alto costo de producción, destrucción de especies de insectos benéficos, contaminación del ambiente con residuos tóxicos de pesticidas y selección de especies resistentes (Binns et ál. 2000).

2.2.2 Limpieza y mantenimiento de infraestructura de producción

Todo el equipo de la finca deberá estar sometido a las prevenciones fitosanitarias y ser monitoreado constantemente por los responsables, esto permite realizar las limpiezas internas de material contaminado y mantener en buen estado los equipos (Pizano 1995). Materiales que

pueden ser de riesgos físicos deben ser retirados del cultivo y la empacadora, como astillas de vidrio, grapas, pedazos de madera, etc. que de alguna forma pueden llegar al producto y/o ocasionar daños humanos (Ixcuintla 2004).

2.2.3 Personal

Debe controlarse el movimiento de personas de zonas infectadas a zonas sanas y asignar el personal exclusivo a las áreas que requieran especial cuidado, tales como lotes de producción de plantas madres y propagación para evitar la dispersión de plagas (Pizano 1995). Por ejemplo, en el caso de la escama *Aonidiella aurantii* en donde el movimiento de sus primeros instares a cortas distancias se le atribuye principalmente al movimiento del personal que realizan las labores diarias dentro de cultivos de naranjo, se recomienda entrar primero a las zonas menos afectadas y/o material propagativo (UC 1991).

2.2.4 Métodos físicos y mecánicos

Con el objetivo de prevenir problemas fitosanitarios en los cultivos de ornamentales se puede implementar el uso de aspiradoras, mallas antiinsectos, manejo de temperatura y humedad, control de corrientes de aire en las entradas, uso de trampas adhesivas de colores, trampas de luz, entre otras (Pizano 1995). Esto ha dado buenos resultados en el control de insectos en varios cultivos, como es el caso de huertos de manzano, el trampeo en el perímetro de los huertos ha sido exitoso para interceptar dípteros que invaden los huertos cercanas al cultivo. Los factores que contribuyen al éxito de ésta técnica son la baja infestación de la plaga, la alta densidad de trampas, la disponibilidad de un atrayente, la ausencia de plantas hospederas cercanas y el mantenimiento de trampas (Vincent et ál. 2003).

2.2.5 Control cultural

Son las labores preventivas que buscan obtener condiciones óptimas para las plantas y desfavorables para las plagas, tales como uso de variedades resistentes y adaptadas a la zona, siembras uniformes, deshojes, podas, manejo de hospederos alternos y áreas aledañas, manejo de malezas y destrucción de residuos de cosechas inmediatamente después de ésta (Pizano

1995). Ramírez (1996) indica que las prácticas de manejo afectan la actividad de los insectos y microorganismos de una manera directa al alterar las condiciones químicas y físicas.

2.2.6 Manejo de malezas

Con respecto al manejo de malezas, De la Cruz (1997) señala que estas crean a mediano o largo plazo un microclima de diversidad, lo que podría dar mayor estabilidad en el balance biológico de algunos insectos, patógenos y en la dinámica de nutrientes; pero junto con los elementos benéficos, se debe considerar el factor económico negativo a corto plazo. Alan et ál. (1995) indican que las malezas pueden proveer beneficios al ambiente ya que dan una buena cobertura del suelo que evita la erosión, adicionan materia orgánica, permite el reciclaje de nutrientes y pueden ser refugios o fuentes de alimentación de depredadores y parasitoides.

Norris y Kogan (2000) explican que existen relaciones tróficas entre artrópodos y malezas que son directas cuando el insecto plaga o el benéfico se alimenta directamente de la maleza, o son indirectas cuando el artrópodo se alimenta dañando el cultivo e impacta a la maleza por alteración de recursos del ecosistema o a través de las malezas que le sirven como hospederos alternos a los artrópodos benéficos presa. Las interacciones artrópodos-malezas-cultivo son evolutivamente dinámicas; y aunque la mayoría de la literatura sobre estas relaciones considera las malezas como elementos perjudiciales, la evidencia es débil e indirecta (Risch et ál. 1983). Las malezas pueden tener muchos y variables efectos sobre el cultivo y sobre la comunidad de artrópodos: reducen las poblaciones de la mayoría de los herbívoros especializados, aumentan las poblaciones de muchos herbívoros polípagos, favorecen los enemigos naturales, pueden reducir los costos de control de las plagas y tienen un efecto variable sobre el rendimiento del cultivo (Altieri y Letourneau 1982). De hecho las malezas deben considerarse un componente importante de un sistema de manejo integrado de plagas; aunque nuestra comprensión actual de los factores que afectan sus relaciones es aún rudimentaria y empírica (Altieri y Liebman 1988).

2.2.7 Manejo de la fertilización

Este efecto puede ser importante en el manejo de plagas, pues las deficiencias o la sobrefertilización con algún nutriente, por ejemplo nitrógeno podría incrementar los problemas de plagas. Los efectos observados podrían deberse a la respuesta diferencial del insecto ya sea al contenido total de nitrógeno, o a la forma específica en que aparezca (proteínas, aminoácidos libres o aminoácidos formando otras sustancias) dentro de la planta (Hilje 2005). Uno de los problemas es que los productores por cuestiones de comercialización para obtener plantas sanas y en poco tiempo aplican proporciones de fertilizantes por sobre lo recomendado, lo que ocasiona que altos niveles de fertilización produzcan en la planta altos niveles de nitrógeno y gran crecimiento foliar a expensas del crecimiento radicular, y a menudo de las defensas de la planta. Así se incrementa la población de insectos, lo cual implica más aplicaciones de insecticidas (Millar y Davidson 2005).

2.2.8 Plaguicidas biológicos

Comprende el uso de productos biológicos de muy reducida toxicidad y muy eficaces, tales como hongos entomopatógenos, depredadores y parasitoides (Pizano 1995). Un ejemplo evidente de la eficiencia de los productos biológicos es el control de tetigónidos en cultivos de palma aceitera con el uso del parasitoide *Stichotrema dallatorreanum* como una nueva herramienta en el manejo integrado de plagas, este parasitoide tiene un efecto en la capacidad de reproducción y fecundidad de los tetigónidos, reduciendo así el daño de la plaga. (Kathirithamby et ál.1998).

2.2.9 Control químico

Debido a las exigencias de calidad del mercado, además de las inspecciones fitosanitarias de los países importadores de ornamentales que las rechazarían si detectaran la presencia de cualquier insecto, se ha hecho necesario el uso racional y justificado de productos químicos, esta nueva forma de aplicación es un compromiso de todo floricultor para proteger el medio ambiente y la salud humana (Pizano 1995). Los insecticidas afectarán a las poblaciones en mayor o menor grado dependiendo, entre otros factores, del momento en que se efectúen las aplicaciones en relación a la fenología de la plaga, debido a que los distintos

estados de desarrollo presentan diferente sensibilidad a los productos químicos (Schooness y Giliomee 1982).

Los enemigos naturales pueden ser afectados por la aplicación de productos químicos para las distintas plagas presentes en un agroecosistema. Los efectos sobre las poblaciones de insectos benéficos pueden ser inmediatos, estando en relación a la cantidad de insecticida depositado durante la aplicación, o a largo plazo y dependiendo de los residuos tóxicos que permanecen posteriormente a la aplicación (Spollen y Hoy 1993).

2.2.10 Nuevas estrategias

El uso de jabones insecticidas (en base a grasas ácidas de sales potásicas), aceites vegetales (girasol, coco, soya, palma, algodón), aceites minerales (emulsiones), reguladores de crecimiento de los insectos, feromonas, extractos de plantas (fique, riania, etc.) pueden ser potencialmente importantes como formas alternativas de control de plagas (Malavolta et ál. 2003). Además, las técnicas de trampeo masiva y de confusión sexual mediante el uso de feromonas podrían mostrar respuestas positivas a los parasitoides (Pizano 1995). Un ejemplo del uso de estas herramientas es para el caso del manejo de escamas, la utilización de feromonas está direccionada hacia la detección de bajas infestaciones o focos de altas densidades y determinación de niveles poblacionales (Grout y Richards 1991). También pueden determinar los momentos oportunos según la fenología de la plaga para la realización de tratamientos químicos o liberación de parasitoides (Walter et ál. 1990).

La aplicación de estas prácticas requiere de mayor esfuerzo y disciplina, demanda investigación continua y un tiempo determinado de establecimiento y consolidación, el cual depende del interés en la implementación de estos programas. Para el éxito de estos programas se requiere capacitación de los recursos humanos, herramientas de trabajo y apoyo, y debe adoptarse como una política y disciplina que conduzca al cumplimiento de regulaciones y convenios a nivel regional, nacional e internacional (CAD 2003).

2.3 Buenas prácticas agrícolas

La respuesta de algunas instituciones preocupadas por los temas de inocuidad y sostenibilidad ha sido la de promover conceptos, consultar opiniones e instrumentar políticas

sobre buenas prácticas agrícolas (BPA) en conjunto con los distintos actores de la cadena agroalimentaria. Las BPA en la actualidad más que un atributo son un componente de competitividad, que permite al productor rural diferenciar su producto de los demás oferentes, con todas las implicancias económicas que ello hoy supone (mayor calidad, acceso a nuevos mercados, consolidación de los actuales, reducción de costos, etc.) (FAO 2004).

Las BPA constituyen una herramienta cuyo uso persigue la sustentabilidad ambiental, económica y social de las explotaciones agropecuarias, especialmente la de los pequeños productores subsistenciales, lo cual debe traducirse en la obtención de productos alimenticios y no alimenticios más inocuos y saludables para el autoconsumo y el consumidor. Según la FAO (2004) las BPA “consisten en la aplicación del conocimiento disponible a la utilización sostenible de los recursos naturales básicos para la producción, en forma benévola, de productos agrícolas alimentarios y no alimentarios inocuos y saludables, a la vez que se procuran la viabilidad económica y la estabilidad social”. La aplicación de las BPA implica el conocimiento, la comprensión, la planificación y mensura, registro y gestión orientados al logro de objetivos sociales, ambientales y productivos específicos.

Por otra parte, para los países de América Latina y el Caribe, las BPA constituyen un desafío y una oportunidad, ya que de su cumplimiento dependerá la entrada de sus productos a los mercados con mayor sensibilidad ambiental y creciente exigencia en calidad, ya sean estos externos o locales (FAO 2004). Entre las BPA para el control de plagas en cultivos, definidas por la FAO/EMBRAPA (2002), se tienen:

- Establecer los mecanismos educativos y legales para que los operadores sigan los principios de MIP para su control.
- Utilizar pesticidas y productos biológicos legalmente registrados, teniendo en cuenta el impacto ambiental, la selectividad, seguridad en los alimentos y el Límite de Residuo Máximo (MRL).
- Monitoreos frecuentes de la incidencia y densidad de la población de plagas y enemigos naturales.
- Establecer un sistema de registro eficaz de las prácticas agrícolas y otros procedimientos, así como los pesticidas utilizados implementados para el control de plagas.

- Establecer una estructura para mantener información de las condiciones climáticas para prevenir la presencia de las plagas.
- Capacitación continua de todo el personal involucrado en MIP, de manera tal que las estrategias de control las puedan definir los técnicos locales o agentes de extensión.

En general, las BPA aplican los conocimientos que se dispone para lograr la sostenibilidad ambiental, económica y social de la producción y de los procesos posteriores a la producción en la explotación agrícola, con el fin de obtener alimentos y productos agrícolas no alimenticios inocuos y sanos (FAO 2004). Muchos agricultores de los países desarrollados y en desarrollo ponen en práctica las BPA mediante métodos agrícolas sostenibles como la lucha integrada contra las plagas, la gestión integrada de los nutrientes y la agricultura de conservación. Estos métodos se aplican en un conjunto de sistemas agrícolas y en unidades de producción de diferente tamaño, incluso como aportación a la seguridad alimentaria, fomentados por políticas y programas estatales de apoyo (FAO 2004).

2.4 Principales plagas de *D. marginata*

2.4.1 Biología y ecología de cicadélidos (Homóptera: Cicadellidae)

Los cicadélidos son miembros de la familia Cicadellidae y deben parte de su importancia al hecho de que además de ocasionar daños directos al cultivo, son vectores de enfermedades causadas por virus y fitoplasma (Davies 1991). Las ninfas y los adultos (Figura 1) se alimentan de la savia de las hojas usando el estilete de sus partes bucales chupadoras. Son llamados también chicharritas o saltahojas y frecuentemente son de diversos patrones de colores, forma alargada y tienen una longitud menor a 15 mm (Godoy 2005).

Aunque algunas especies son anchas o angulares, la mayoría son delgadas y de lados casi paralelos. Poseen largas tibias posteriores que llevan hileras de espinas dispuestas longitudinalmente (Ross 1964). Las antenas de los adultos son a veces gruesas en la base, pero la porción apical tiene siempre la forma de una fina cerda o aguja. Los adultos son muy móviles y están adaptados para el salto, lo que les permite trasladarse de un hospedante a otro con gran agilidad (Davies 1991).



Figura 1. Cicadélidos en *Dracaena marginata*, Costa Rica 2006: huevos de *Oncometopia sp.* (A), ninfa de *Empoasca sp.* (B) y adulto de *Oncometopia sp.* (C).

Se puede encontrar hasta seis generaciones o más en un año, las cuales pasan por cinco estadios ninfales para convertirse posteriormente en adultos que pueden vivir de unas semanas a algunos meses. Cada instar es muy similar entre sí, diferenciándose fundamentalmente por un leve aumento en el tamaño de los primordios alares (Davies 1991). Las hembras tienen fuertes oviposidores que emplean para efectuar hendiduras en los tallos de las plantas (por lo general hierbas) o en las nervaduras de las hojas, con objeto de colocar allí los huevos (Ross 1964). Las hembras de la primera generación poseen un período de précopula de alrededor de una semana y luego del apareamiento depositan los huevos (Davies 1991).

Un tipo común de cuidado maternal en los insectos involucra cubrir los huevos ya depositados con los materiales que protegen las crías o mejoran las condiciones para su desarrollo. Diferentes insectos usan para este propósito secreciones del sistema reproductor de la hembra (glándulas accesorias), cera epidérmica, seda producida por las glándulas labiales, vellos, excrementos o materiales como los brochosomas. Los brochosomas son producidos por la mayoría de cicadélidos, pero su uso en oviposición parece estar especializado a un limitado número de especies (Rakitov 2004). Muchas hembras en la tribu Proconiini (Hemiptera: Cicadellidae) cubren sus masas de huevos con brochosoma especializado, que son sustancias compuestas de proteínas y lípidos que secretan cuando la hembra está preparándose para ovipositar (Hans et ál. 2005).

Los brochosomas son producidos en los complejos de Golgi en los tubos de Malpighi, se depositan en forma de manchas blancas en las alas anteriores, de donde la hembra se raspa durante la oviposición cubriendo de brochosomas en la epidermis de la planta bajo la cual sus huevos son insertados o en general directamente en los huevos depositados (Rakitov 2004). Las funciones de esta sustancia incluyen la protección de huevos contra patógenos, predadores y parasitoides y facilitan el intercambio de gases. También previene la desecación de los

huevos, los protege de la luz ultravioleta, es una señal para otras hembras que en ciertas hojas ya depositan los huevos y son antimicrobiales (Rakitov 2004).

Los cicadélidos se caracterizan por una gran amplitud ecológica, habitan en diferentes plantas ya sean cultivadas o silvestres y migran de unas a otras sin presentar solapamiento entre sus hábitats. La distribución espacial de algunas especies de cicadélidos está determinada en mayor medida por factores ambientales (temperatura y humedad) que condicionan el aumento o disminución de sus poblaciones en determinadas épocas del año (Hidalgo 1999). Puesto que la mayoría de homópteros se alimentan de partes jóvenes de las plantas, se esperaría la mayor abundancia de especies durante la estación lluviosa, ya que la producción de nuevo follaje se da durante esta época (Wolda 1988).

2.4.2 Métodos de control de cicadélidos

Las aplicaciones foliares de insecticidas han sido comúnmente usadas para el control de cicadélidos, se han usado en ocasiones en asociación con aceites minerales. Aunque los aceites actúan primero por contacto para la obstrucción del sistema respiratorio, ellos pueden también actuar como repelente de la oviposición. Entre los insecticidas que tienen buen control sobre los cicadélidos, se puede mencionar al neonicotinoide Imidacloprid (Confidor), Thiametoxam (Actara), carbamato Carbaril, el cual tiene el mismo modo de acción que los organofosforados, lo que sugiere que la falta de control de los organofosforados podría deberse a resistencia metabólica asociada a enzimas detoxificadoras de insecticidas. Los mejores resultados de control se obtienen cuando la población está en la primera generación, antes de que las ninfas alcancen el estado adulto reproductivo y comiencen a colocar sus huevos en las hojas (Vincent et ál. 2003).

Los problemas posiblemente causados por el uso excesivo de insecticidas de amplio espectro, obligan a la búsqueda de nuevas alternativas de control químico en el marco del manejo integrado de plagas. El control biológico es una opción, los cicadélidos son parasitados por especies de varias familias particularmente Eulophidae, Platygastriidae, Mymaridae, Trichogrammatidae, Chalcididae, Encyrtidae, Dryinidae, Pipuneulidae, Epipyropidae y Strepsiptera. De Long (1971) ha reportado un 60% de parasitismo de *Erythroneura plena* y *Typhlocyba prunicola*, un 78% de la segunda cría de *T. pomania* y que

Aphelopus comesi reduce la segunda cría de *Erythroneura maculata*. Varios tipos de hongos parasitan cicadélidos, entre los diferentes especies tenemos *Empusa sphaerosperma*, *E. apiculata*, *E. grillo*, *E. muscae*, *Metarrhizium album* y *M. brunneum* (De Long 1971).

Otra de las alternativas de manejo es manipular la biodiversidad para incrementar el control biológico de insectos plaga, se ha observado el rol de la vegetación adyacente en las poblaciones del parasitoide *Anagrus epos* y el cicadélido de la uva (*Erythroneura elegantula*). Murphy et ál. (1996) determinaron el rol de los hábitats riparios y de los parches de mora silvestre cerca de los viñedos en la efectividad de *A. epos* en parasitar el cicadélido de la uva y establecieron que los ciruelos adyacentes a viñedos podrían servir como sitios de refugio en el invierno para el parasitoide.

2.4.3 Biología y ecología de escamas (Homoptera: Coccoidea)

Las hembras son siempre ápteras, de movimientos lentísimos o completamente fijas y poseen una cubierta dura y cerosa que varía de café claro hasta oscuro casi negro (Figura 2). Esta cubierta es una mezcla de exuvia y cera. La familia Diaspididae comprende a los insectos con escudo y Coccidae comprende a los insectos sin escudo (Foldi 1990). Las escamas blandas producen mucha mielecilla y las escamas duras no la producen. La forma del insecto de escama dura varía grandemente dependiendo de la especie y las escamas suaves son generalmente más grandes llegando a alcanzar de 3 a 4 mm de largo (Powell y Lindquist 1994).

El escudo de los diaspididos actúa como una protección efectiva contra las agresiones físicas y químicas del ambiente. Las dificultades encontradas en el control químico de este grupo de insectos son debidas en gran parte a la presencia de este escudo, cuyas propiedades físicas de dureza e impermeabilidad constituyen una barrera para los insecticidas de contacto (Foldi 1990). Los machos son pequeños y delicados y tienen un único par de alas con sólo una o dos venas simples, su ciclo vital es relativamente sencillo. Tienen un dimorfismo sexual muy acusado (Ross 1964).



Figura 2. Escamas en *Dracaena marginata* en Costa Rica 2006: *Pinnaspis* sp. (A), *Aspidiotus* sp. (B), *Chrysomphalus* sp. (C).

Las hembras dejan los huevos bajo la cubierta protectora en forma de escama y después de la muerte de la madre, bajo este escudo se desarrollan las nuevas escamas. Las ninfas de primer estadio se arrastran activamente y colonizan nuevos huéspedes, constituyendo la principal fase de dispersión de su ciclo de vida. Tanto las hembras como las formas juveniles, que tienen una apariencia muy similar, se pueden presentar en gran número, originando daños directos a sus plantas huéspedes y transmitiendo a veces virosis (Pape 1976). Estas hembras se fijan muy pronto de manera definitiva y se limitan a chupar la savia; en esta situación les crece el escudo o se transforma en escudo la endurecida piel de su dorso (Davies 1991). La multiplicación de las escamas puede proseguir sin que el macho fecunde a la hembra (partenogénesis). La reproducción es bastante alta, bajo el escudo de una sola hembra se han contado hasta 3000 huevos (Bedford, 1998).

La edad de la planta es uno de los factores que influyen en las poblaciones de escamas, los árboles jóvenes con menor follaje son más propensos a tener mayores infestaciones que los maduros y con follaje más denso (Smith et ál. 1997). La escama utiliza todos los estratos de las plantas, pero la tasa de desarrollo, la sobrevivencia, la fecundidad de las hembras y el tamaño que alcanzan, dependen del sustrato vegetal sobre el cual viven. Asimismo, el sustrato vegetal influye en la estructura de edades de la población (Hare y Luck 1991).

El clima es uno de los factores más importantes que influye en la ecología de los diaspididos afectando casi todos los aspectos de su vida desde la emergencia y establecimiento de las larvas móviles hasta la reproducción y muerte de los adultos y determina su distribución temporal y espacial. Por otro lado, influye sobre la fenología, el ciclo estacional y la abundancia y de esta manera afectando profundamente la dinámica de poblaciones (Mc Clure 1990). La temperatura tiene efectos importantes en la duración del ciclo biológico, proporción de sexos, supervivencia y mortalidad de diversas especies; *i.e.* cuando aumenta la temperatura

la duración del ciclo tiende a disminuir, la probabilidad de que los individuos lleguen al estado adulto es menor, se incrementa el establecimiento de ninfas y el número de machos tiende a bajar (Mc Clure 1990). Atkinson (1983) encontró que la mortalidad de las escamas ubicadas en ramas finas, está fuertemente asociada a alta humedad relativa. Observó además, que lluvias excesivas durante la primavera y principios del verano están relacionadas con una mayor mortalidad, aunque señaló que probablemente no sea causada por un efecto de arrastre de los insectos de las ramas.

2.4.4 Métodos de control de escamas

La detección temprana es la parte más importante de un programa de control de escamas (Powell y Lindquist 1994). Los medios preventivos principales son las prácticas culturales, abonado racional, poca densidad de plantación, abundante ventilación y suficiente humedad del suelo, y mantener la plantas nuevas libres de escamas (Pape 1976). Muchos plaguicidas para escamas son solamente efectivos contra ninfas, sin embargo se recomienda usar los insecticidas con tensoactivos ya que así se consigue un mejor contacto y una mejor penetración a través de la coraza (Pape 1976). Si la infestación ha sido establecida, todos los estadios de desarrollo estarán presentes y el control será difícil. Deben aplicarse plaguicidas no sistémicos a intervalos de 14 a 21 días y los insecticidas sistémicos cada tres a cinco semanas. Se deben inspeccionar los nuevos retoños para verificar si la infección está esparciéndose (Powell y Lindquist 1994).

Raupp et ál. (2001) encontraron que el excesivo uso de insecticidas actualmente incrementa el número de especies de escamas en plantaciones urbanas. Cuando los paisajes de ornamentales fueron tratados con aplicaciones persistentes de insecticidas por más de cuatro años consecutivos, la población de enemigos naturales disminuyó, lo que permitió que la población de escamas incremente. Las prácticas tales como el uso de insecticidas con corto período de actividad residual, la aplicación de productos biológicos y el manejo del paisaje pueden ayudar a sustituir los productos altamente tóxicos y conservar los enemigos naturales (Raupp et ál. 2001). Se han usado predadores como el coccinélido *Lindoris lopotanae*. y parásitos *Leptomstix dactylopii* y *Aphytis melinus* (Miller y Davidson 2005). Las especies referidas a *Aschersonia* (Hongos mitosporicos: coelomycetes), se encuentran principalmente en América Tropical, sobre insectos pertenecientes a las familias Coccidae (Rojas 2000).

2.4.5 *Biología y ecología de tetigónidos (Orthoptera: Tettigoniidae)*

A estos insectos se les llama saltamontes, debido a que son capaces de saltar activamente empleando los poderosos músculos elevadores de las tibias que se encuentran acomodados en los fémures posteriores ensanchados (Figura 3). La familia Tettigoniidae contiene más de 6800 especies y se distinguen del resto de ortópteros por la longitud de sus antenas, las cuales son más largas que su propio cuerpo y pueden alcanzar una longitud de 2 a 2,5". Los machos tienen órganos productores de sonidos localizados en los ángulos posteriores de sus alas delanteras y las hembras de algunas especies les contestarán por medio de diferentes mecanismos de estridulación (Davies 1991).



Figura 3. *Tetigónidos en Dracaena marginata en Costa Rica, 2006: huevos bajo la epidermis (A), huevos sobre la epidermis (B), adulto de Conocephalus sp. (C).*

Las ninfas son usualmente muy diferentes a los adultos, esto les permite vivir diferentes hábitats y condiciones. Las hembras tienen un ovipositor que se extiende aproximadamente hasta 1 cm, aparece como una proyección al final del cuerpo durante la segunda fase ninfal y continúa aumentando hasta completar su desarrollo en la madurez. Los huevos son depositados en el tejido de la planta o debajo de las vainas de las hojas en grupos de dos a quince, la hembra deposita los huevos en el mesófilo de la hoja, para lo cual abre el margen de la hoja con el ovipositor. Pueden eclosionar de 14 a 35 días y tienen de cuatro a nueve estadios ninfales junto con un período de pre-ovulación de cerca de un mes. El ciclo de vida del insecto varía de siete a diez meses (Mau y Martín 1992).

Muchos tetigónidos son nocturnos y descansan durante el día camuflados en la vegetación, por su apariencia y características pueden confundirse con hojas, líquenes o ramitas. La mayoría de ellos se alimentan de hojas, flores, corteza y semillas, pero algunas especies son predadores, alimentándose de insectos, caracoles o aún de pequeños vertebrados como serpientes y lagartos, algunos de ellos son considerados plagas importantes de cultivos

comerciales (Capinera et ál. 1997). La vegetación parece ser el requisito en determinar la presencia de saltamontes, son usualmente dominantes en pasturas, malezas y en sitios con abundancia floral. Además están influenciados por la estructura física de la vegetación (Squitier y Capinera 2002). Fielding y Brusven (1992) determinaron que las características de las plantas hospederas (especie y fenología) y el microhábitat influyen en la distribución y ciclo de vida de estos insectos. La riqueza de las especies, composición y densidad de la población de saltamontes están correlacionadas con el número de especies de plantas en diferentes tipos de hábitats y están influenciadas por la temperatura y humedad del hábitat (Kemp et ál. 1990). En ambientes áridos y tropicales la población de saltamontes incrementa en proporción de la lluvia y la biomasa de la planta (Capinera et ál. 1997).

2.4.6 Métodos de control de tetigónidos

El control de saltamontes ha sido tradicionalmente efectuado por medio de insecticidas sintéticos, entre los cuales están organofosforados como fenitrothion, carbamatos como bendiocarb, piretroides como deltametrin y lambda cyhalotrin, diazinon o fosfamidon, fipronil y reguladores de crecimiento como dimilin y triflumeron. Debido a la altura de algunos cultivos, es difícil cubrir todo el follaje, por lo tanto, inyecciones al tallo o absorción de la raíz con soluciones monocrotópicas que proporcionan resultados excelentes pueden ser utilizadas (Lomer et ál. 1999).

Sin embargo, debido a los problemas ambientales y los costos de aplicar estos productos se han implementado estrategias preventivas dentro del manejo integrado de estos insectos (Lomer et ál. 2001). Una de las prácticas utilizadas para su control es promover el reemplazo de la vegetación de caminos y filas con algún tipo de pastos para tener disponible un hábitat para su crecimiento y reproducción y reducir así la alimentación de cultivos cercanos (Capinera et ál. 1997). El reciente desarrollo de efectivas formulaciones de micopesticidas y la implementación de himenópteros parasitoides de huevos abre las posibilidades de mejorar el uso de pesticidas químicos con control biológico (Lomer et ál. 1999). Lomer et ál. (2001) encontraron que el uso de *Metarhizium anisoplae* como biopesticida ha alcanzado controles del 70-90% de saltamontes de 14 a 20 días sin afectar otros organismos. Algunas especies de tetigónidos son susceptibles a protozoos, parasitoides y esporozoarios tales como *Leidyana* sp., *Nosema* sp. y *Hentschelia* sp. Además, hay avispas

como *Isodantia harrisi* (Fernald), *Centrodera xiphidii* (Perkins) y *Brachistella lutea* (Fullaway) que presentan niveles de parasitismo de tetigónidos muy altos por su período de desarrollo de 20 a 31 días, correspondientes a la tercera parte de su hospedero (Senthilkumar 2004).

2.4.7 *Biología y ecología de moluscos (Stylommatophora: Succineidae)*

Los moluscos son en apariencia, anatomía, ecología y fisiología un grupo altamente diverso. Incluye caracoles de tierra y representan una de los mayores grupos invasores de la tierra comprendiendo entre 30000 a 35000 especies. Parte de esta diversidad se debe a que son individuos aislados y se mueven lentamente, lo que origina una mayor variación genética específica e intraespecífica. La cabeza presenta cuatro tentáculos, dos oculares que le permiten percibir luz y bultos y dos táctiles. Tienen una concha conispiral calcárea delgada o ligeramente gruesa, en la que cada vuelta o espira de la concha está ligeramente por debajo de la precedente (Figura 4) y de esta forma logran una mayor compactación de la concha, lo cual proporciona más resistencia con menos tamaño. La concha sirve como defensa ante las agresiones del medio ambiente y también como protección contra los depredadores (Barker 2001).



Figura 4: Adultos de moluscos en hojas de ornamentales: *Ovachlamys fulgens* en *D. marginata* (A), *Succinea sp.* en *croton* (B), *Guppya sp.* en *D. marginata* (C).

Aunque la mayoría de su alimento son las plantas y materiales descompuestos, pueden ser carnívoros de otros caracoles. Los moluscos descortezan con su estriada lengua en forma de lima los tejidos de aquella parte de la planta que invaden, originando perforaciones de variada profundidad. Otros signos de la invasión de los caracoles son los senderos de mucosidad de color plata brillante de rápida desecación y los excrementos pringosos oscuros que dejan sobre la planta atacada (Monge 1996).

Habitán en zonas húmedas calcáreas, al borde de ríos o lagos, entre las hierbas o cerca del suelo. Viven metidos en las grietas de las rocas, bajo los desechos de hojas y cortezas, pero siempre alejada de la superficie, sobre troncos de árboles cubiertos de líquenes en bosques caducifolios, en zonas aclaradas de bosque y en zonas costeras o altas pero cercanas al mar (1700 msnm) (Speight 1990). Presentan un balance hídrico destinado a evitar la pérdida de agua excesiva que puede originar vivir en ambientes hiposmóticos o secos, por lo que producen una orina hiposmótica gracias a la ultrafiltración de la orina. En épocas secas o frías cierran su concha produciendo un moco que forma una capa dura al secarse para protegerse del ambiente y evitar la pérdida de agua en condiciones desfavorables; aun así, este tipo de especies pueden sobrevivir tras la pérdida de hasta un 80% de agua (Guerra 1992).

Los caracoles silvestres viven entre tres a cuatro años, estando en condiciones de reproducirse generalmente al año o año y medio cuando llegan a adultos y forman el peristoma. La edad de madurez sexual depende esencialmente de la humedad, temperatura, luminosidad ambiental y de la época de nacimiento. Aunque el caracol es hermafrodita con tendencia protándrica, es decir funcionan como machos y luego como hembras (el cambio de sexo está relacionado con la cantidad de hembras ya que si no hay muchas se cree que por medio de feromonas, algunos machos se transforman en ellas) la fecundación requiere indispensablemente de una cópula recíproca. Depositán los huevos en el suelo u otros lugares húmedos y protegidos, las puestas se realizan por grupo de 15 a 50 huevos y los colocan en pequeños huecos depositados en la tierra (Pape 1976).

La vida de los caracoles se caracteriza por tener tres fases de diferente actividad biológica: vida activa, estivación e hibernación, dependientes de las condiciones higrométricas y térmicas del ambiente. La estivación es un estado letárgico, más o menos acentuado, como respuesta a los períodos secos de estiaje. Su duración puede llegar a ser de cuatro meses, durante los cuales el caracol disminuye e incluso puede llegar a paralizar su metabolismo en consonancia con la humedad ambiental. La hibernación que coincide con las bajas temperaturas invernales y con otros factores como la disminución de fotoperíodo, es un período de letargo más pronunciado y duradero que la estivación. Durante este tiempo se paralizan las funciones digestivas y la frecuencia cardíaca se reduce a tres contracciones por minuto a 0 °C, viviendo el caracol a expensas de sus reservas, especialmente del glucógeno acumulado en el hepatopancreas (Cuellar et ál. 1986).

En ambas fases los caracoles se retraen dentro de su concha y secretan un disco de mucus incoloro, que se solidifica en contacto con el aire, para taponear el epifragma (orificio de la concha). El fotoperíodo es el principal factor que desencadena la actividad o inactividad, el crecimiento y la reproducción de los caracoles (Aupinel y Bonnet 1996). Temperaturas ambientales sobre los 12 °C y una adecuada humedad relativa, permiten al caracol salir de su letargo. Durante la vida activa se produce un rápido crecimiento de los caracoles jóvenes supervivientes de la hibernación y una recuperación de los animales adultos que posteriormente comenzarán su período reproductivo (Aupinel y Bonnet 1996).

Temperaturas de 0 °C inducen la muerte por congelamiento del agua de sus tejidos, temperaturas de 30 °C son inocuas siempre y cuando el grado de la humedad sea idóneo. El hecho de que sean animales lucífugos, junto con el mayor grado higrométrico nocturno, les lleva a desarrollar su actividad principalmente durante la noche, buscando zonas de penumbra u oscuras durante el día. El viento, por su efecto sobre la evaporación de la humedad tegumentaria tiene un efecto desfavorable cuando adquiere una velocidad excesiva, de ahí que los caracoles busquen lugares protegidos de las fuertes corrientes de aire (Cuellar et ál. 1986).

2.4.8 Métodos de control de moluscos

Los moluscos pueden ser detectados fácilmente porque su daño es muy característico: las hojas donde se alimentan presentan grandes orificios. Uno de los principales factores para su control es evitar la proliferación, eliminando refugios y fuentes de humedad o sombra, como piedras, troncos, láminas abandonadas, etc. El lugar de producción debe contar con un buen sistema de drenaje. En el comercio existen cebos tóxicos preparados, pero si se desea, pueden prepararse mezclando maíz molido con un atrayente (melaza, miel o agua azucarada) y un insecticida (VIFINEX 1999).

Para áreas pequeñas se han desarrollado costosas barreras eléctricas y cinturones protectores con sustancias que deshidratan o irritan al animal, como soda cáustica o sal de la que se usa para alimentar al ganado; ambas deben renovarse con frecuencia. En Oriente funcionan bien las barreras de bambú. El control ecológico más eficaz es que no queden residuos y malezas que puedan servir como alimento o refugio. Generalmente estos residuos

pueden incorporarse al suelo como abono, lo importante es que no queden disponibles para los moluscos (Monge 1996).

También se ha propuesto rodear los cultivos con cinturones aislantes, estos son simples franjas de terreno totalmente expuesto que eviten una fácil recolonización. En caso de infestación severa, debe suspenderse el uso de cal en los terrenos, pues esta beneficia el desarrollo de los caracoles, aunque también podría ocurrir que la cal dificulte la movilización del caracol al cambiar las características del suelo (Godan 1983). Los caracoles son atacados por ácaros, nemátodos, hongos y bacterias que influyen en general disminuyendo su apetito y en algunos casos produciendo su muerte. Los depredadores posibles son *Haliotrema concavum*, hormigas, algunos caracoles zonitidos, y algunas larvas de escarabajos y lampiridos (Monge 1996).

2.5 Metodología de muestreo

Dentro de las prácticas preventivas del manejo integrado de plagas está el monitoreo que permite conocer con exactitud donde están localizadas las plagas y el grado de severidad con que afecta el cultivo, y a partir de ahí se usan todas las técnicas disponibles para mantener las poblaciones por debajo de los niveles de daño (Pinzano 1995). Al desarrollar un tipo de muestreo debe caracterizarse por ser representativo de toda la población de estudio con cierto grado de certeza. Según Briones (1995) una muestra es representativa cuando reproduce las distribuciones y los valores de las diferentes características de la población con márgenes de error calculables.

En ausencia de estratos o conglomerados, el muestreo aleatorio simple (MAS) es generalmente el recomendado. La desventaja de este tipo de muestreo es que se dificulta su aplicación a campo, pero esto se puede solucionar utilizando un muestreo sistemático (MS). Una muestra sistemática se obtiene al seleccionar aleatoriamente un elemento de los primeros k -elementos en el marco muestral y luego cada k elementos se toma uno hasta recorrer el marco muestral (Scheaffer et ál. 1987). El mecanismo consiste en determinar un paso de tamaño k , seleccionar un número al azar entre 1 y k , digamos j , y luego obtener lecturas o mediciones en los puntos $j, j+k, j+2k, \dots, j+(n-1)k$ (Lohr 2000).

Diremos entonces que una muestra de tamaño n es una muestra sistemática de período k si, a partir de cualquier punto de inicio j entre 1 y k en la población ordenada, se toman las unidades muestrales $j, j+k, j+2k, \dots, j+(n-1)k$. Una ventaja del MS como sustituto del MAS es que se puede usar cuando no existe un listado de la población o cuando esta última tiene un orden más o menos aleatorio (Lohr 2000). Así, para definir una muestra sistemática supondremos que, en la población objeto, las unidades muestrales tienen un orden espacial o temporal o han sido ordenadas convenientemente (Scheaffer et ál. 1987). En el caso del cultivo de *Dracaena marginata* en Costa Rica, este se hace en hileras equidistantes, por lo tanto es fácil obtener un orden espacial.

La decisión sobre el tipo de muestreo a realizar depende básicamente del error estándar de los estimadores. Estos errores estándar dependen no solo del tamaño de la muestra sino de la forma en que ésta es tomada y de la distribución del insecto en el campo. Generalmente el patrón de distribución de los insectos es aleatorio o agregado, aunque en algunos casos podría haber una distribución uniforme (Binns et ál. 2000). Existen tres escenarios básicos de distribución de la población, aleatoria, ordenada y periódica. La característica de estas distribuciones está dada por un parámetro llamado correlación intraclase, denominado con la letra δ . Las varianzas (y por lo tanto los errores estándar), bajo MS pueden ser iguales, menores o mayores que bajo MAS dependiendo de δ (Lohr 2000).

Cuando la población no tiene orden, es decir la distribución es aleatoria, δ es cero y el muestreo sistemático es equivalente al MAS. Cuando la población está ordenada monótonamente en función de la variable de interés, $\delta < 0$, y así la varianza del MS es menor que la del MAS. Cuando la población presenta un patrón periódico o cíclico, δ se incrementa y es máximo cuando el período del ciclo coincide con k . En estos casos la varianza del MAS es menor que la del MS. Los estimadores del total, la media y la proporción de éxitos, tienen la misma forma que los estimadores bajo muestreo aleatorio simple (Binns et ál. 2000).

3 ARTÍCULO 1: DESARROLLO DE UN PROTOCOLO DE MUESTREO PARA PLAGAS EN *DRACAENA MARGINATA*

3.1 Introducción

La distribución de los insectos a campo es compleja y requiere de estudios previos antes de definir una estrategia de muestreo. En el muestreo de insectos para evaluar niveles de daño, en general el interés consiste en contar el número de insectos por unidad muestral o el número de unidades de observación que presentan insectos (o daño) dentro de una unidad muestral. Un plan de muestreo requiere definir el número de unidades muestrales a seleccionar. Esta cantidad depende del patrón de distribución de la plaga y de la precisión de las estimaciones que se quieren realizar. Las distribuciones más usadas en poblaciones de plagas agrícolas son Poisson, Binomial Negativa, Binomial y Beta Binomial (Casanoves y Di Rienzo 2006). Dos son útiles para modelar el número de éxitos (insectos) por unidad muestral (Poisson y Binomial Negativa) y dos para modelar el número de unidades observacionales con al menos un éxito dentro de una unidad muestral que contiene n unidades observacionales (Binomial y Beta Binomial).

Respecto a la precisión de las estimaciones, si el nivel de la plaga es muy bajo o muy alto, usualmente una muestra pequeña permite establecer si hay que tomar medidas correctivas o no, por lo tanto, desde un punto de vista práctico no es conveniente partir de una muestra muy grande cuando con una muestra menor se pueden obtener resultados igualmente confiables. Esta es la idea que está por detrás del muestreo conocido como secuencial (Casanoves y Di Rienzo 2006).

Las plantas en un lote tienen distintas plagas que están distribuidos en toda su estructura, existiendo una correlación entre tipo de plaga y la posición en la planta (Lawton 1983). En el cultivo de *Dracaena marginata* no se ha estudiado la distribución de las plagas en la planta. Además, la arquitectura de la planta en este cultivo esta muy asociada al tipo de producción, *i.e.* cañas, *tips* y *tips* en cañas. También la arquitectura de la planta está afectando el grado de parasitismo de las plagas. Por esta razón es necesario el estudio de la distribución de las plagas en diferentes posiciones de la planta, como así también sobre los diferentes tipos de producción (*tips* y cañas). Estudios realizados muestran que algunas especies de insectos

están asociadas con plantas de cierta edad o tamaño (Lawton 1983). Plantas jóvenes que tienen arquitecturas simples deberían mantener menos especies que plantas maduras (Lawton 1983).

La población de plagas podría variar en los diferentes tamaños de *tips* en el cultivo de *D. marginata* y algo similar podría ocurrir con la distribución de los insectos en las hojas dentro de un *tips*, ya que este cuenta con hojas de diferentes edades. El concepto de patrón espacial es crucial para estudiar la población de insectos y planificar métodos de estimación de presencia en el cultivo. Tener en cuenta la variabilidad espacial no solo permite seleccionar un modelo estadístico apto para evaluar probabilísticamente las poblaciones de las plagas, sino que también permite encontrar asociaciones entre las características de paisaje y las poblaciones de plagas (Binns et ál. 2000). El objetivo del trabajo es definir una técnica de muestreo que permita evaluar las poblaciones de plagas y sus interacciones con las plantas, teniendo en cuenta la distribución de la plaga dentro de la planta, la arquitectura de la planta y la distribución de la plaga en el lote.

3.2 Materiales y métodos

3.2.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en fincas de *Dracaena marginata* ubicadas en los Cantones de Siquirres y Guápiles, Provincia de Limón y en el Cantón San Carlos, Provincia de Alajuela (Figura 5). Siquirres tiene una altitud de 65 msnm, una temperatura promedio de 27 °C, la radiación solar tiene un promedio de 5 horas luz y una precipitación promedio anual de 3600 mm. Guápiles tiene una altitud de 262 msnm, una temperatura promedio de 25 °C, la radiación solar tiene un promedio de 6 horas luz y una precipitación promedio anual de 4500 mm. San Carlos tiene una altitud de 170 msnm, una temperatura promedio de 25 °C, la radiación solar tiene un promedio de 5 horas luz y una precipitación promedio anual de 3500 mm.



Figura 5. Ubicación de las zonas de estudio del Atlántico (Guápiles y Siquirres) y Huetár Norte (San Carlos). Fuente <http://www.guiascostarica.com/mgeo1.gif>

3.2.2 *Dracaena marginata*

El género *Dracaena* pertenece a la familia Liliácea que engloba unas 40 especies y es nativa de las regiones tropicales de Asia y África (Salas et ál. 1991). Actualmente en Costa Rica se cultivan comercialmente cuatro variedades, la verde, la bicolor, la tricolor y la colorama. Además, existen dos variedades en vías de expansión que son la tigre o kiwi y la morada o magenta. Pueden comercializarse desde pequeñas plantas individuales (4–5”) o plantas con cañas de más de 18” (Acuña et ál. 1992).

3.2.3 *Fincas en estudio*

Para la selección de las fincas para el estudio se tuvieron en cuenta los siguientes criterios: 1) Ubicación del área de producción en el país, 2) Porcentaje de intercepciones por plagas cuarentenarias al exportar a los Estados Unidos, 3) Presencia de los sistemas de producción de *tips* y caña, 4) Diversidad en prácticas agrícolas, determinada mediante una caracterización preliminar de las fincas y los sistemas de manejo. En total se seleccionaron 10 fincas de productores de *D. marginata* cultivares verde, magenta y bicolor (Cuadro 1).

*Cuadro 1. Descripción de los lotes en estudio de *Dracaena marginata* de acuerdo a la zona de producción en Costa Rica, 2006*

| Zona | Finca | Lotes | Variedad | Superficie (m ²) | No. puntos |
|-----------|---------|-------|----------|------------------------------|------------|
| Atlántico | 18 | 1 | Bicolor | 1200 | 24 |
| | | 2 | Bicolor | 1250 | 24 |
| | | 3 | Magenta | 3000 | 45 |
| | | 4 | Verde | 900 | 19 |
| | | 5 | Verde | 1100 | 22 |
| | | 6 | Verde | 1000 | 18 |
| | | 7 | Verde | 625 | 14 |
| | 18 (1) | 8 | Magenta | 875 | 20 |
| | | 9 | Magenta | 1500 | 25 |
| | 38 | 10 | Bicolor | 3300 | 50 |
| | | 11 | Magenta | 4725 | 75 |
| | | 12 | Magenta | 9900 | 97 |
| | | 13 | Verde | 4200 | 65 |
| | | 14 | Verde | 4150 | 64 |
| | 105 | 15 | Bicolor | 2500 | 39 |
| | | 16 | Bicolor | 1000 | 22 |
| | | 17 | Magenta | 900 | 18 |
| | | 18 | Magenta | 1600 | 24 |
| | | 19 | Verde | 2600 | 43 |
| La Tigra | 103 (1) | 1 | Verde | 2000 | 36 |
| | 103 (2) | 2 | Bicolor | 900 | 18 |
| | | 3 | Verde | 2400 | 36 |
| | 103 (3) | 4 | Magenta | 1125 | 24 |
| | | 5 | Magenta | 2500 | 37 |
| | | 6 | Verde | 960 | 16 |
| | 103 (4) | 7 | Bicolor | 500 | 13 |
| | | 8 | Magenta | 800 | 15 |
| | | 9 | Verde | 2200 | 32 |
| | 103 (5) | 10 | Bicolor | 3850 | 44 |
| | 103 (6) | 11 | Verde | 4000 | 67 |
| | 103 (7) | 12 | Bicolor | 2050 | 33 |
| | | 13 | Bicolor | 2000 | 33 |
| | | 14 | Magenta | 400 | 10 |
| | | 15 | Magenta | 1250 | 19 |

3.2.4 Muestreo

La decisión sobre el uso de un muestreo sistemático (MS) o un muestreo aleatorio (MA) depende de las características de la variable a evaluar. En el caso particular de la plagas, estas pueden tener un patrón de dispersión aleatorio o agregado. Además, algunos efectos de paisaje pueden generar ciertos agrupamientos o punto calientes. Si la distribución de la plaga es aleatoria, el MA tiene el mismo error estándar (EE) que el MS, pero si existe un gradiente en la densidad de la plaga, como ocurre en el caso de agregaciones naturales o por efectos de paisaje, el MS produce menor EE de estimación que el MA. Debido a que el MS es más fácil de aplicar que el MA, ya que no requiere de un marco de muestreo definido a priori y a las características del paisaje de las fincas en estudio, el trabajo se realizó usando un MS.

3.2.4.1 Muestreo preliminar

En primer lugar se seleccionaron al azar tres fincas en la zona Atlántica, y dentro de cada finca se tomaron al azar dos lotes por variedad en condiciones de comercializar, un lote con producción de cañas y uno con producción de *tips*. En cada lote se tomaron 10 plantas mediante un muestreo sistemático en zigzag.

En el caso de producción de *tips*, con el fin de determinar la ubicación de la plaga en la planta, se dividió la planta en tercios inferior, medio y superior, y se tomaron 2 *tips* por tercio, y en cada *tip* se tomaron 10 hojas. Cada hoja fue inspeccionada en su parte basal, media y superior y se registró el número de escamas en diferentes estadios: ninfas y adultas parasitadas y no parasitadas del género *Aspidiotus* (Figura 6), *Chrysomphalus* (Figura 7), *Pinnaspis* (Figura 8) y de otros géneros (Figura 9).

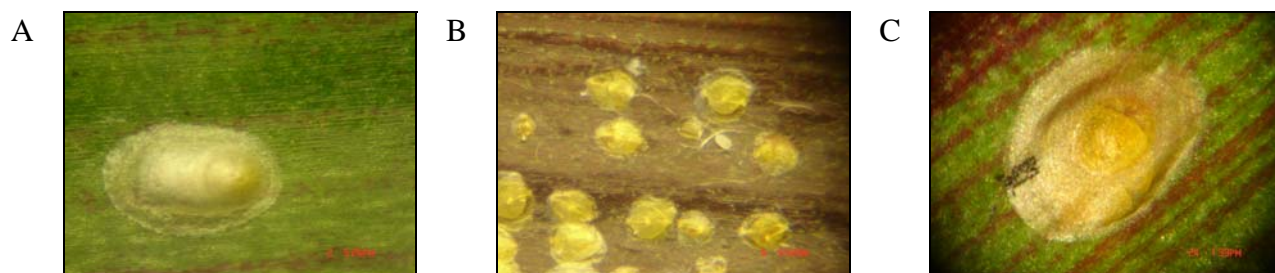


Figura 6. Escamas del género *Aspidiotus*: Machos adultos (A), ninfas (B), Hembra cubriendo los huevos.



Figura 7. Escamas del género *Chrysomphalus*: Hembra adulta(A), Macho adulto (B), Ninfas (C).



Figura 8. Escamas del género *Pinnaspis*: Hembra adulta con huevos y estados juveniles (A), Macho adulto (B), Ninfas hembras (C).



Figura 9. Escamas de otros géneros: *Lepidosaphes* sp. (A), *Selenaspis* sp. (B), *Coccus* sp. (C).

En el caso de producción de cañas, se tomaron dos cañas por planta y dos *tips* por caña. La caña se dividió en tercios inferior, medio y superior, y se registró el número de insectos en cada tercio. Los *tips* se evaluaron de la forma descrita anteriormente. La información obtenida del muestreo preliminar se utilizó para optimizar la técnica de muestreo.

3.2.4.2 Determinación del arreglo espacial en el muestreo sistemático

Para determinar el paso en el MS, *i.e.* el tamaño de la cuadrícula, como así también su influencia en la determinación de puntos de mayor concentración de insectos (*hot spots*), se realizaron muestreos en cuadrícula de 2×2 m y de 10×10 m en cuatro lotes tomados al azar. Posteriormente se obtuvieron para cada lote los mapas de curvas de distribución del número de insectos para cada uno de los tamaños de cuadrícula propuestos por medio del Software Surfer 7.0 (Golden Software versión 7).

3.2.4.3 Muestreo final

El muestreo definitivo se realizó sobre los 34 lotes en estudio, 19 lotes de la Zona Atlántica, distribuidos en grandes productores y 15 lotes de San Carlos distribuidos en pequeños productores de la Asociación de Ornamentales La Tigra. Se evaluaron 10 lotes de la variedad bicolor, 12 lotes de la variedad magenta y 12 lotes de la variedad verde. Dependiendo de la superficie del lote se realizaron entre 10 y 97 puntos de muestreo por lote (Cuadro 1). El muestreo se realizó en dos épocas del año, de marzo a abril y de mayo a junio.

Para el caso de escamas en cada punto de la cuadrícula se tomaron ocho hojas de distintas alturas sobre las plantas presentes alrededor del punto de muestreo. Este muestreo sistemático dentro del punto asegura determinar correctamente la presencia de insectos si estos tuvieran un comportamiento diferencial a lo largo de la planta. Debido a la dificultad que representa el conteo de escamas en el cultivo, se realizaron los muestreos destructivos de hojas. Las hojas fueron identificadas por punto y llevadas al Laboratorio del Departamento de Fitoprotección de CATIE para la determinación del número de escamas con un estereoscopio Olympus.

Para determinar la densidad de cicadélidos (ninfas y huevos), tetigónidos (huevos) y moluscos (adultos), en cada punto de muestreo se evaluaron ocho *tips*. Se registró la posición dentro del *tips* (caña o cogollo), la ubicación dentro de la planta (tercio superior, medio e inferior) y el tamaño de *tips* (8-10", 11-15" ó 16-18"). La evaluación en campo se realizó con una lupa 14X Coddington Bausch & Lomb.

3.2.4.4 Identificación de especies

En el caso de escamas, los especímenes se enviaron en frascos de vidrio con alcohol etílico al 70% a especialistas del Departamento de Sanidad Vegetal en el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Costa Rica para su identificación por especie. Los huevos para el caso de cicadélidos y tetigónidos fueron clasificados en tipos, según su morfología y patrón de oviposición. Para el caso de huevos de cicadélidos de acuerdo a su estado se clasificaron como viable, parasitado o eclosionados.

3.2.4.5 Distribución de las hojas infectadas y el número de escamas dentro del *tips*

Por otra parte, se muestrearon 50 *tips* por variedad y por zona para determinar la ubicación de las escamas dentro del *tips*. Cada *tip* evaluado se dividió en dos áreas, hojas en

caña y hojas en cogollo, en cada área se evaluó el número de escamas por hoja. Identificada la posición de la hoja, las hojas fueron numeradas de uno a n, siendo la hoja uno la más basal de la caña y la más basal del cogollo. Se evaluaron en total 5120 hojas en cañas y 7198 en cogollos. Esto tuvo el fin de determinar si las hojas basales tienen la misma probabilidad de ataque que las hojas apicales y determinar el sitio de muestreo dentro de *tips*.



Figura 10. Distribución de escamas dentro de *tips*: hojas basales y apicales en un *tips* (A), hojas basales (B), hojas apicales (C).

3.2.4.6 Variables analizadas

Para el muestreo definitivo, en cada uno de los puntos de muestreo se registró el número total de insectos para cicadélidos, moluscos, tetigónidos y escamas. Se registraron los distintos estadios y categorías dentro de estadio para cada uno de los insectos.

En el caso de cicadélidos los estadios y categorías muestreados fueron:

1. Tipos de huevos (solo en invierno): tipo 1 (Figura 11), tipo 2 (Figura 12), tipo 3 (Figura 13), tipo 4 (Figura 14) y tipo 5 (Figura 15).
2. Huevos viables (Figura 11-15 A), parasitados (Figura 11-15 B) y emergidos (Figura 11-15 C).
3. Ninfas (Figura 16).



Figura 11. Huevos de cicadélidos viables (A), parasitados (B) y emergidos (C) categorizados como tipo 1.

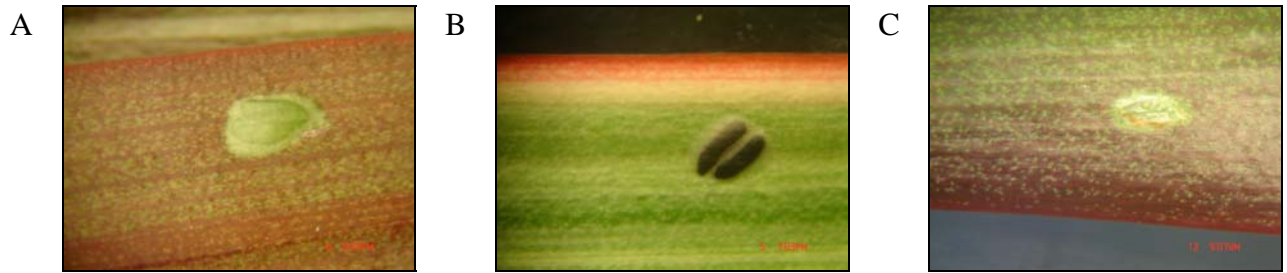


Figura 12. Huevos de cicadélidos viables (A), parasitados (B) y emergidos (C) categorizados como tipo 2.



Figura 13. Huevos de cicadélidos viables (A), parasitados (B) y emergidos (C) categorizados como tipo 3.



Figura 14. Huevos de cicadélidos viables (A), parasitados (B) y emergidos (C) categorizados como tipo 4.



Figura 15. Huevos de cicadélidos viables (A), parasitados (B) y emergidos (C) categorizados como tipo 5.

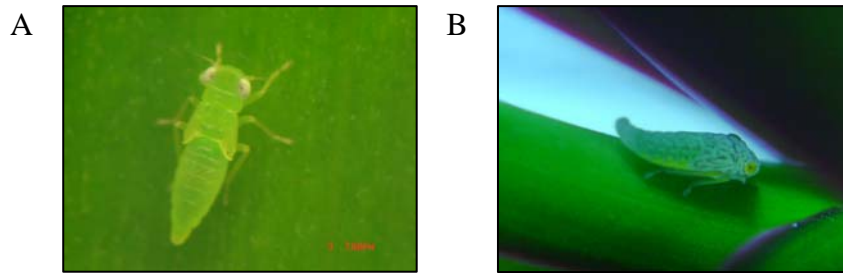


Figura 16: Ninfas de cicadélidos: *Empoasca* sp. (A), *Oncometopia* sp. (B).

En el caso de tetigónidos los estadios muestreados fueron:

1. Huevos (solo en invierno): tipo 1 (Figura 17 A), tipo 2 (Figura 17 B) y tipo 3 (Figura 18 A y B).

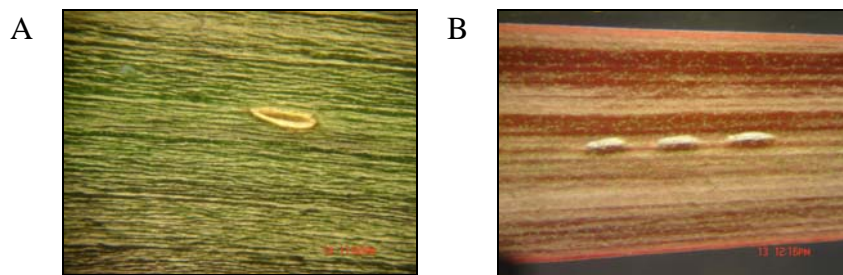


Figura 17. Huevos de tetigónidos categorizados como tipo 1 (A) y como tipo 2 (B).

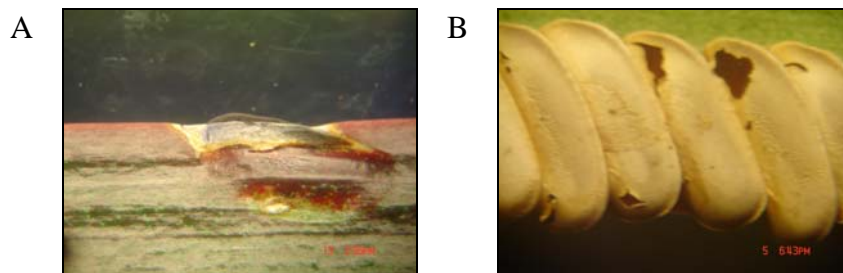


Figura 18. Huevos de tetigónidos categorizados como tipo 3: bajo la epidermis de la hoja (A), sobre la epidermis de la hoja (B).

En el caso de moluscos solo se muestreo el estadio adulto (Figura 19).

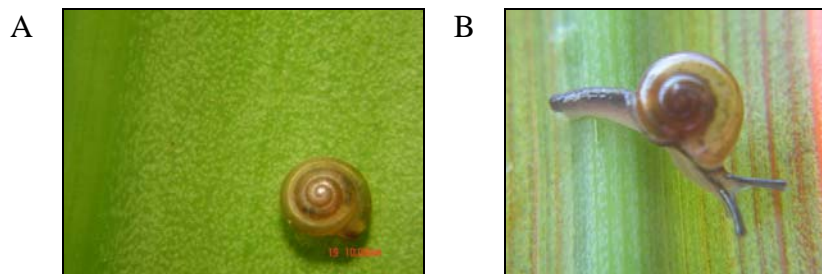


Figura 19. Adultos de moluscos: *Guppya gundlachi* (A), *Ovachlamys fulgens* (B).

En el caso de escamas los estadios muestreados corresponden a los aplicados en el muestreo preliminar: ninfas y adultas parasitadas y no parasitadas del género *Aspidiotus* (Figura 6), *Chrysomphalus* (Figura 7), *Pinnaspis* (Figura 8) y otros géneros (Figura 9).

Por la dificultad de contar el número de escamas en campo se hizo un estudio con el fin de determinar el grado de asociación entre el número de escamas por hojas y el número de hojas con escamas. En cada punto de muestreo se contaron el número de escamas y el número de hojas con escamas.

3.2.5 Análisis estadístico

3.2.5.1 Muestreo preliminar

Con la información del muestreo preliminar se realizó un análisis de componentes de varianza utilizando PROC MIXED SAS Versión 8.2e (SAS Institute 1987). Las componentes de varianzas fueron estimadas utilizando el método de máxima verosimilitud restringida (REML) contemplando efecto fijo de finca y el resto de los efectos como aleatorios. Para los efectos aleatorios el modelo contempló la estructura jerárquica (tercio dentro de planta, *tips* dentro de tercio, hoja dentro de *tips* y posición dentro de hoja).

Utilizando PROC GLM SAS Versión 8.2e (SAS Institute 1987) se realizó un análisis de varianza de efectos fijos, considerando el efecto de finca, de variedad y la estructura jerárquica anteriormente citada para los demás efectos. Se realizó la Prueba de Duncan para determinar diferencias entre los efectos evaluados.

3.2.5.2 Distribución de plagas dentro de la planta

Para estudiar la asociación entre la ubicación dentro de la planta, posición dentro del *tips* y tamaño de *tips* en las poblaciones de cicadélidos, tetigónidos y moluscos, se categorizaron los datos en presencia o ausencia de la plaga. También se realizó una categorización por tipo de huevo y presencia de parasitismo. La frecuencia de las categorías de infestación (infestada o no infestada) para cada uno de los factores de interés fue analizada mediante tablas de contingencia usando el estadístico chi-cuadrado máximo verosímil. Para observar la distribución del número de escamas en las hojas ya sea de caña o cogollo dentro de los *tips*, se realizaron graficas de distribución de frecuencias.

3.2.5.3 Asociación entre la infestación de número de hojas y el número de escamas por hoja

Debido a la dificultad que presenta contar en forma individual las escamas, la evaluación de la población de escamas se podría realizar por presencia o ausencia de las mismas en el punto de muestreo y determinar el número de hojas afectadas por punto y no el conteo del número de escamas. Como la población de escamas es muy diversa, la variable número de escamas fue categorizada para obtener tres categorías con un criterio probabilístico, utilizando los cuantiles 25 y 75 de su distribución.

Categoría 1 = 0 escamas

Categoría 2 = 1–3 escamas

Categoría 3 = 4 o más escamas

Con estas categorías se utilizó la técnica de árboles de regresión para encontrar los mejores puntos de corte que maximizan la asociación entre la categoría de número de escamas y el número de hojas atacadas y así determinar categorías de hojas atacadas.

Para determinar la asociación entre la categoría de número de escamas y la categoría de número de hojas se realizó un análisis de tablas de contingencia usando las frecuencias observadas para las distintas categorías. Se utilizó el coeficiente de contingencia de Pearson para medir el grado de asociación.

3.3 Resultados

3.3.1 Análisis de datos de muestreo preliminar en escamas

En los 18 lotes de *Dracaena marginata* evaluados se muestrearon 180 plantas. El total de hojas observadas fueron 5400 en el sistema de producción de tips y 3600 en el sistema de producción de cañas. A continuación se presentan los resultados del análisis de varianza y de componentes de varianza para cada uno de los sistemas de producción.

3.3.1.1 Producción de tips

El análisis de varianza para el sistema de producción de *tips* determinó que para el número de escamas existe un efecto de finca ($p < 0,0001$), un efecto de la variedad

($p < 0,0001$), hay diferencia entre tercios dentro de planta ($p = 0,0064$) y entre hojas dentro del *tips* ($p = 0,0462$). Dentro de lo que es diferencia de variedades, se encontró que la infestación de escamas fue mayor en la variedad verde, seguida de la variedad magenta y por último la variedad bicolor (Figura 20). No se encontraron diferencias en el número de escamas entre *tips*, ni en posición dentro de las hojas (Cuadro 2).

Debido a que se encontró diferencias entre variedades, se realizó un análisis de varianza para estudiar el comportamiento de ubicación dentro de la planta en cada variedad. En la variedad bicolor se encontraron diferencias entre tercios ($p = 0,0035$), y el tercio medio difirió significativamente del inferior y del superior (Figura 21). En la variedad magenta se encontraron diferencias entre tercios ($p = 0,0050$), siendo el tercio inferior el de mayor infestación de escamas (Figura 22). En la variedad verde no se encontraron diferencias entre tercios ($p = 0,6734$). Los componentes de varianza indican que para este tipo de producción la mayor varianza es la residual, es decir que la mayor variación se da entre plantas dentro de un lote (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de varianza y componentes de varianza para los distintos factores en sistemas de producción de tips ubicados en el Atlántico, 2006

| Fuente de variación | Componentes de varianza | ANOVA de efectos fijos |
|------------------------------------|-------------------------|------------------------|
| Finca | 0,0001 | <0,0001 |
| Variedad | 0,001078 | <0,0001 |
| Tercio (planta) | 0,000159 | 0,0064 |
| Tips (tercio×planta) | 0,000266 | 0,0740 |
| Hoja (tips×tercio×planta) | 0,001410 | 0,0462 |
| Posición (hoja×tips×tercio×planta) | 0 | 0,9996 |
| Residual | 0,03853 | |

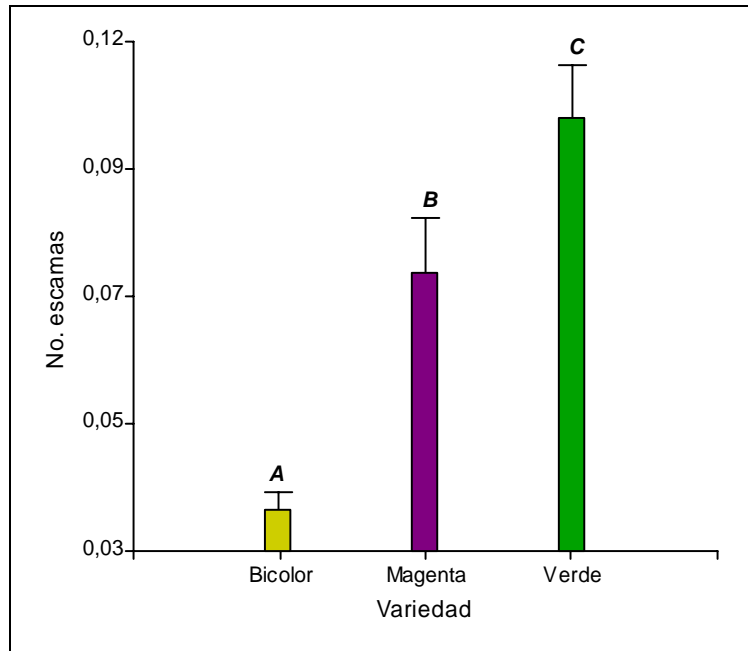


Figura 20. Promedios de escamas por variedad en el sistema de producción de tips en la zona Atlántica de Costa Rica. Letras distintas indican diferencias significativas (LSD Fisher, $p < 0,05$).

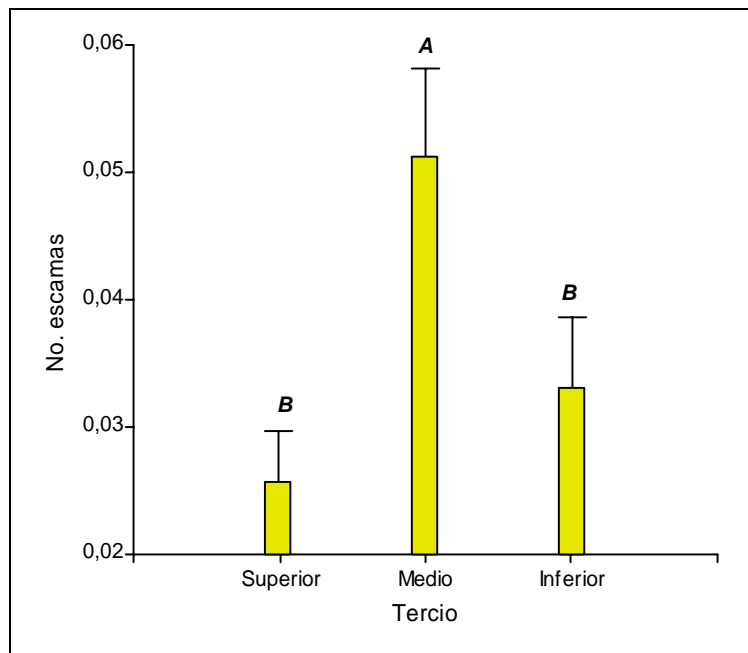


Figura 21. Promedios de escamas por tercio en la variedad bicolor en el sistema de producción de tips en la zona Atlántica de Costa Rica. Letras distintas indican diferencias significativas (LSD Fisher, $p < 0,05$).

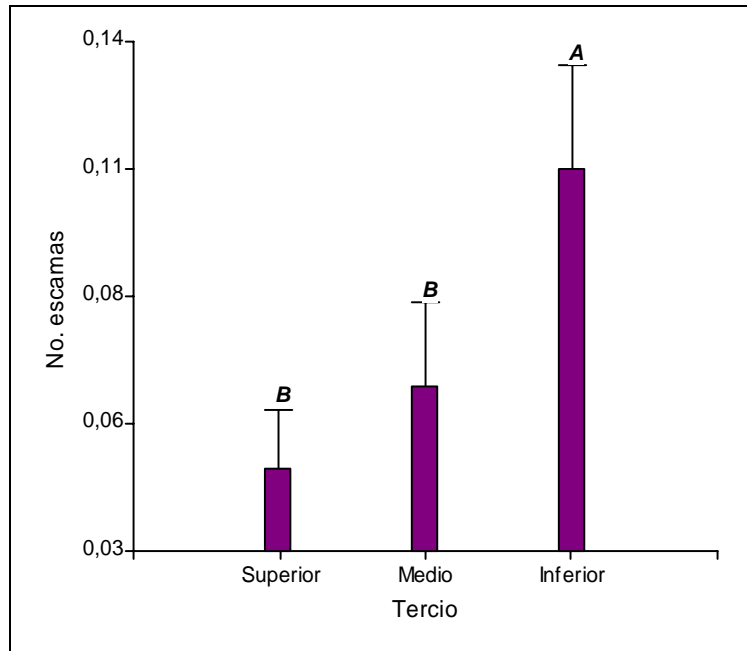


Figura 22. Promedios de escamas por tercio en la variedad magenta en el sistema de producción de tips en la zona Atlántica de Costa Rica. Letras distintas indican diferencias significativas (LSD Fisher, $p < 0,05$).

3.3.1.2 Tips en el sistema de producción de cañas

En el análisis de varianza de *tips* en el sistema de producción de cañas se encontraron diferencias entre fincas ($p < 0,0001$), entre variedades ($p < 0,0001$), entre *tips* dentro de cañas ($p = 0,0020$) y entre hojas dentro de *tips* ($p < 0,0001$) para el número de escamas. La variedad con mayor infestación fue la bicolor, seguida por la verde y por último la magenta (Figura 23).

Se realizó un análisis de varianza para cada una de las variedades y en el caso de la bicolor se encontraron diferencias entre cañas ($p < 0,0001$) y entre hojas dentro del *tips* ($p < 0,0001$). Algo similar ocurrió en la variedad magenta con diferencias entre cañas ($p = 0,0128$) y entre hojas dentro de *tips* ($p = 0,0016$). La variedad verde no mostró diferencias entre cañas pero si entre *tips* ($p = 0,0009$) y entre hojas dentro del *tips* ($p = 0,0001$). Los componentes de varianza indican que para este tipo de producción la mayor varianza es la residual, es decir que la mayor variación se da entre plantas dentro de un lote (Cuadro 3).

Cuadro 3. Componentes de varianza para los distintos factores en sistemas de producción de tips en cañas ubicados en el Atlántico, 2006

| Fuente de variación | Componentes de varianza | ANOVA de efectos fijos |
|----------------------------------|-------------------------|------------------------|
| Finca | 0,0001 | <0,0001 |
| Variedad | 0,002358 | <0,0001 |
| Caña (planta) | 0,001986 | <0,0001 |
| Tips (caña×planta) | 0,000493 | 0,0020 |
| Hoja (tips× caña×planta) | 0,003517 | <0,0001 |
| Posición (hoja×tips×caña×planta) | 0,0000 | 1,000 |
| Residual | 0,02425 | |

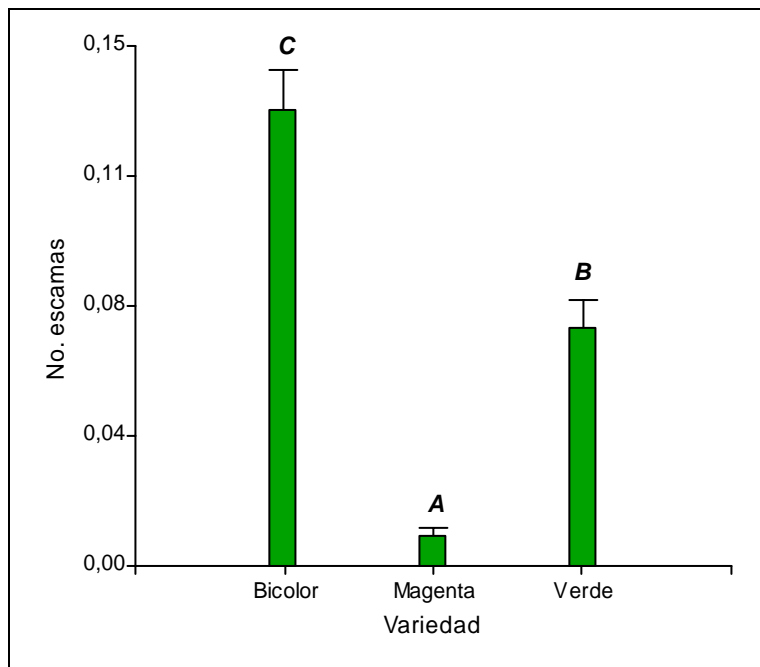


Figura 23. Promedios de escamas por variedad en el sistema de producción de cañas en la zona Atlántica de Costa Rica. Letras distintas indican diferencias significativas (LSD Fisher, $p < 0,05$).

3.3.1.3 Cañas en el sistema de producción de cañas

El análisis de varianza de cañas en el sistema de producción de cañas determinó que para el número de escamas se encontró un efecto de finca ($p = 0,0003$) y no se encontraron diferencias entre variedades ($p = 0,6358$), ni entre cañas ($p = 0,1534$), ni entre posiciones dentro de la caña ($p = 0,5772$). Los componentes de varianza indican que para este tipo de

producción la mayor varianza es la residual, es decir que la mayor variación se da entre plantas dentro de un lote (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de varianza y componentes de varianza para los distintos factores en sistemas de producción de cañas ubicados en el Atlántico, 2006

| Fuente de variación | Componentes de varianza | ANOVA de efectos fijos |
|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| Finca | 0,0003 | 0,0003 |
| Variedad | 0,0000 | 0,6358 |
| Caña (variedad) | 0,02795 | 0,1534 |
| Posición (variedad×caña) | 0,0000 | 0,5772 |
| Residual | 0,7221 | |

Los análisis de varianza y componentes de varianza del muestreo preliminar en producción de *tips* y producción de cañas permitieron determinar que la varianza de los efectos de posición dentro de la planta, *tips* dentro de cada tercio, hoja dentro de *tips* y posición dentro de la hoja para la variable número de escamas, era en cada una de las tres variedades muy baja respecto a la varianza entre plantas. Por lo tanto, se aumentará el número de observaciones por lote y de esta manera disminuir la variación encontrada entre plantas.

3.3.2 Selección del tamaño de la cuadrícula para el muestreo sistemático

La mayor variabilidad de escamas en el muestreo preliminar se dio entre plantas, razón por la cual se decidió aumentar el número de plantas por lote y realizar los conteos de insectos con muestreos sistemáticos en cuadrícula. Los resultados de los análisis de los mapas de curvas de distribución del número de hojas con escamas realizados con el Software Surfer 7.0 (Golden Software versión 7) del muestreo sistemático en cuadrículas de 2×2 y 10×10 para aumentar el número de observaciones, permitieron determinar que no hubo diferencias en cuanto a la ubicación de la agregación del número de escamas en campo y la ubicación de puntos calientes con los dos tamaños de cuadrículas, por lo que se estableció trabajar con la cuadrícula de 10×10. Este tamaño de cuadrícula representaba menor esfuerzo de muestreo por lote y por ende, se podían hacer más lotes en el mismo tiempo (Figura 24-26).

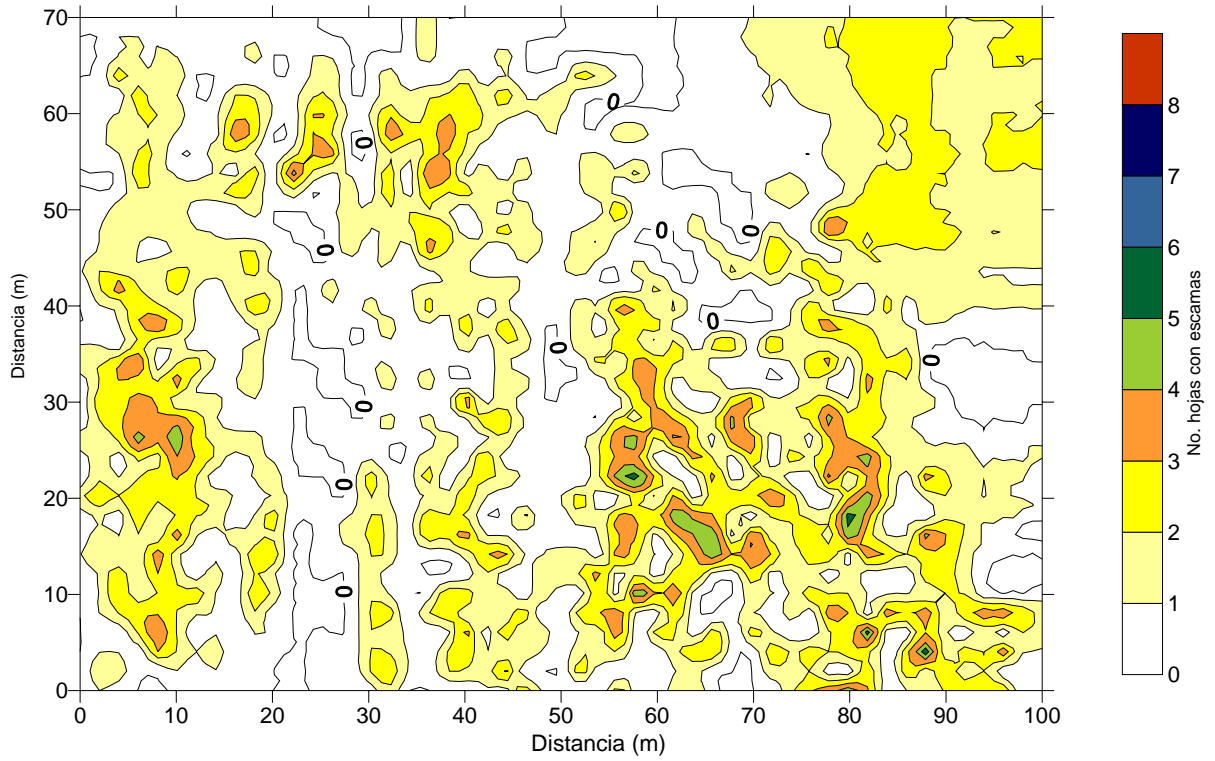


Figura 24. Distribución espacial de la población de escamas en *D. marginata* verde, determinada mediante muestreo sistemático en cuadrícula de 2×2 metros.

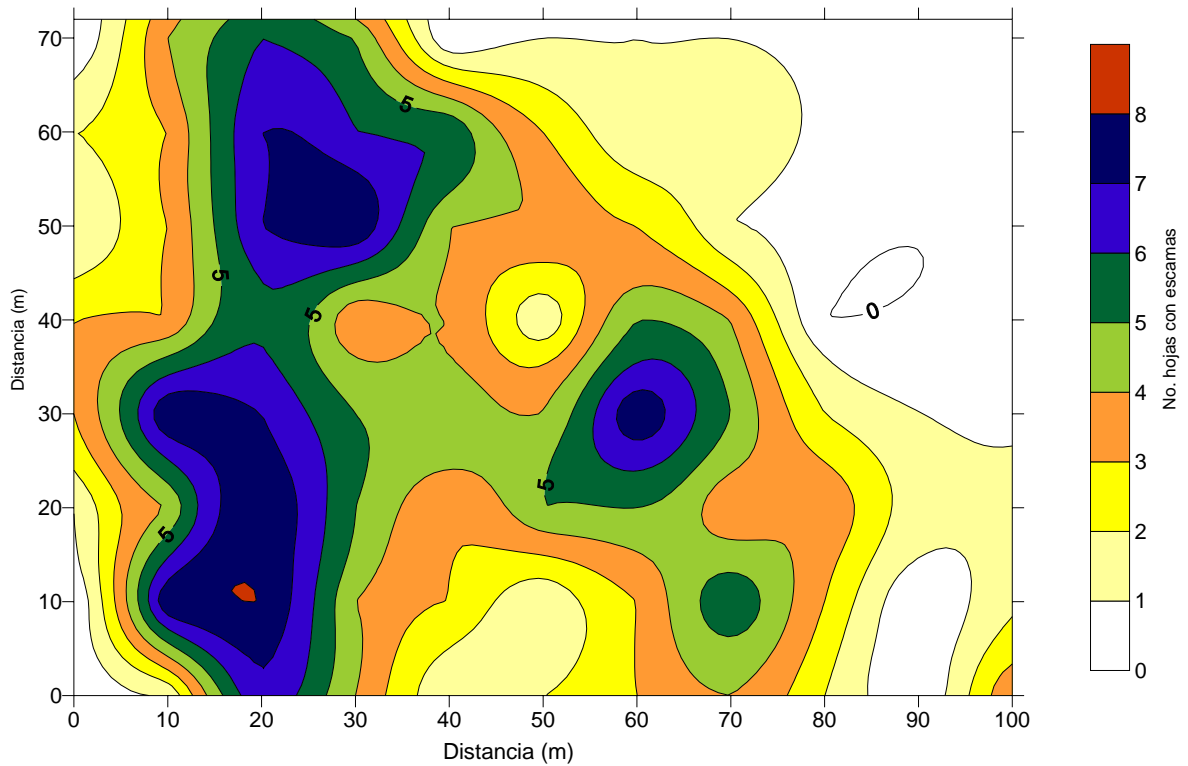


Figura 25. Distribución espacial de la población de escamas en *D. marginata* verde, determinada mediante muestreo sistemático en cuadrícula de 10×10 metros.

Si bien este muestreo fue realizado solo con escamas, la información obtenida se tomó como base para desarrollar protocolos de muestreo para el resto de plagas, incluyendo huevos de cicadélidos, huevos de tetigónidos y moluscos.

3.3.3 Evaluación de la distribución de las hojas infectadas y el número de escamas dentro del tips

Del análisis de los 300 tips para determinar la distribución de escamas en caña o cogollo, se encontró que la distribución del número de escamas en hojas de la caña fue prácticamente uniforme con un promedio de 3,77 escamas por hoja (Figura 26). El número máximo de escamas encontradas en una hoja de caña fue 227 (Cuadro 5). La distribución del número de escamas en hojas del cogollo fue de tipo exponencial, encontrándose mayor cantidad de escamas en las hojas más basales del cogollo, con un promedio de 0,38 escamas por hoja (Figura 27). El número máximo de escamas encontradas en una hoja de cogollo fue 120 (Cuadro 5).

La forma de las distribuciones, tanto en caña como en cogollo (Figura 26, Figura 27), se mantiene para todas las variedades. Sin embargo los grados de ataque encontrados son diferentes ya que las variedades magenta y verde tienen la mayor población de escamas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Distribución del número de escamas promedio por hoja, según la posición de la hoja en caña o cogollo en tres variedades de D. marginata

| Variedad | Ubicación | n | Media | D.E. | Máximo |
|----------|-----------|------|-------|-------|--------|
| Bicolor | Caña | 1692 | 0,64 | 1,99 | 52 |
| | Cogollo | 2501 | 0,19 | 1,65 | 64 |
| Magenta | Caña | 1768 | 4,76 | 12,96 | 147 |
| | Cogollo | 2390 | 0,51 | 2,81 | 84 |
| Verde | Caña | 1660 | 5,90 | 18,88 | 227 |
| | Cogollo | 2307 | 0,45 | 4,38 | 120 |

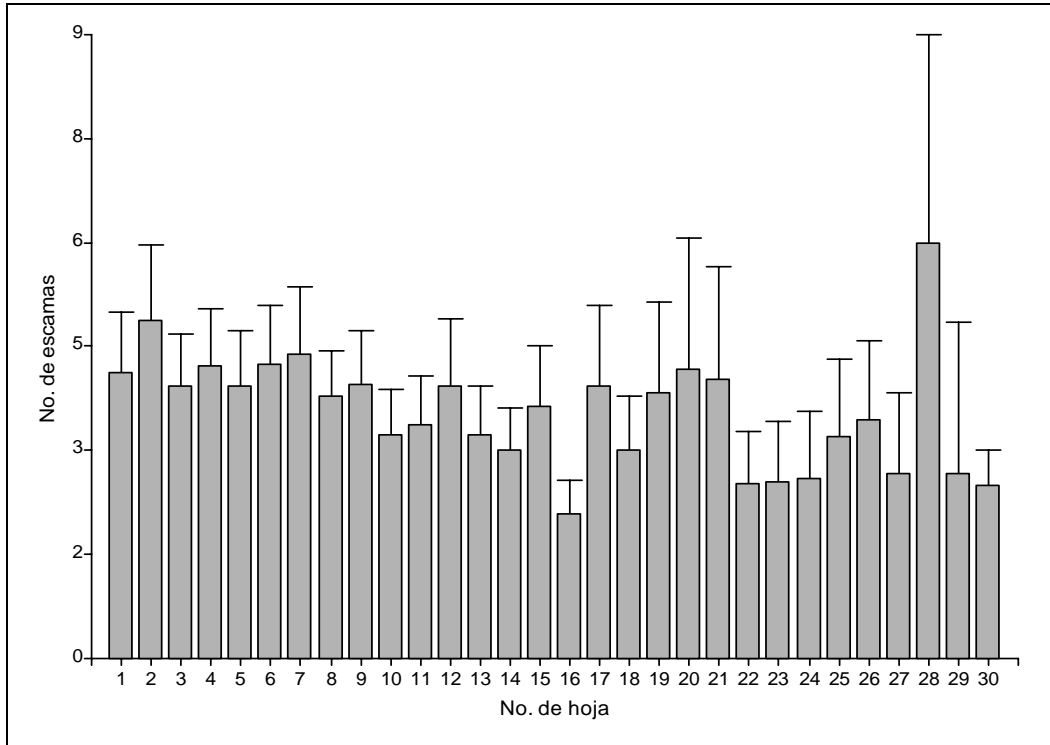


Figura 26. Distribución del número de escamas según la posición de la hoja en la caña del tips. La hoja 1 es la más basal en la caña.

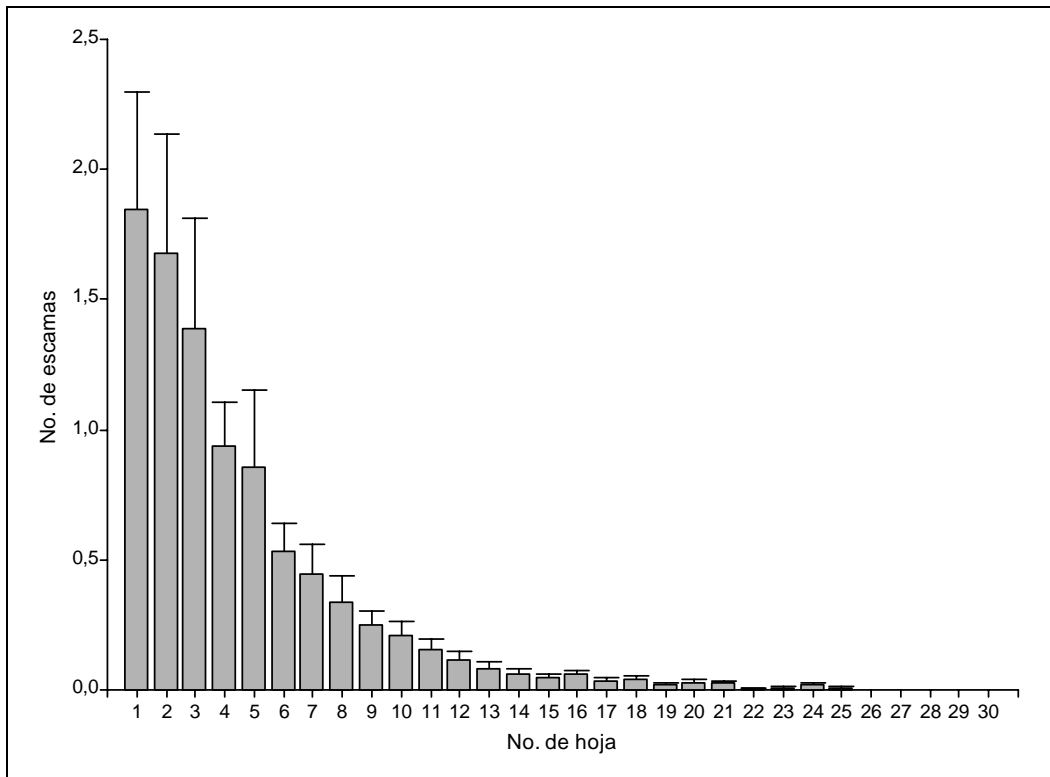


Figura 27. Distribución del número de escamas según la posición de la hoja en el cogollo del tips. La hoja 1 es la más basal en el cogollo.

3.3.4 Asociación entre la infestación de número de hojas y número de escamas por hoja

La técnica de árboles de regresión (Figura 28) permitió encontrar tres categorías de número de hojas infestadas a partir de las categorías de número de escamas. La primera bifurcación se da para 0,5 hojas atacadas, por lo cual se tomaron las menores a 0,5 como categoría 0. La segunda bifurcación tiene como punto de corte 2,5 hojas, por lo que se tomó 2 hojas como límite para las categorías restantes. Así, las categorías de hojas atacadas resultantes fueron:

Categoría 1 = 0 hojas atacadas

Categoría 2 = 1-2 hojas atacadas

Categoría 3 = 3 ó más hojas atacadas

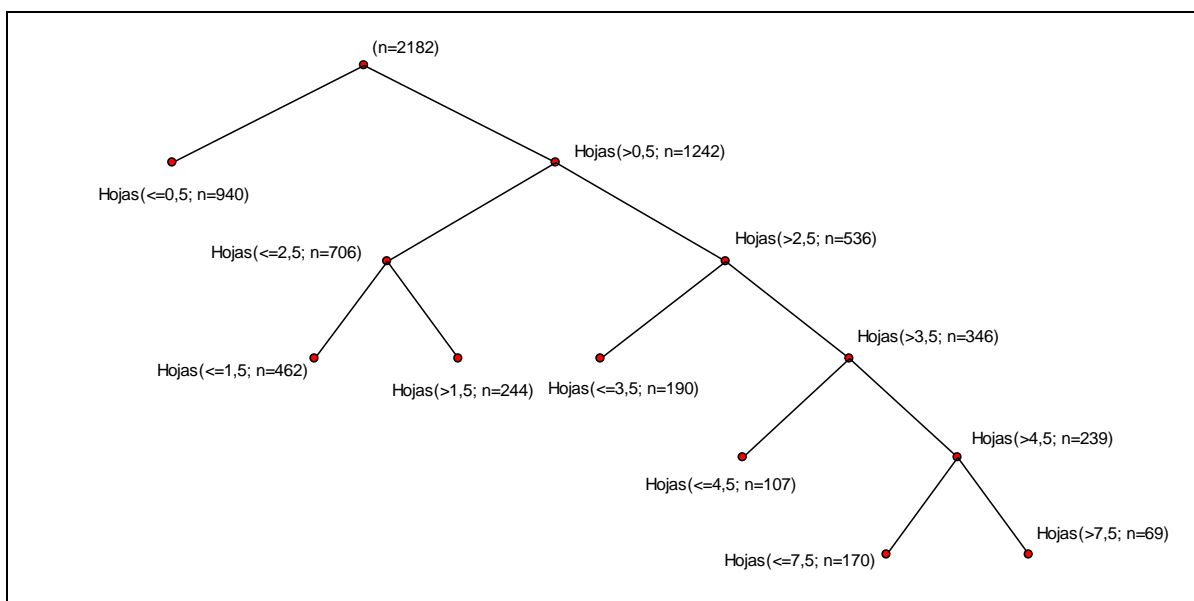


Figura 28. Árboles de regresión para la asociación de la categoría número de escamas y la categoría número de hojas atacadas con escamas.

El análisis de tablas de contingencia (Cuadro 6) encontró asociación entre la categoría de número de escamas y la categoría de número de hojas infestadas ($p < 0,0001$), por lo que se concluye que hay asociación entre estas dos variables. Una medida de esta asociación es el coeficiente de contingencia de Pearson que fue de 0,76, indicando que la categoría o que el número de hojas infestadas es un buen indicador del número de escamas.

Cuadro 6. Tablas de contingencia para la asociación categoría de número de escamas y categoría número de hojas atacadas

| Categoría de número de hojas | Categoría número de escamas | | | Total |
|------------------------------|-----------------------------|-------------|-----------------|-------|
| | 0 escamas | 1-3 escamas | 4 ó más escamas | |
| 0 hojas infestadas | 927 | 10 | 3 | 940 |
| 1-2 hojas infestadas | 17 | 538 | 151 | 706 |
| 3 ó más hojas infestadas | 7 | 46 | 483 | 536 |
| Total | 951 | 594 | 637 | 2182 |

3.3.5 Distribución de plagas sobre la planta

En el análisis de tablas de contingencia para el número de huevos de cicadélidos, huevos de tetigónidos y moluscos se encontró que hay asociación entre la ubicación dentro de la planta para todas las plagas estudiadas. En todos los casos la mayor frecuencia de infestación se encuentra en la parte media de la planta, e independientemente de esto las hojas con mayor frecuencia de infestación son aquellas que se encuentran sobre la caña (Cuadro 7).

Para todas las categorías de tipos de huevos de cicadélidos y tetigónidos en donde se encontró asociación con el tercios de la planta, la mayor frecuencia se observó en la parte media de la planta, excepto en los huevos de cicadélidos del tipo 3 parasitados que se encontraron en mayor proporción en el tercio inferior. Este comportamiento también se observó independientemente de que el huevo fuera parasitado o no. Para los huevos de cicadélidos del tipo 3 emergidos, parasitados y no parasitados del tipo 4, y cicadélidos tipo 5 no se hacen inferencias por el escaso número de huevos encontrados (Cuadro 8).

En cuanto a la asociación con la posición dentro del *tips*, todas las categorías de tipos de huevos de cicadélidos y tetigónidos mostraron mayor frecuencia en las hojas de la caña que en las hojas del cogollo. Este comportamiento también se observó independientemente de que el huevo fuera parasitados o no (Cuadro 8).

Cuadro 7. Porcentajes de puntos de muestreo infestados con plagas según su distribución en la planta y la posición dentro del tips con sus correspondientes significancias estadísticas para las pruebas de independencia entre la ubicación dentro de la planta y presencia de insectos muestreadas en verano e invierno.

| Variable | n | Tercio | | | p | Posición | | |
|----------|-----|----------|-------|----------|---------|----------|---------|---------|
| | | Inferior | Medio | Superior | | Caña | Cogollo | p |
| CiPT | 457 | 30,20 | 45,51 | 24,29 | <0,0001 | 77,68 | 22,32 | <0,0001 |
| CiNpT | 239 | 23,85 | 42,26 | 33,89 | 0,0020 | 56,07 | 43,93 | 0,0604 |
| CieT | 166 | 24,10 | 39,16 | 36,74 | 0,0323 | 73,49 | 26,51 | <0,0001 |
| CiT | 830 | 27,59 | 43,61 | 28,80 | <0,0001 | 69,88 | 30,12 | <0,0001 |
| NCi | 832 | 31,01 | 38,58 | 30,41 | 0,0063 | | | |
| TT | 515 | 23,30 | 48,74 | 27,96 | <0,0001 | 74,95 | 25,05 | <0,0001 |
| M | 330 | 28,48 | 46,97 | 24,55 | <0,0001 | 75,76 | 24,24 | <0,0001 |

Nota: CiPT= huevos de cicadélidos parasitados totales, CiNpT= huevos de cicadélidos no parasitados totales, CieT= huevos de cicadélidos emergidos totales, CiT= huevos de cicadélidos totales, NCi= ninfas de cicadélidos, TT= tetigónidos totales, M= moluscos.

Existe relación con el tamaño de *tips* para huevos de cicadélidos parasitados, no parasitados y emergidos totales, huevos de tetigónidos totales y moluscos, encontrándose la mayor frecuencia en *tips* de 10-15". Para cada categoría de tipos de huevos de cicadélidos y tetigónidos la relación presenta variaciones. Para huevos de cicadélidos no parasitados y emergidos tipo 1, parasitados tipo 2, parasitados tipo 3, se observó la mayor frecuencia en *tips* de 10-15". Los huevos emergidos del tipo 5 mostraron mayor frecuencia en *tips* de 16-18". Se encontró que para huevos de tetigónidos del tipo 1 la mayor frecuencia fue en *tips* de 16-18" y para huevos del tipo 2 la mayor frecuencia fue en *tips* de 10-15" (Cuadro 9).

Cuadro 8. Porcentajes de puntos de muestreo infestados con tipo de huevos según su distribución en la planta y la posición dentro del tips con sus correspondientes significancias estadísticas para las pruebas de independencia entre la ubicación dentro de la planta y presencia de insectos muestreados en invierno

| Tipo de huevo | n | Tercio | | | p | Posición | | |
|---------------|-----|----------|-------|----------|---------|----------|---------|---------|
| | | Inferior | Medio | Superior | | Caña | Cogollo | p |
| CiP1 | 71 | 33,8 | 47,89 | 18,31 | 0,0077 | 95,77 | 4,23 | <0,0001 |
| CiNp1 | 41 | 24,39 | 56,10 | 19,51 | 0,0104 | 70,73 | 29,27 | 0,0070 |
| Cie1 | 57 | 28,07 | 38,60 | 33,33 | 0,6215 | 71,93 | 28,07 | 0,0008 |
| CiP2 | 104 | 31,73 | 50,00 | 18,27 | 0,0003 | 85,58 | 14,42 | <0,0001 |
| CiNp2 | 28 | 17,86 | 42,86 | 39,29 | 0,1823 | 57,14 | 42,86 | 0,4489 |
| Cie2 | 32 | 28,13 | 37,50 | 34,38 | 0,8003 | 65,63 | 34,38 | 0,0746 |
| CiP3 | 117 | 41,03 | 37,61 | 21,37 | 0,0157 | 83,76 | 16,24 | <0,0001 |
| CiNp3 | 26 | 19,23 | 50,00 | 30,77 | 0,1527 | 50,00 | 50,00 | >0,9999 |
| Cie3 | 3 | 66,67 | 33,33 | | - | 100 | | - |
| CiP4 | 2 | 50,00 | 50,00 | | - | 100 | | - |
| CiNp4 | 2 | 50,00 | 50,00 | | - | 100 | | - |
| CiNp5 | 25 | 40,00 | 28,00 | 32,00 | 0,7585 | 68,00 | 32,00 | 0,0687 |
| Cie5 | 45 | 17,78 | 88,33 | 49,89 | 0,0335 | 84,44 | 15,56 | <0,0001 |
| T1 | 53 | 15,09 | 47,17 | 37,74 | 0,0080 | 98,11 | 1,89 | <0,0001 |
| T2 | 248 | 28,63 | 51,01 | 19,76 | <0,0001 | 75,40 | 24,60 | <0,0001 |
| T3 | 11 | | 63,64 | 36,36 | 0,3627 | 81,82 | 18,18 | 0,0282 |

CiP1 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 1, CiNp1 = huevos de cicadélidos no parasitados tipo 1, Cie1 = huevos de cicadélidos emergidos tipo 1, CiP2 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 2, CiNp2 = huevos de cicadélidos no parasitados tipo 2, Cie2 = huevos de cicadélidos emergidos tipo 2, CiP3 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 3, CiNp3 = huevos de cicadélidos no parasitados tipo 3, Cie3 = huevos de cicadélidos emergidos tipo 3, CiP4 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 4, CiNp4 = huevos de cicadélidos no parasitados tipo 4, Cie4 = huevos de cicadélidos emergidos tipo 4, CiP5 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 5, CiNp5 = huevos de cicadélidos no parasitados tipo 5, Cie5 = huevos de cicadélidos emergidos tipo 5, N = ninfas de cicadélidos, T1 = huevos de tetigónidos tipo 1, T2 = huevos de tetigónidos tipo 2, T3 = huevos de tetigónidos tipo 3.

Cuadro 9. Porcentajes de puntos de muestreo infestados con insectos según el tamaño de tips con sus correspondientes significancias estadísticas para las pruebas de independencia entre el tamaño de tips y la presencia de insectos muestreados en invierno

| Variable | n | Tamaño del tips | | | p |
|----------|------|-----------------|--------|--------|---------|
| | | 4-8" | 10-15" | 16-18" | |
| CiP1 | 71 | 26,76 | 45,07 | 28,17 | 0,1208 |
| CiNp1 | 41 | 21,95 | 56,10 | 21,95 | 0,0116 |
| Cie1 | 57 | 36,84 | 49,12 | 14,04 | 0,0024 |
| CiP2 | 104 | 30,77 | 44,23 | 25,00 | 0,0513 |
| CiNp2 | 28 | 32,14 | 32,14 | 35,71 | 0,9653 |
| Cie2 | 32 | 34,38 | 46,88 | 18,75 | 0,1353 |
| CiP3 | 117 | 18,80 | 43,59 | 37,61 | 0,0017 |
| CiNp3 | 26 | 23,08 | 46,15 | 30,77 | 0,3470 |
| Cie3 | 3 | 33,33 | 66,67 | | 0,5599 |
| CiP4 | 2 | 50,00 | 50,00 | | - |
| CiNp4 | 2 | 50,00 | 50,00 | | - |
| CiNp5 | 25 | 28,00 | 48,00 | 24 | 0,3060 |
| Cie5 | 45 | 13,33 | 31,11 | 55,56 | 0,0018 |
| CiPT | 2,84 | 24,65 | 44,01 | 31,34 | 0,0003 |
| CiNpT | 122 | 26,23 | 46,72 | 27,05 | 0,0093 |
| CieT | 134 | 28,36 | 44,03 | 27,61 | 0,0365 |
| CiT | 516 | 25,58 | 44,77 | 29,65 | <0,0001 |
| NCi | 516 | 43,80 | 38,76 | 17,44 | <0,0001 |
| T1 | 53 | 3,77 | 33,96 | 62,26 | <0,0001 |
| T2 | 248 | 25,00 | 46,77 | 28,23 | <0,0001 |
| T3 | 11 | 54,55 | 9,09 | 36,36 | 0,1348 |
| TT | 309 | 22,65 | 43,37 | 33,98 | <0,0001 |
| M | 209 | 25,36 | 41,15 | 33,49 | 0,0191 |

CiP1 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 1, CiNp1 = huevos de cicadélidos no parasitados tipo 1, Cie1= huevos de cicadélidos emergidos tipo 1, CiP2 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 2, CiNp2 = huevos de cicadélidos no parasitados tipo 2, Cie2= huevos de cicadélidos emergidos tipo 2, CiP3 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 3, CiNp3 = huevos de cicadélidos no parasitados tipo 3, Cie3= huevos de cicadélidos emergidos tipo 3, CiP4 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 4, CiNp4 = huevos de cicadélidos no parasitados tipo 4, CiNp5 = huevos de cicadélidos no parasitados tipo 5, CiPT= huevos de cicadélidos parasitados totales, CiNpT= huevos de cicadélidos no parasitados totales, CieT= huevos de cicadélidos emergidos totales, Cie5= huevos de cicadélidos emergidos tipo 5, N= ninfas de cicadélidos, T1 = huevos de tetigónidos tipo 1, T2= huevos de tetigónidos tipo 2, T3= huevos de tetigónidos tipo 3.

3.4 Discusión

Las diferencias encontradas en las poblaciones de escamas entre fincas pueden deberse al tamaño y a los distintos manejos, ya que las prácticas agrícolas y las acciones adoptadas para el control de plagas varían entre agricultores. Ellos evalúan si habrá plagas suficientes para justificar el control o si habrá intervenciones de los controles naturales (Altieri et ál. 1999).

3.4.1 Distribución de plagas dentro de la planta

En la presente investigación, se estudió la metodología de muestreo para la ubicación en campo de las poblaciones de escamas, cicadélidos, tetigónidos y moluscos en sistemas de producción de *D. marginata*. Además, se determinó la distribución de las plagas dentro de la planta, se encontró que había diferencias en el grado de infestación de huevos de cicadélidos, huevos de tetigónidos, escamas y moluscos dependiendo de la posición dentro de la planta. La diversidad de insectos en la arquitectura de plantas de diferentes cultivos ha sido documentada por varios autores (Dahlman y Hibbs 1967, Morán 1980, Lawton 1983, Hare et ál. 1990, Rodrigo y García 1994).

Morán (1980) encontró que la variación en la diversidad de herbívoros en *Opuntia* sp. es directamente atribuible a la altura de la planta, sin embargo también puede influir el tamaño de la planta, la edad y el número de brotes. Todas estas variables en conjunto determinan la arquitectura de la planta. Aparentemente las hojas que crecen a diferentes alturas en el semillero, plantas jóvenes, hijos jóvenes o plantas maduras representan radicalmente diferentes fuentes para los herbívoros (ya sean plagas o enemigos naturales) y pueden estar influenciados por el microclima, los compuestos químicos y el espesor del follaje (Lawton 1983). Las plantas han desarrollado varios mecanismos físicos y químicos como respuesta a la oviposición y así prevenir el daño que podrían causar las larvas que emergen de esos huevos. La necrosis del tejido donde dejan los huevos y la liberación de sustancias ovicidas o de sustancias atrayentes a los parasitoides son algunos de estos mecanismos (Hilker y Meiners 2006).

El microclima afecta la distribución de los insectos dentro y entre plantas y la interacción con los enemigos naturales (Mc Clure 1990). Se ha encontrado que las poblaciones

de *Aonidiella aurantii* son más abundantes en el sector interior de la copa debido a una reacción fotonegativa de las larvas móviles o a su preferencia por determinadas condiciones térmicas. Por otro lado, el microclima en el interior de la copa de los árboles puede favorecer el aumento poblacional de *A. aurantii*. También, la zona inferior de la copa presenta poblaciones más densas, lo cual puede ser originado por el fototropismo negativo (Hare et ál. 1990). Sin embargo, Rodrigo y García (1994) determinan que *A. aurantii* se encuentra en niveles similares en el interior y en el exterior de la copa del árbol, a diferencia de otras especies de diaspididos como *Lepidosaphes beckii* y *Parlatoria pergandii* que alcanzan poblaciones tres veces mayores en hojas del interior de la copa (García y Rodrigo 1995). Esto sugiere que la temperatura es el factor que determina la ubicación de las escamas en determinados sectores de la copa de los árboles. El éxito en fijarse a la planta, la sobrevivencia y el tamaño de la escama en diferentes cultivares depende de la parte de la planta en la cual se fijan, además indican que *A. aurantii* presenta fototropismo negativo y que este comportamiento es el responsable de su distribución en la planta (Hare et ál. 1990).

3.4.2 Distribución de plagas dentro del tips

Se encontraron diferencias en la posición de huevos de cicadélidos, tetigónidos y moluscos entre las hojas de la caña y las hojas del cogollo dentro de los *tips*. La mayor cantidad de insectos se encontraron en las hojas de la caña, es decir las hojas basales. Esto sugiere que la edad de la hoja y las características físicas y químicas de las hojas maduras podría influenciar en la oviposición de estos insectos.

Dahlman y Hibbs (1967) encontraron que *Empoasca fabae* mostró preferencia de hojas basales en plantas de tomate y observaron que la mayor concentración de azúcar ocurrió en las hojas basales de mayor edad. Almeida y Lopes (1999) mostraron que los cicadélidos *Dilobopterus costalimai* Young, *Oncometopia faciales* (Signoret) y *Homalodisca ignorata* (Melichar) tienen preferencia para ovipositar en el lado abaxial de hojas maduras de plántulas de cítricos, generalmente a lo largo de la nervadura principal. Sharma y Singh (2002) encontraron que el espesor y la longitud de las venas de las hojas de algodón son factores que influyen la oviposición de cicadélidos. Paiva et ál. (2001) encontraron que los cicadélidos *Acrogonia gracilis* (Osborn), *Dilobopterus costalimai* Young y *Oncometopia faciales*

(Signoret) ovipositan sobre la epidermis de hojas maduras, en la parte inferior a lo largo de las nervaduras centrales.

3.4.3 Distribución de plagas por tamaño de tips

En este estudio se encontraron diferencias en la cantidad de cicadélidos, tetigónidos y moluscos para los distintos tamaños de *tips*, la mayor frecuencia se encontró en tips de 10–15". Nozawa y Ohgushi (2002) encontraron que las hembras del cicadélido *Aphrophora pectorales* mostraron preferencia para ovipositar en los brotes más largos de pinos. Aunque el 80% de brotes fueron menores a 20 cm, el porcentaje de brotes que recibieron mayor oviposición fueron los de 30 a 40 cm, los cuales representan el 6% de todos los brotes, sin embargo, la oviposición disminuyó en los brotes mayores a 40 cm. Esto lo relacionan con la abscisión y la dureza de los brotes; la abscisión de brotes disminuye consistentemente con el incremento en su longitud, mientras que la dureza de brotes aumenta a medida que su longitud aumenta y esto puede ser un efecto negativo para la oviposición de los insectos herbívoros (Scheirs *et al.* 2001). El nivel de parasitismo de huevos no tuvo asociación con la longitud de brotes, aunque se encontró una leve tendencia del porcentaje de huevos parasitados en los brotes de 20 a 40 cm (Nozawa y Ohgushi 2002).

Similares estudios han documentado que los compuestos químicos tienen un impacto importante en la preferencia de la oviposición de insectos herbívoros. Kolehmainen *et al.* (1995) encontraron que *Euura amerinae* Linnaeus, tienen una preferencia en oviposición por brotes largos debido a que estos tienen mayor concentración de compuestos fenólicos y glucósidos.

3.4.4 Distribución de enemigos naturales dentro de la planta

También se encontraron diferencias en la posición de huevos parasitados de los insectos en estudio, la mayor cantidad de insectos parasitados se encontró en la parte media de la planta y en hojas de la caña. Los patrones de caza de las diferentes especies de predadores y parasitoides están dados por la distribución de la presa. La capacidad de un herbívoro para sobrevivir y reproducirse en una planta dependería del espacio que tenga libre de su controlador biológico; esto sugiere que estos espacios disponibles serán mayores en una planta de arquitectura compleja que una que sea simple (Lawton 1983).

Según Andow y Prokrym (1990) hay tres componentes de la estructura de la planta que son relevantes para la búsqueda de la plaga por parte de los parasitoides: 1) el tamaño de la planta o área superficial, 2) la variación entre las partes de la planta (estructura heterogénea), tales como semillas en la punta, flores y néctares y superficie heterogénea (*i.e.* glabro, hirsuto) y 3) la conectividad de las partes o forma de la planta (estructura compleja). Además, Hilker y Meiners (2006) indican que la oviposición de huevos de un insecto plaga en las hojas, puede inducir a la planta a liberar sustancias volátiles que atraen a los parasitoides de huevo.

3.5 Conclusiones

La varianza de la distribución de la plaga en las diferentes partes de la planta fue menor que la varianza entre plantas dentro de un lote. Este comportamiento se debe seguramente al patrón de agregación de las plagas.

La técnica de muestreo sistemático en cuadrículas de 10x10 resultó la mejor opción para monitorear plagas en las fincas estudiadas. Esto permitiría no sólo estudiar agregación sino también posibles efectos de paisaje.

Escamas, moluscos, huevos de tetigónidos y huevos de cicadélidos y los niveles de parasitismo mostraron distintos patrones de distribución en los estratos de la planta, hecho que se atribuye posiblemente a la influencia del microclima, los compuestos químicos, la calidad de follaje y la variedad.

Para el caso del muestreo de escamas en campo, el estudio demostró que hay relación entre el número de escamas y el número de hojas infestadas, por lo que se puede usar esta última variable como indicador del número de escamas en un muestreo.

El número de moluscos, escamas, huevos de cicadélidos y huevos de tetigónidos tienen asociación con la posición de la hoja dentro del *tips*, posiblemente debido a la influencia de la edad y características físicas y químicas de la hoja.

La población de moluscos, huevos de cicadélidos y huevos de tetigónidos mostraron asociación con la longitud del *tips*. Esto posiblemente debido a las diferentes concentraciones de compuestos químicos y las características físicas del *tips*.

3.6 Recomendaciones

Estos resultados reflejan las observaciones de fincas y lotes específicos en muestreos durante períodos puntuales dentro del año. Se sugiere conducir otros estudios que traten de entender las relaciones que existen entre las poblaciones de plagas cuarentenarias con la distribución dentro de la planta, así como determinar el comportamiento durante los diferentes meses del año.

Debido a que los diferentes tipos de producción y manejo implican diferencias en la altura de la planta, se recomienda hacer estudios de posición de plagas dentro de la planta tomando la altura real más que los tercios.

Para escamas, cicadélidos, tetigónidos y moluscos el comportamiento es diferente dentro de la planta por lo que se recomienda en un muestreo cubrir todos los estratos de la planta.

4 ARTÍCULO 2: EVALUACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE PLAGAS Y SU RELACIÓN CON LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN *DRACAENA MARGINATA*

4.1 Introducción

Las estrategias básicas del manejo integrado de plagas (MIP) tienen el objetivo de prevenir que la población de insectos llegue a su nivel de daño económico y así evitar consecuencias ecológicas, económicas y sociológicas desfavorables (Evans et ál. 1984). Además, debido a las exigencias cuarentenarias de los importadores, la presencia de plagas en embarques de productos de exportación trae problemas en la comercialización de este material (VINIFEX 1999). Entre 1984 y 2004 hubo más de 7000 intercepciones en los puertos de Estados Unidos por plagas en embarques de *Dracaena* spp. provenientes de Costa Rica, representando un 30% del total de las intercepciones de productos agrícolas costarricenses (CSP 2005).

Las estrategias involucran varios componentes: identificación del problema, evaluación del daño, selección de las prácticas de manejo, análisis costo-beneficio, implementación de la práctica de manejo y finalmente una evaluación de la eficacia, así como también un período de seguimiento (Evans et ál. 1984). Para ello se debe monitorear la población de insectos, su ciclo de vida y el daño que pueden ocasionar los mismos, y con esta información predecir la tendencia de la población y el daño resultante para establecer las prácticas preventivas y curativas de control de plagas. El manejo de la población de insectos a través de las prácticas agrícolas involucra modificación del ambiente utilizando todas las técnicas disponibles para reducir los niveles de la plaga y así mantenerlas en un nivel bajo, de tal manera que no causen un daño económico (Nicholls et ál. 1999).

Los agricultores tienen una amplia matriz de prácticas agrícolas a su disposición para el manejo del cultivo y el manejo de insectos, que varían por cultivo, plaga, época del año y localización geográfica. Posiblemente las más comunes son la aplicación de insecticidas y uso de variedades resistentes. Estas prácticas son efectivas, están disponibles y generalmente no requieren que su uso tenga un alto conocimiento entomológico. Mientras que prácticas tales como rotación de cultivos, elección de fechas de siembra, manejo de malezas, manejo de fertilización, manejo de la biodiversidad y su relación con los organismos benéficos, son

igualmente efectivas pero requieren más conocimiento del ciclo de vida de los insectos (Evans et ál. 1984). Entre las prácticas evaluadas en este estudio está el control de malezas y el manejo de fertilización para el control de insectos en el cultivo de *D. marginata*.

Tradicionalmente las malezas presentes en un cultivo se han considerado perjudiciales a éste, tanto por la competencia que ejercen por el espacio, la luz, el agua y los nutrientes, como por constituir hospederos de plagas, enfermedades y sus vectores. En el contexto de una agricultura sostenible, con un tratamiento más armónico y diversificado del agroecosistema, las malezas constituyen un elemento clave a considerar (Gliessman 2002). Dentro de este punto de vista, su manejo se encamina a mejorar y/o resolver problemas de erosión, cobertura y fertilización del suelo, influir en la densidad y diversidad de especies presentes, y favorecer las poblaciones de organismos benéficos (parasitoides, depredadores, polinizadores), al proporcionarles refugios y fuentes alternativas de alimentos (Altieri et ál. 1977). Otra práctica que puede ser importante en el manejo de plagas es la fertilización, pues las deficiencias y la sobrefertilización con algún nutriente, por ejemplo nitrógeno, podría incrementar la densidad de plagas. Los efectos observados podrían deberse a la respuesta diferencial del insecto, ya sea al contenido total de nitrógeno, o a la forma específica en que se encuentre (proteínas, aminoácidos libres o aminoácidos formando otras sustancias) dentro de la planta (Hilje 2005).

Es clave identificar cuáles son las mejores prácticas de manejo para incrementar la biodiversidad deseada y que tengan a su vez la capacidad de subsidiar la sostenibilidad del agroecosistema, al proveer servicios ecológicos como el control biológico, el reciclaje de nutrientes, la conservación del suelo y agua (Nicholls et ál. 1999). Numerosos autores (Risch et ál. 1988, Altieri 1999, Martins et ál. 2004, Irvin y Hoddle 2004, Tipping et ál. 2004, Tozuda y Matsumura 2005) han estudiado los efectos de cultivos adyacentes, la arquitectura de la planta, la morfología, el clima y otros factores (Harborne 1978, Mattson 1980, Prestidge 1982, Ohgushi 1992, Slansky 1993, Bi et ál. 1994, Bi y Felton 1995, Felton 1996, Bi et ál. 1997, Bentz y Townsend 2001, Martison et ál. 2001, Alyokhin et ál. 2004, Bi et ál. 2005) sobre la incidencia de las plagas y la relación con los insectos benéficos.

El objetivo de este trabajo es determinar la influencia de las prácticas agrícolas más comunes en los cultivos de *Dracaena* sp. en las zonas del Atlántico y de La Tigra, Costa Rica, sobre la población de plagas consideradas cuarentenarias por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

4.2 Materiales y métodos

4.2.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en fincas de *Dracaena marginata* ubicadas en los Cantones de Siquirres y Guápiles, Provincia de Limón y en el Cantón San Carlos, Provincia de Alajuela (Figura 5). Siquirres tiene una altitud de 65 msnm, una temperatura promedio de 27 °C, la radiación solar tiene un promedio de 5 horas luz y una precipitación promedio anual de 3600 mm. Guápiles tiene una altitud de 262 msnm, una temperatura promedio de 25 °C, la radiación solar tiene un promedio de 6 horas luz y una precipitación promedio anual de 4500 mm. San Carlos tiene una altitud de 170 msnm, una temperatura promedio de 25 °C, la radiación solar tiene un promedio de 5 horas luz y una precipitación promedio anual de 3500 mm.



Figura 29. Ubicación de las zonas de estudio del Atlántico (Guápiles y Siquirres) y Huetár Norte (San Carlos). Fuente <http://www.guiacostarica.com/mgeo1.gif>

4.2.2 *Dracaena marginata*

El género *Dracaena* pertenece a la familia Liliácea que engloba unas 40 especies y es nativa de las regiones tropicales de Asia y África (Salas et ál. 1991). Actualmente en Costa Rica se cultivan comercialmente cuatro variedades, la verde, la bicolor, la tricolor y la colorama. Además, existen dos variedades en vías de expansión que son la tigre o kiwi y la

morada o magenta. Pueden comercializarse desde pequeñas plantas individuales (4–5”) o plantas con cañas de más de 18” (Acuña et ál. 1992).

4.2.3 Caracterización general de las prácticas agrícolas

Para seleccionar los lotes a muestrear previamente se identificaron las prácticas agrícolas que los productores realizan en el manejo del cultivo de *Dracaena marginata* con el fin de poder luego estudiar su influencia en el control de plagas. Se efectuó un diagnóstico y caracterización de las prácticas agrícolas por medio de una encuesta semiestructurada (Anexo 1). Las principales prácticas que se tomaron en cuenta fueron: frecuencia de deshierbe, densidad de plantación, poda, aplicación de insecticidas y fertilización (Cuadro 10).

Cuadro 10. Descripción de las prácticas agrícolas de las fincas en estudio en dos zonas de producción

| Zona | Finca | Prácticas agrícolas | | | | |
|-----------|--------|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|------|------------------------|
| | | Frecuencia de deshierbe (No. por año) | Aplicación de insecticidas | Fertilización foliar y al suelo | Poda | Densidad de plantación |
| Atlántico | 18 | 4 | Q | F | P | Doble – Triple hilera |
| | 38 | 2 | Q | SF | P-SP | Simple-Doble hilera |
| | 105 | 4 | Q | F | P | Doble hilera |
| La Tigra | 103(1) | 4 | Q | F | P | Triple hilera |
| | 103(2) | 2 | Q | F | P | Triple hilera |
| | 103(3) | 4 | SQ | F | P-SP | Triple hilera |
| | 103(4) | 3 | Q | F | P | Triple hilera |
| | 103(5) | 3 | SQ | F | P | Triple hilera |
| | 103(6) | 2 | SQ | SF | P-SP | Triple hilera |
| | 103(7) | 2 | SQ | SF | P | Triple hilera |

Nota: SQ=lotes sin aplicación de insecticida, Q= lotes con aplicación de insecticida, SF= lotes sin fertilización, F= lotes con fertilización, SP= lotes sin poda, P= lotes con poda.

4.2.4 Fincas en estudio

A partir de la caracterización de las prácticas agrícolas se seleccionaron 34 lotes, 19 lotes de la Zona Atlántica, distribuidos en grandes productores y una finca satélite, y 15 lotes de La Tigra distribuidos en pequeños productores de la Asociación de Ornamentales La Tigra. Para la selección de los lotes para el estudio, se tuvo en cuenta que el lote esté en producción y

cosecha de *tips*. Se evaluaron 10 lotes de la variedad bicolor, 12 lotes de la variedad magenta y 12 lotes de la variedad verde (Cuadro 11).

Cuadro 11. Descripción de los lotes en estudio de Dracaena marginata de acuerdo a la zona de producción

| Zona | Finca | Lotes | Variedad | Superficie (m ²) | No. puntos | |
|-----------|---------|-------|----------|------------------------------|------------|----|
| Atlántico | 18 | 1 | Bicolor | 1200 | 24 | |
| | | 2 | Bicolor | 1250 | 24 | |
| | | 3 | Magenta | 3000 | 45 | |
| | | 4 | Verde | 900 | 19 | |
| | | 5 | Verde | 1100 | 22 | |
| | | 6 | Verde | 1000 | 18 | |
| | | 7 | Verde | 625 | 14 | |
| | 18 (1) | 8 | Magenta | 875 | 20 | |
| | | 9 | Magenta | 1500 | 25 | |
| | 38 | | 10 | Bicolor | 3300 | 50 |
| | | | 11 | Magenta | 4725 | 75 |
| | | | 12 | Magenta | 9900 | 97 |
| | | | 13 | Verde | 4200 | 65 |
| | | | 14 | Verde | 4150 | 64 |
| | 105 | | 15 | Bicolor | 2500 | 39 |
| | | | 16 | Bicolor | 1000 | 22 |
| | | | 17 | Magenta | 900 | 18 |
| | | | 18 | Magenta | 1600 | 24 |
| | | | 19 | Verde | 2600 | 43 |
| La Tigra | 103 (1) | 1 | Verde | 2000 | 36 | |
| | 103 (2) | 2 | Bicolor | 900 | 18 | |
| | | 3 | Verde | 2400 | 36 | |
| | 103 (3) | 4 | Magenta | 1125 | 24 | |
| | | 5 | Magenta | 2500 | 37 | |
| | | 6 | Verde | 960 | 16 | |
| | 103 (4) | 7 | Bicolor | 500 | 13 | |
| | | 8 | Magenta | 800 | 15 | |
| | | 9 | Verde | 2200 | 32 | |
| | 103 (5) | 10 | Bicolor | 3850 | 44 | |
| | 103 (6) | 11 | Verde | 4000 | 67 | |
| | 103 (7) | | 12 | Bicolor | 2050 | 33 |
| | | | 13 | Bicolor | 2000 | 33 |
| | | | 14 | Magenta | 400 | 10 |
| | | | 15 | Magenta | 1250 | 19 |

4.2.5 Muestreo

Debido a que las plagas agrícolas generalmente tienen una distribución agregada dentro de los cultivos el muestreo sistemático es generalmente útil para detectar estos patrones

de agregación. Por esto motivo, se decidió realizar muestreos sistemáticos en una cuadrícula o grilla de 10x10 m sobre todos los lotes seleccionados. El tamaño de la grilla 10x10 permite detectar bien estos agrupamientos con un esfuerzo de muestreo menor que el correspondiente a una grilla de tamaño menor. Dependiendo de la superficie del lote se realizaron entre 10 y 97 puntos de muestreo por lote.

Para evaluar la población de escamas en cada punto de la cuadrícula se tomaron ocho hojas al azar de distintas alturas sobre las plantas presentes alrededor del punto de muestreo y fueron llevadas al Laboratorio de Entomología en CATIE para realizar el conteo utilizando un estereoscopio. Para determinar la densidad de cicadélidos (ninfas y huevos), tetigónidos (huevos) y moluscos (adultos) en cada punto de muestreo se evaluaron 8 *tips*. También se registró la presencia o ausencia de malezas en el momento de muestreo. Los lotes seleccionados fueron muestreados en dos épocas: invierno y verano.

4.2.6 Identificación de especies

En el caso de escamas, los especímenes se enviaron en frascos de vidrio con alcohol etílico al 70% a especialistas del Departamento de Sanidad Vegetal en el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Costa Rica para su identificación por especie. Los huevos fueron clasificados en tipos, según su morfología y patrón de oviposición, y de acuerdo a su estado como viables, parasitados o eclosionados.

4.2.7 Variables analizadas

En cada uno de los puntos de muestreo se registró el número total de huevos de cicadélidos y tetigónidos, el número total de moluscos y escamas. Se registraron los distintos estadios y categorías dentro de estadio para cada una de las plagas.

En el caso de cicadélidos los estadios y categorías muestreados fueron:

1. Tipos de huevos (solo en invierno): tipo 1 (Figura 30), tipo 2 (Figura 31), tipo 3 (Figura 32), tipo 4 (Figura 33) y tipo 5 (Figura 34).
2. Huevos no parasitados (Figura 30-30 A), parasitados (Figura 30-30 B) y emergidos (Figura 30-30 C).
3. Ninfas (Figura 35).



Figura 30. Huevos de cicadélidos viables (A), parasitados (B) y emergidos (C) categorizados como tipo 1.

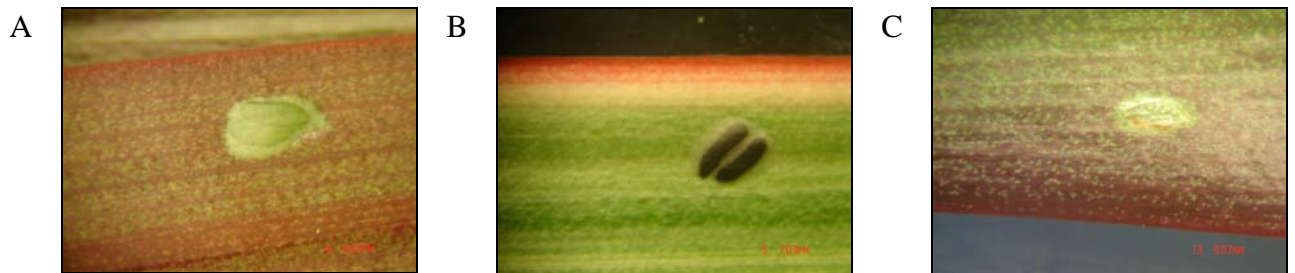


Figura 31. Huevos de cicadélidos viables (A), parasitados (B) y emergidos (C) categorizados como tipo 2.



Figura 32. Huevos de cicadélidos viables (A), parasitados (B) y emergidos (C) categorizados como tipo 3.



Figura 33. Huevos de cicadélidos viables (A), parasitados (B) y emergidos (C) categorizados como tipo 4.



Figura 34. Huevos de cicadélidos viables (A), parasitados (B) y emergidos (C) categorizados como tipo 5.

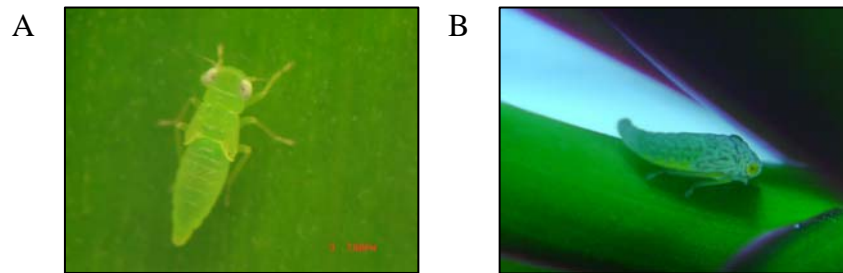


Figura 35: Ninfas de cicadélidos: Empoasca sp. (A), Oncometopia sp. (B)

En el caso de tetigónidos los estadios muestreados fueron:

1. Huevos (solo en invierno): tipo 1 (Figura 36 A), tipo 2 (Figura 36 B) y tipo 3 (Figura 37 A y B).

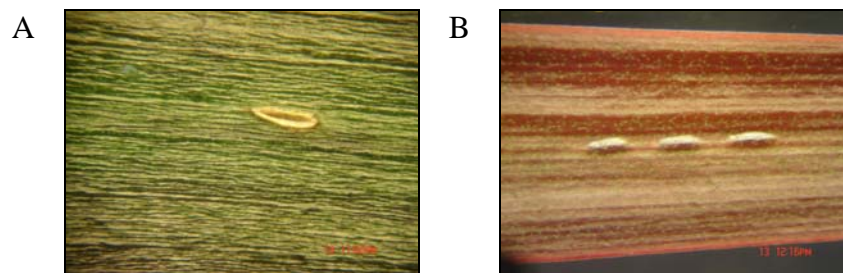


Figura 36. Huevos de tetigónidos categorizados como tipo 1 (A) y como tipo 2 (B).

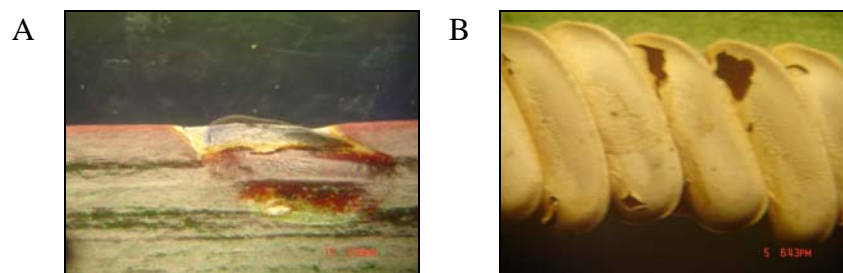


Figura 37. Huevos de tetigónidos categorizados como tipo 3: bajo la epidermis de la hoja (A), sobre la epidermis de la hoja (B).

En el caso de escamas los estadios muestreados fueron:

1. Ninfas y adultos parasitados y no parasitados del género *Aspidiotus* (Figura 38), *Chrysomphalus* (Figura 39), *Pinnaspis* (Figura 40) y otras no identificadas (Figura 41).

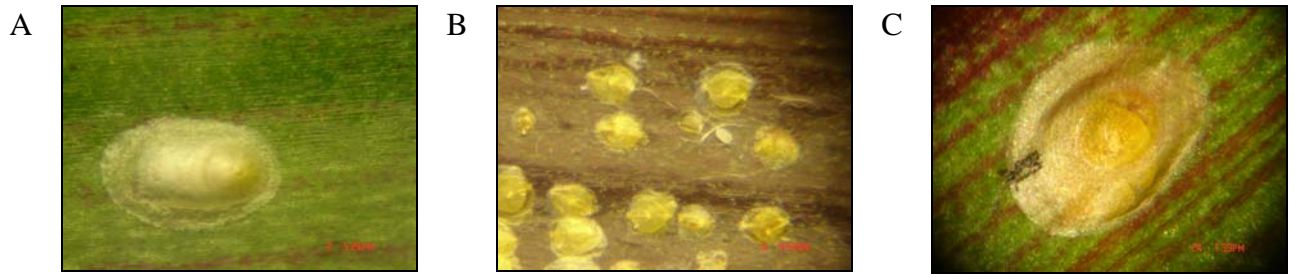


Figura 38. Escamas del género *Aspidiotus*: machos adultos (A), ninfas (B), hembra cubriendo los huevos (C).

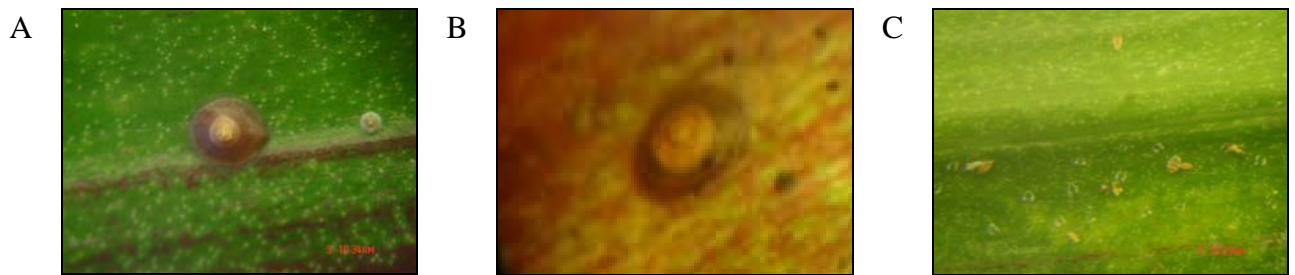


Figura 39. Escamas del género *Chrysomphalus*: hembra adulta(A), macho adulto (B), ninfas (C).



Figura 40. Escamas del género *Pinnaspis*: hembra adulta con huevos y estados juveniles (A), macho adulto (B), ninfas hembras (C).



Figura 41. Escamas de otros géneros: *Lepidosaphes* sp. (A), *Selenaspis* sp. (B), *Coccus* sp. (C).

Debido a la dificultad que representa para las evaluaciones el conteo de escamas en el cultivo, se registró también el número de hojas con escamas por punto de muestreo.

En el caso de moluscos solo se muestreo el estadio adulto (Figura 42).

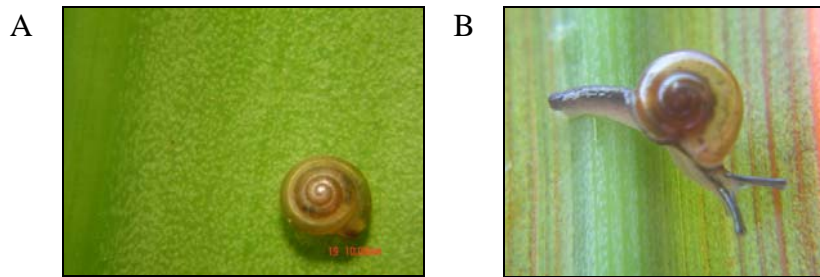


Figura 42: Adulto de moluscos: Guppya gundlachi (A), Ovachlamys fulgens (B).

4.2.8 Análisis estadístico

4.2.8.1 Análisis de las abundancias de insectos

Para realizar el análisis de varianza de los datos obtenidos del muestreo de cicadélidos, tetigónidos, moluscos y escamas, se obtuvieron los promedios por lote en las épocas de verano e invierno de la Zona Atlántica y La Tigra para cada una de las variables estudiadas. Se trabajó con los datos originales y los datos transformados a rangos, debido a que no siempre se cumplía el supuesto de distribución normal para los residuos. El modelo del ANOVA fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + E_j + V_k + E_j * V_k + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} : es la variable de respuesta

μ : es la media general

F_i : es el efecto de la i -ésima finca

E_j : es el efecto de la j -ésima época

V_k : es el efecto de la k -ésima variedad

$E_j * V_k$: es la interacción entre época y variedad

ε_{ijk} : es el término de error supuestamente distribuido normal e independiente, con media cero y varianza constante.

Las comparaciones de medias para cada uno de los factores de interés evaluados se realizaron mediante la prueba LSD de Fisher. El nivel de significancia utilizado fue del 5%.

4.2.8.2 Análisis de las categorías de infección

Para evaluar la influencia de las prácticas agrícolas en la población de insectos se realizó un análisis de datos categorizados con tablas de contingencia para probar la hipótesis

de independencia entre categoría de insectos y la categoría de prácticas agrícolas. El estadístico utilizado fue el chi-cuadrado máximo verosímil, debido a que se encontró un alto porcentaje de combinaciones de categorías con frecuencias menores a cinco.

Para cada uno de los insectos se obtuvo la curva de distribución empírica de las abundancias promedio por lote. A partir de estas curvas se determinaron 2 (bajo y alto) o 3 (bajo, medio y alto) categorías de infestación por plaga usando el percentil 50 y los percentiles 33 y 66% respectivamente (Cuadro 12).

Cuadro 12. Categoría de insectos y moluscos usadas para el análisis de la relación entre población de plagas y prácticas agrícolas en dos zonas de producción en Costa Rica, 2006

| Taxa | Bajo | Medio | Alto |
|--------------------------------------|------|-------------|------|
| Huevos de cicadélidos totales | <0,5 | >0,5 y <1 | >1 |
| Huevos de cicadélidos tipo 1,2,3,4,5 | =0 | | >0 |
| Huevos de cicadélidos parasitados | <0,5 | >0,5 y <1 | >1 |
| Huevos de cicadélidos no parasitados | <0,5 | | >0,5 |
| Huevos de cicadélidos emergidos | <0,5 | | >0,5 |
| Huevos de tetigónidos totales | <0,1 | >0,1 y <0,2 | >0,2 |
| Huevos de tetigónidos tipo 1,2,3 | =0 | | >0 |
| Moluscos | =0 | >0 y <0,2 | >0,2 |
| Ninfas y adultos de escamas | =0 | >0 y <10 | >10 |
| Hojas infectadas con escamas | <1 | >1 y <2 | >2 |

Para estudiar la relación entre categorías de prácticas agrícolas y categoría de infestación se realizaron análisis de correspondencias simples y múltiples (Jonson y Whichern 1998) y se construyeron gráficos *biplot* para visualizar las asociaciones. Los gráficos se construyeron para todas las asociaciones que resultaron significativas en el análisis de los datos categorizados con tablas de contingencia.

4.3 Resultados

4.3.1 Análisis de la abundancia de plagas

4.3.1.1 Generalidades

En los 34 lotes de *Dracaena marginata* evaluados se muestrearon en total 1141 puntos por época, 708 en la Zona Atlántica y 433 en La Tigra. En el caso de escamas el total de hojas evaluadas fueron 9128 (Cuadro 13); para huevos de cicadélidos y ninfas de cicadélidos (Cuadro 14 y Cuadro 15) y huevos de tetigónidos y moluscos (Cuadro 16) se evaluaron las mismas cantidades pero sobre *tips*, registrándose la posición (cogollo o caña) y el tamaño de *tips*.

Debido a que la cantidad de puntos muestreados en cada zona fue distinta, los porcentajes de insectos totales encontrados fueron ponderados por el esfuerzo de muestreo. Con este porcentaje relativo se puede hacer la comparación porcentual independientemente del número de puntos muestreados.

$$\% \text{ relativo del Atlántico} = \frac{\text{pi} \times \text{pm Atlántico}}{(\text{pi} \times \text{pm Atlántico}) + (\text{pi} \times \text{pm La Tigra})}$$

$$\% \text{ relativo de La Tigra} = \frac{\text{pi} \times \text{pm La Tigra}}{(\text{pi} \times \text{pm Atlántico}) + (\text{pi} \times \text{pm La Tigra})}$$

donde

pi = número de puntos infectados

pm = número de puntos muestreados

Para la población de escamas, la zona de La Tigra fue menos infestada que la del Atlántico con solo el 3% del total de escamas en el 42% de los puntos de muestreo; mientras que en el Atlántico se encontró el 97% del total en el 64% de los puntos de muestreo. En verano se observó escamas en el 64% de los puntos de muestreo en el Atlántico y el 59% de los puntos de muestreo en La Tigra, mientras que en invierno fue el 61% de los puntos de muestreo en el Atlántico y el 26% de los puntos de muestreo en La Tigra.

El género más frecuente fue *Chrysomphalus* con el 87% del total de escamas en el 32% de los puntos de muestreo, seguida de *Pinnaspis* con el 11% del total en el 33% de los puntos de muestreo. Luego los otros géneros con el 1,4% del total en el 8% de los puntos de muestreo y por último se observó *Aspidiotus* con el 1% del total en el 10% de los puntos de muestreo. El género de escama más frecuente en el Atlántico fue *Chrysomphalus* con el 90% del total en el 41% de los puntos de muestreo, en cambio en la Tigra el género más frecuente fue *Pinnaspis* con el 47% del total en el 22% de los puntos de muestreo.

El porcentaje de parasitismo a nivel general fue del 5% del total de escamas, encontrándose en el 19% de los puntos de muestreo. En el Atlántico el porcentaje de parasitismo fue del 5% en el 23% de los puntos de muestreo, a diferencia de la Tigra que se observó el 14% de parasitismo en 13% de los puntos de muestreo. En verano el porcentaje de parasitismo observado fue del 4% en el 22% de los puntos de muestreo y en invierno el porcentaje de parasitismo fue del 9% en el 16% de los puntos de muestreo.

El género con el mayor índice de parasitismo fue *Aspidiotus* con el 15% en el 2% de los puntos de muestreo; seguida de los otros géneros con el 13% en el 1% de los puntos de muestreo. Luego se encontró el género *Pinnaspis* con el 9% de parasitismo en el 8% de los puntos de muestreo y por último *Chrysomphalus* con el 4% en el 11% de los puntos de muestreo.

Para los huevos de cicadélidos, en verano la infestación fue del 36% en el 22% de los puntos de muestreo; mientras que en el invierno se encontró el 64% de infestación en el 57% de los puntos de muestreo. La zona del Atlántico fue menos afectada que La Tigra con el 46% del total en el 16% de los puntos de muestreo. En cambio, en La Tigra se observó el 54% del total en el 42% de los puntos de muestreo.

A nivel general para las dos zonas, el porcentaje de parasitismo fue del 52%, encontrándose en el 15% de los puntos de muestreo. En verano el porcentaje de parasitismo fue del 53% en el 13% de los puntos de muestreo, mientras que en el invierno fue del 52% en el 18% de los puntos de muestreo. En el Atlántico el porcentaje de parasitismo fue del 30%, observándose en el 6% de los puntos de muestreo, a diferencia de la Tigra que mostró el 64% de parasitismo en el 30% de los puntos de muestreo.

Cuadro 13. Número de puntos de muestreo infestados con escamas parasitadas y no parasitadas (abundancia de escamas entre paréntesis) en dos zonas de producción en Costa Rica, 2006

| Zona | Época | Género de escamas | | | | | | | |
|-----------|----------|-------------------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|---------|-----------|
| | | AP | ANp | CP | CNp | PP | PNp | OP | ONP |
| Atlántico | Verano | 7 (7) | 46 (88) | 144 (1052) | 341 (25540) | 37 (67) | 267 (1603) | 7 (41) | 80 (168) |
| | Invierno | 4 (4) | 65 (99) | 74 (259) | 222 (3707) | 88 (186) | 264 (1266) | 1 (1) | 7 (8) |
| La Tigra | Verano | 15 (25) | 50 (77) | 26 (37) | 116 (366) | 40 (91) | 127 (601) | 6 (12) | 80 (249) |
| | Invierno | 9 (20) | 35 (58) | 10 (17) | 30 (51) | 15 (27) | 47 (105) | 1 (12) | 8 (11) |
| Total | | 35 (56) | 196 (322) | 254 (1365) | 709 (29664) | 180 (371) | 705 (3575) | 15 (66) | 175 (436) |

Nota: AP: *Aspidiotus parasitada*, ANp= *Aspidiotus no parasitada*, CP= *Chrysomphalus parasitada* CNp= *Chrysomphalus no parasitada*, P= *Pinnaspis parasitada* PNp= *Pinnaspis no parasitada*, O= *Otros géneros parasitados*, ONp= *Otros géneros no parasitados*.

El porcentaje de emergencia de huevos de cicadélidos a nivel general fue del 22%, encontrándose en el 7% de los puntos de muestreo. En el Atlántico el porcentaje de emergencia de huevos fue del 35% observándose en el 6% de puntos de muestreo; mientras que en la Tigra el porcentaje emergencia en huevos fue del 15% en el 8% de puntos de muestreo.

Cuadro 14. Número de puntos de muestreo infestados con huevos de cicadélidos parasitados, no parasitados y emergidos (abundancia de huevos entre paréntesis) en dos zonas de producción en Costa Rica, 2006

| Zona | Época | Categoría de huevos | | |
|-----------|----------|---------------------|-----------|-----------|
| | | CiP | CiNp | Cie |
| Atlántico | Verano | 34(37) | 56 (61) | 27 (28) |
| | Invierno | 52 (67) | 65(85) | 65 (93) |
| La Tigra | Verano | 114 (153) | 65 (84) | 14 (21) |
| | Invierno | 150 (269) | 46 (53) | 52 (80) |
| Total | | 350 (526) | 232 (283) | 158 (222) |

Nota: CiP: huevos de cicadélidos parasitados, CiNp= huevos de cicadélidos no parasitados, Cie= huevos de cicadélidos emergidos.

Para los tipos de huevo de cicadélidos, el más frecuente fue el tipo 2 con el 31% del total, observándose en el 11% de los puntos de muestreo, seguido del tipo 1 con el 29% del total en el 11% de los puntos de muestreo. Luego se encontró el tipo 3 con el 23% del total de

huevos en el 10% de los puntos de muestreo; seguido por el tipo 5 con el 16% en el 6% de los puntos de muestreo y por último está el tipo 4 con el 1% del total de huevos en el 1% de los puntos de muestreo.

El tipo de huevo con mayor índice de parasitismo fue el tipo 3 con el 80% de parasitismo, encontrándose en el 81% de los puntos de muestreo, seguida del huevo tipo 2 con el 66% en el 68% de los puntos de muestreo. Luego se observó el tipo 4 con el 60% de parasitismo en menos del 1% de los puntos de muestreo, seguido del tipo 1 con el 43% en el 11% de los puntos de muestreo, y por último está el tipo 5 con el 4% de parasitismo en el 9% de los puntos de muestreo.

En verano el porcentaje de infestación de huevos de tetigónidos fue del 39%, localizados en 16% de los puntos muestreo; mientras que en el invierno el porcentaje subió al 61% en el 21% de los puntos de muestreo. La Tigra mostró menor infestación que el Atlántico con solo el 12% del total de huevos de tetigónidos en el 11% de los puntos de muestreo; mientras que en el Atlántico se encontró el 88% del total de huevos en el 24% de los puntos de muestreo. En la época de invierno el tipo de huevo de tetigónidos más frecuente fue el tipo 2 con el 80% del total, observados en el 17% de los puntos; seguido del huevo tipo 1 con el 17% del total en el 5% de los puntos de muestreo y por último el huevo tipo 3 con el 3% del total en el 1% de los puntos de muestreo.

Cuadro 15. Número de puntos de muestreo infestados por tipo de huevos de cicadélidos parasitados, no parasitados y emergidos (abundancia de huevos entre paréntesis) en dos zonas de producción en Costa Rica, 2006

| Tipo de huevo | Zona | | Total |
|---------------|-----------|----------|-----------|
| | Atlántico | La Tigra | |
| CiP1 | 22 (31) | 40 (50) | 62 (81) |
| CiNp1 | 20 (21) | 19 (22) | 39 (43) |
| Cie1 | 31 (40) | 20 (25) | 51 (65) |
| CiT1 | 57 (92) | 67 (97) | 124 (189) |
| CiP2 | 14 (15) | 68 (117) | 82 (132) |
| CiNp2 | 13 (16) | 14 (16) | 27 (32) |
| Cie2 | 9 (13) | 19 (24) | 28 (37) |
| CiT2 | 30 (44) | 90 (157) | 120 (201) |
| CiP3 | 17 (17) | 79 (102) | 96 (119) |
| CiNp3 | 12 (14) | 12 (12) | 24 (26) |
| Cie3 | 1 (1) | 2 (2) | 3 (3) |
| CiT3 | 27 (32) | 91 (116) | 118 (148) |
| CiP4 | 2 (3) | | 2 (3) |
| CiNp4 | 2 (2) | | 2 (2) |
| CiT4 | 3 (5) | | 3 (5) |
| CiP5 | 1 (1) | 2 (3) | 3 (4) |
| CiNp5 | 21 (32) | 2 (3) | 23 (35) |
| Cie5 | 27 (39) | 16 (29) | 43 (68) |
| CiT5 | 47 (72) | 18 (32) | 65 (104) |

Nota: CiP1 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 1, CiNp1 = huevos de cicadélidos no parasitados tipo 1, Cie1 = huevos de cicadélidos emergidos tipo 1, CiT1 = huevos de cicadélidos totales tipo 1, CiP2 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 2, CiNp2 = huevos de cicadélidos no parasitados tipo 2, Cie2 = huevos de cicadélidos emergidos tipo 2, CiT2 = huevos de cicadélidos totales tipo 2, CiP3 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 3, CiNp3 = huevos de cicadélidos no parasitados tipo 3, Cie3 = huevos de cicadélidos emergidos tipo 3, CiT3 = huevos de cicadélidos totales tipo 3, CiP4 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 4, CiNp4 = huevos de cicadélidos no parasitados tipo 4, CiT4 = huevos de cicadélidos totales tipo 4, CiP5 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 5, CiNp5 = huevos de cicadélidos no parasitados tipo 5, Cie5 = huevos de cicadélidos emergidos tipo 5, CiT5 = huevos de cicadélidos totales tipo 5, N = ninfas de cicadélidos.

En verano el porcentaje de infestación de moluscos fue del 36%, encontrándose en 8% de los puntos muestreo; mientras que en el invierno el porcentaje de infestación de moluscos fue del 64% en el 13% de los puntos de muestreo. La zona de La Tigra tuvo menor infestación que la del Atlántico con un 24% del total en el 11% de los puntos de muestreo; mientras que el Atlántico mostró el 76% del total en el 10% de los puntos de muestreo

Cuadro 16. Número de puntos de muestreo infestados con huevos de tetigónidos y adultos de molusco en verano e invierno y categoría de huevos de tetigónidos en invierno (abundancia entre paréntesis) en dos zonas de producción en Costa Rica, 2006

| Zona | Época | Tipo de huevo | | | | M |
|-----------|----------|---------------|-----------|---------|-----------|-----------|
| | | T1 | T2 | T3 | TT | |
| Atlántico | Verano | | | | 134(163) | 77 (124) |
| | Invierno | 40 (43) | 172 (247) | 3 (3) | 203 (293) | 73 (135) |
| La Tigra | Verano | | | | 53 (56) | 16 (16) |
| | Invierno | 12 (13) | 24 (24) | 8 (9) | 39 (46) | 72 (115) |
| Total | | 52 (56) | 196 (271) | 11 (12) | 429 (558) | 238 (390) |

Nota: T1= huevo de tetigónido tipo 1, T2= huevo de tetigónido tipo 2, T3= huevo de tetigónido tipo 3, TT= huevos de tetigónidos totales, M= adultos de moluscos.

4.3.1.2 Factores que influyen en la abundancia de insectos

Los análisis mostraron efectos significativos para la interacción época×zona para tetigónidos ($p = 0,0041$), moluscos ($p = 0,0230$) y escamas ($p < 0,0001$). Se encontró que hay diferencias para zona en cicadélidos ($p = 0,0001$), tetigónidos ($p < 0,0001$) y escamas ($p = 0,0001$). Además, se observaron efectos para finca dentro de zona en cicadélidos ($p = 0,0013$), tetigónidos ($p = 0,0005$), moluscos ($p = 0,0269$), escamas ($p = 0,0021$) (Cuadro 17). También existen diferencias significativas para época en cicadélidos ($p = 0,0041$), moluscos ($p = 0,0279$) (Cuadro 17, Figura 43) y escamas ($p = 0,0043$) (Cuadro 17, Figura 44) y para variedad en tetigónidos ($p = 0,0081$) (Cuadro 17, Figura 45). No se encontraron efectos significativos para la interacción zona×variedad ni para la interacción época×variedad (Cuadro 17).

Cuadro 17. Valor p del ANOVA para los efectos estudiados en cada plaga en lotes de D. marginata en dos zonas de producción en Costa Rica, 2006

| Variable | Ci | T | M | E | HE |
|--------------|---------|---------|--------|---------|--------|
| Finca (F) | 0,0013 | 0,0005 | 0,0269 | 0,0021 | 0,0312 |
| Zona (Z) | <0,0001 | <0,0001 | 0,2596 | 0,0001 | 0,0014 |
| Época (E) | 0,0041 | 0,0964 | 0,0279 | 0,0043 | 0,0006 |
| Variedad (V) | 0,0674 | 0,0081 | 0,3665 | 0,4324 | 0,5842 |
| E×Z | 0,4358 | 0,0041 | 0,0230 | <0,0001 | 0,0007 |
| Z×V | 0,2618 | 0,4936 | 0,7368 | 0,1280 | 0,1205 |
| E×V | 0,9524 | 0,3489 | 0,5710 | 0,6117 | 0,9689 |

Nota: Ci = huevos de cicadélidos, N= ninfas de cicadélidos, T = huevos de tetigónidos, M = moluscos, E = escamas, HE = hojas con escamas.

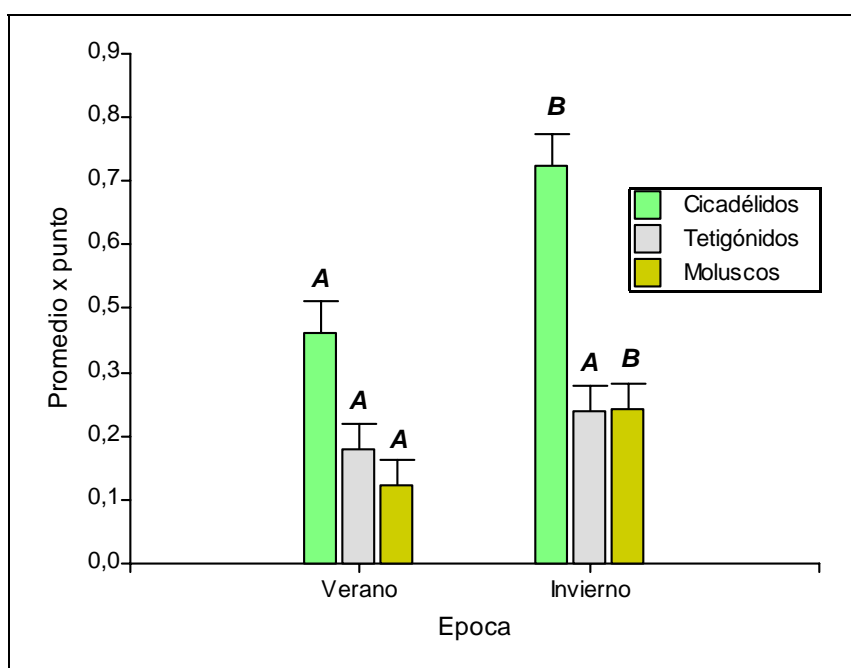


Figura 43: Promedios de cicadélidos, tetigónidos y moluscos por época en dos zonas de Costa Rica, 2006. Letras distintas indican diferencias significativas (LSD Fisher, $P < 0,05$).

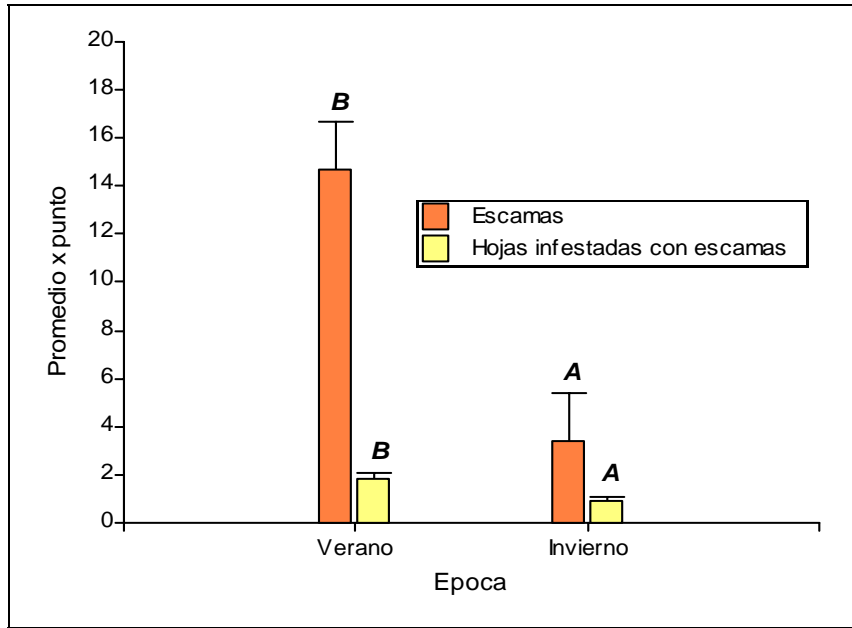


Figura 44: Promedios de escamas y hojas infestadas con escamas por época en dos zonas de Costa Rica, 2006. Letras distintas indican diferencias significativas (LSD Fisher, $P < 0,05$).

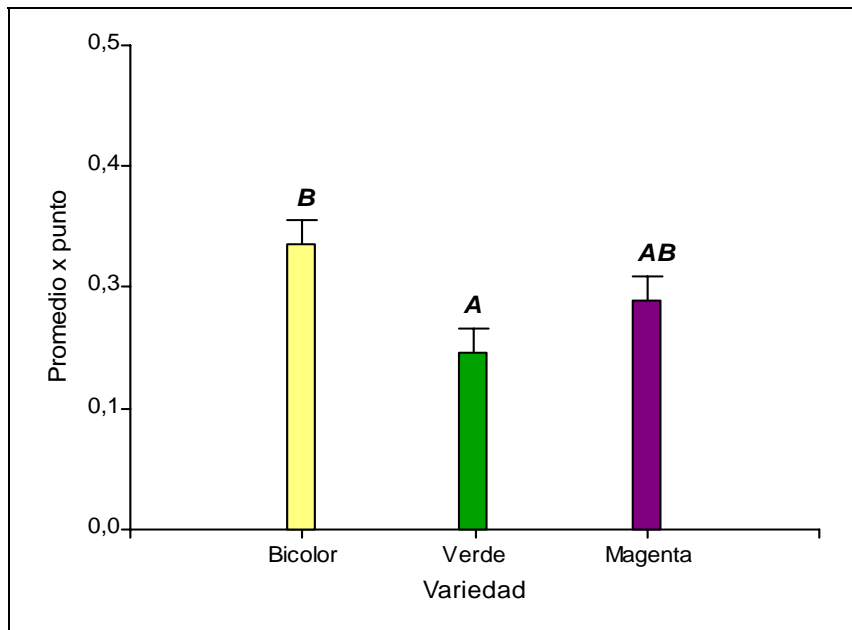


Figura 45. Promedios de tetigónidos por variedad en dos zonas de Costa Rica, 2006. Letras distintas indican diferencias significativas (LSD Fisher, $P < 0,05$).

En la interacción época x zona, que resultó ser significativa para tetigónidos se encontró que en la zona del Atlántico la población disminuye de invierno a verano, mientras que en La Tigra la población es similar en las dos épocas. Tanto en la época de invierno y verano la población es mayor en el Atlántico que en La Tigra (Figura 46).

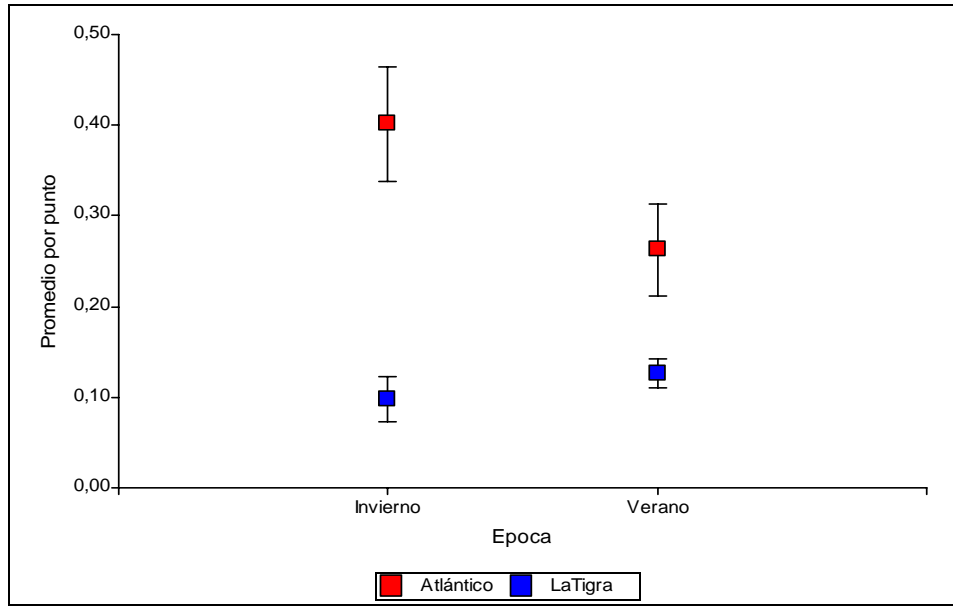


Figura 46. Gráfico de puntos para la interacción época x zona para la población de huevos de tetigónidos en dos zonas de Costa Rica, 2006.

En la interacción época x zona que resultó ser significativa para moluscos se observó que en la zona de La Tigra la población disminuye de invierno a verano, mientras que en la zona del Atlántico la población es similar. En la época de invierno la población es similar en ambas zonas, mientras que en la época de verano la población es mayor en el Atlántico (Figura 47).

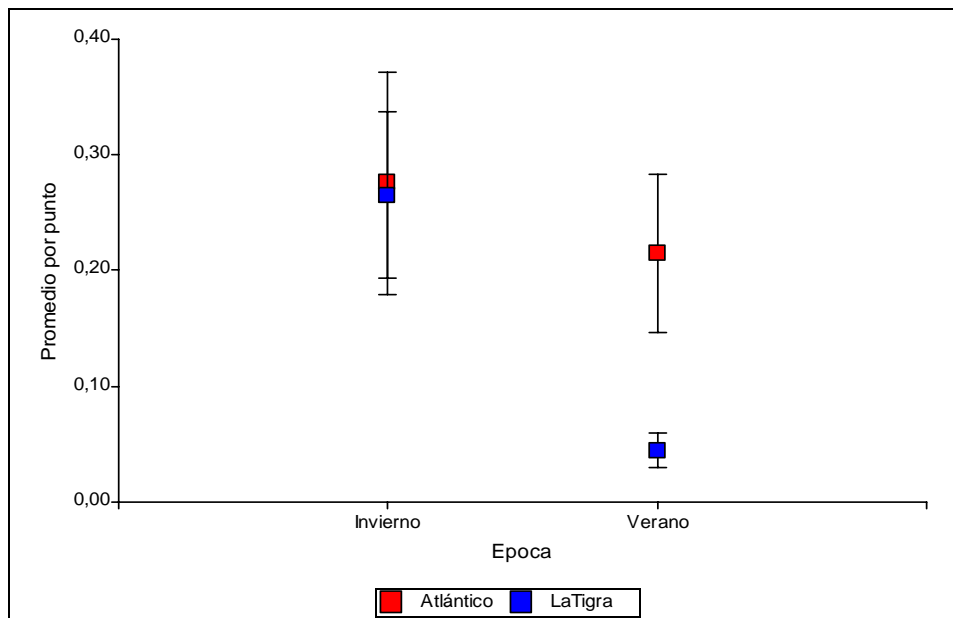


Figura 47: Gráfico de puntos para la interacción época x zona para la población de moluscos en dos zonas de Costa Rica, 2006.

En la interacción época x zona que resultó ser significativa para escamas se encontró que tanto en la zona del Atlántico como en la Tigra la población aumenta de invierno a verano. Tanto en el invierno como en el verano la población es mayor en el Atlántico que en la Tigra (Figura 48). En la interacción época x zona que resultó ser significativa para hojas infestadas con escamas se encontró que tanto en la zona del Atlántico como en la Tigra la población aumenta de invierno a verano. En el invierno la población es mayor en el Atlántico, mientras que en el verano la población es similar en ambas zonas (Figura 49).

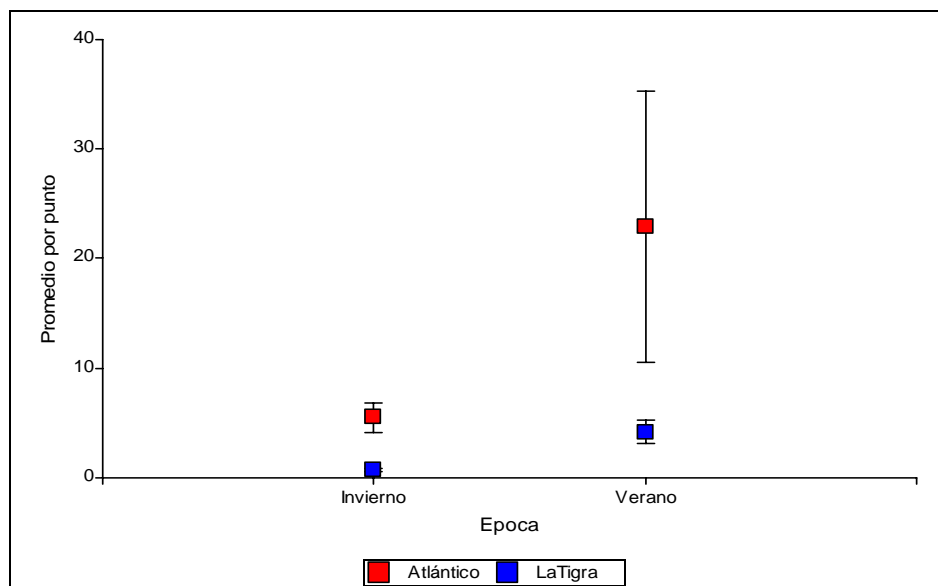


Figura 48: Gráfico de puntos para la interacción época×zona para la población de escamas en dos zonas de Costa Rica, 2006.

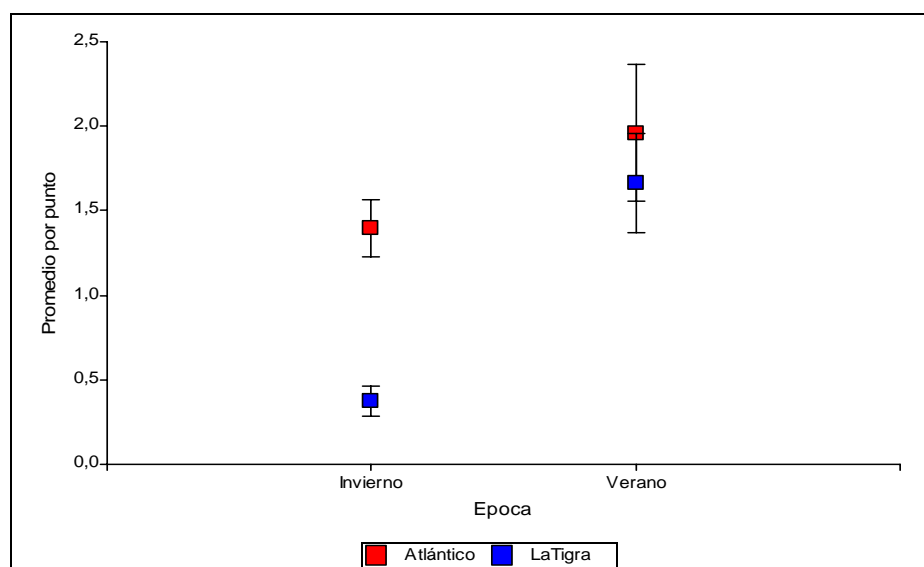


Figura 49: Gráfico de puntos para la interacción época×zona para hojas infestadas con escamas en dos zonas de Costa Rica, 2006.

4.3.2 Análisis de las prácticas agrícolas

4.3.2.1 Análisis univariados y multivariados entre prácticas agrícolas y total de plagas

Los resultados de los análisis y gráficos *biplot* (Anexo 3) de las relaciones entre las prácticas agrícolas y las categorías de plagas en estudio indicaron que la infestación de huevos de cicadélidos mostró asociación directa con la aplicación de fertilizantes ($p = 0,0337$) y con la densidad de plantación ($p < 0,0001$), es decir que mientras aumente la frecuencia de estas prácticas la población de huevos incrementa. A diferencia de la frecuencia de deshierbes ($p = 0,0019$) y la aplicación de insecticidas ($p = 0,0022$) que mostraron una asociación inversa, es decir que cuando se aumente la frecuencia de estas dos prácticas la población de huevos disminuye (Cuadro 18-Cuadro 19).

La categoría de infestación de huevos de tetigónidos presentó una asociación directa con la frecuencia de deshierbes ($p = 0,0100$), y con la aplicación de insecticidas ($p = 0,0041$); mientras que con la presencia de malezas ($p = 0,0244$), con la aplicación de fertilizantes ($p = 0,0050$) y con la densidad de plantación ($p = 0,0002$) existe una asociación inversa (Cuadro 18-Cuadro 19). Estas asociaciones difieren por tipo de huevo de tetigónido. En el caso de huevos de tetigónidos, para el huevo tipo 1 se encontró asociación inversa con la presencia o ausencia de malezas ($p = 0,0252$), con la fertilización ($p = 0,0151$) y la densidad de siembra ($p = 0,0219$). El huevo tipo 2 mostró asociación inversa con la presencia de malezas ($p = 0,0050$) y con la densidad de plantación ($p = 0,0620$), mientras que con la frecuencia de deshierbe ($p = 0,0074$) la asociación fue positiva. El huevo tipo 3 presentó asociación inversa con la aplicación de insecticidas ($p = 0,0697$) (Cuadro 20-Cuadro 21).

La categoría de infestación de moluscos está asociada inversamente con la densidad de plantación ($p = 0,0464$). Se observó que la categoría de infestación de escamas y la categoría hojas infestadas con escamas mostraron asociación directa con la aplicación de químicos ($p = 0,0524$, $p = 0,0337$) y asociación inversa con la aplicación de fertilizantes ($p = 0,0019$, $p = 0,0072$). La categoría de infestación de escamas mostró asociación inversa con la frecuencia de deshierbe ($p = 0,0068$), mientras que la categoría de hojas infestadas con escamas mostró asociación directa con la frecuencia de deshierbe ($p = 0,0515$) (Cuadro 18-Cuadro 19).

Cuadro 18. Significancias estadísticas para las pruebas de independencia entre prácticas agrícolas y categorías de insecto en sistemas de producción ubicados en dos zonas de Costa Rica, 2006

| Práctica agrícola | Categoría de plagas | | | | | |
|---------------------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Ci | N | T | M | E | HE |
| Presencia o ausencia de malezas | 0,1013 | 0,3003 | 0,0244 | 0,3745 | 0,5554 | 0,4296 |
| Poda | 0,3088 | 0,6023 | 0,1746 | 0,2345 | 0,4126 | 0,2510 |
| Fertilización | 0,0337 | 0,2442 | 0,0050 | 0,4262 | 0,0019 | 0,0072 |
| Aplicación de insecticidas | 0,0022 | 0,8025 | 0,0041 | 0,9949 | 0,0524 | 0,0337 |
| Frecuencia de deshierbe | 0,0019 | 0,1422 | 0,0100 | 0,4317 | 0,0068 | 0,0515 |
| Densidad de siembra | 0,0001 | 0,5027 | 0,0002 | 0,0464 | 0,1183 | 0,1303 |

Nota: Ci = huevos de cicadélidos, N= ninfas de cicadélidos, T = huevos de tetigónidos, M = moluscos, E = escamas, HE = hojas con escamas.

Cuadro 19. Relaciones entre prácticas agrícolas y la frecuencia de categorías de insectos muestreados en lotes de D. marginata ubicados en dos zonas de Costa Rica, 2006

| Práctica agrícola | ↑ | Categoría de insecto | | | | |
|----------------------------|---|-----------------------|-----------------------|----------|---------|-------------------|
| | | Huevos de cicadélidos | Huevos de tetigónidos | Moluscos | Escamas | Hojas con escamas |
| Presencia de malezas | | | ↓ | | | |
| Fertilización | ↑ | ↑ | ↓ | | ↓ | ↓ |
| Aplicación de insecticidas | | ↓ | ↑ | | ↑ | ↑ |
| Frecuencia de deshierbe | | ↓ | ↑ | | ↓ | ↑ |
| Densidad de plantación | | ↑ | ↓ | ↓ | | |

Nota: Las celdas vacías corresponden a relaciones no significativas.

Cuadro 20. Significancias estadísticas para las pruebas de independencia entre prácticas agrícolas y categoría de tipo de huevos de tetigónidos en invierno en dos zonas de Costa Rica, 2006

| Prácticas agrícolas | Categoría de huevos de tetigónidos | | |
|---------------------------------|------------------------------------|--------|--------|
| | T1 | T2 | T3 |
| Presencia o ausencia de malezas | 0,0252 | 0,0050 | 0,6641 |
| Fertilización | 0,0151 | 0,1971 | 0,9443 |
| Poda | 0,1786 | 0,4721 | 0,2778 |
| Aplicación de insecticidas | 0,6418 | 0,8200 | 0,0697 |
| Densidad de plantación | 0,0219 | 0,0620 | 0,2155 |
| Frecuencia de deshierbe | 0,4135 | 0,0074 | 0,1969 |

Nota: T1 = huevos de tetigónidos tipo 1, T2= huevos de tetigónidos tipo 2, T3= huevos de tetigónidos tipo 3.

Cuadro 21. Relaciones entre la frecuencia de prácticas agrícolas y la categoría tipo de huevos de tetigónidos en dos zonas de Costa Rica, 2006

| Prácticas agrícolas | Categoría de huevos de tetigónidos | | |
|---------------------------------|------------------------------------|----|----|
| | T1 | T2 | T3 |
| Presencia o ausencia de malezas | ↓ | ↓ | |
| Fertilización | ↓ | | |
| Poda | | | |
| Aplicación de insecticidas | | | ↓ |
| Densidad de plantación | ↓ | ↓ | |
| Frecuencia de deshierbe | | ↑ | ↑ |

Nota: T1= Huevos de tetigónidos tipo 1, T2= Huevos de tetigónidos tipo 2, T3= Huevos de tetigónidos tipo 3.

4.3.2.2 Análisis univariados y multivariados entre prácticas agrícolas y parasitismo

Los resultados de los análisis y gráficos *biplot* (Anexo 11) determinaron que la categoría de infestación de huevos de cicadélidos parasitados totales está asociada inversamente con la aplicación de insecticidas ($p = 0,0257$) y mostró una asociación directa con la densidad de plantación ($p = 0,0027$), mientras que la categoría de infestación de huevos emergidos totales presentó una asociación inversa con la presencia o ausencia de malezas ($p = 0,0382$). Sin embargo, para cada categoría de tipo de huevo parasitado hay influencia de diferentes prácticas agrícolas (Cuadro 22-Cuadro 24).

Los huevos parasitados del tipo 1 están asociados inversamente con la aplicación de insecticidas ($p = 0,0120$), y directamente con la densidad de siembra ($p = 0,0534$), y la eclosión de este tipo de huevos mostró asociación inversa con la frecuencia de deshierbe ($p = 0,0652$). Los huevos parasitados del tipo 2 tuvieron asociación inversa con la aplicación de insecticidas ($p = 0,0079$) y con la frecuencia de deshierbe ($p = 0,0090$), mientras que con la densidad de plantación ($p = 0,0209$) la asociación fue directa. Para la eclosión del huevo tipo 2 se encontró asociación inversa con la aplicación de insecticidas ($p = 0,0061$). Los huevos parasitados del tipo 3 estuvieron asociados inversamente con la fertilización ($p = 0,0866$) y directamente con la densidad de siembra ($p = 0,0003$). Los huevos eclosionados tipo 3 presentaron asociación inversa con la aplicación de insecticidas ($p = 0,0666$). Tanto para los huevos parasitados y los huevos eclosionados del tipo 5 se observaron asociaciones inversas con la fertilización ($p = 0,0572$, $p = 0,0619$) y con la poda ($p = 0,0124$, $p = 0,0887$) (Cuadro 23-Cuadro 24).

Cuadro 22. Significancias estadísticas para las pruebas de independencia entre prácticas agrícolas y categorías de cicadélidos parasitados, no parasitados y emergidos en dos zonas de Costa Rica, 2006

| Prácticas agrícolas | Categoría de huevos de cicadélidos | | |
|---------------------------------|------------------------------------|--------|--------|
| | CiPT | CiNpT | CieT |
| Presencia o ausencia de malezas | 0,3377 | 0,5512 | 0,0382 |
| Fertilización | 0,2499 | 0,2532 | 0,2532 |
| Poda | 0,1162 | 0,6686 | 0,6686 |
| Aplicación de insecticidas | 0,0257 | 0,2326 | 0,5982 |
| Densidad de plantación | 0,0027 | 0,8092 | 0,8092 |
| Frecuencia de deshierbe | 0,1070 | 0,0983 | 0,5482 |

Nota: CiPT = huevos de cicadélidos parasitados totales, CiNpT = huevos de cicadélidos no parasitados totales, CieT = huevos de cicadélidos emergidos totales.

Cuadro 23. Significancias estadísticas para las pruebas de independencia entre prácticas agrícolas y categoría de tipo de huevos de cicadélidos parasitados, no parasitados y emergidos en invierno en dos zonas de Costa Rica, 2006

| Categoría de tipo de huevo | Prácticas agrícolas | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------|---------------|--------|----------------------------|---------------------|-------------------------|
| | Presencia o ausencia de malezas | Fertilización | Poda | Aplicación de insecticidas | Densidad de siembra | Frecuencia de deshierbe |
| CiP1 | 0,2751 | 0,9550 | 0,2027 | 0,0120 | 0,0534 | 0,2644 |
| Cie1 | 0,6432 | 0,2081 | 0,1569 | 0,1216 | 0,1983 | 0,0652 |
| CiP2 | 0,4413 | 0,9115 | 0,1786 | 0,0079 | 0,0209 | 0,0090 |
| Cie2 | 0,8678 | 0,6641 | 0,7953 | 0,0061 | 0,3641 | 0,6143 |
| CiP3 | 0,7738 | 0,0866 | 0,9316 | 0,1433 | 0,0003 | 0,5523 |
| CiNp3 | 0,7265 | 0,3425 | 0,2027 | 0,8088 | 0,0480 | 0,4571 |
| Cie3 | 0,3510 | 0,4898 | 0,5369 | 0,0666 | 0,8237 | 0,2778 |
| CiP5 | 0,2982 | 0,0572 | 0,0124 | 0,4935 | 0,4328 | 0,2835 |
| CiNp5 | 0,6922 | 0,0552 | 0,0288 | 0,8088 | 0,0534 | 0,3221 |
| Cie5 | 0,1610 | 0,0619 | 0,0887 | 0,1973 | 0,1366 | 0,2797 |

Nota: CiP1 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 1, CiNp1 = huevos de cicadélidos no parasitados tipo 1, Cie1 = huevos de cicadélidos emergidos tipo 1, CiP2 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 2, CiNp2 = huevos de cicadélidos no parasitados tipo 2, Cie2 = huevos de cicadélidos emergidos tipo 2, CiP3 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 3, CiNp3 = huevos de cicadélidos no parasitados tipo 3, Cie3 = huevos de cicadélidos emergidos tipo 3, CiP4 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 4, CiNp4 = huevos de cicadélidos no parasitados tipo 4, Cie4 = huevos de cicadélidos emergidos tipo 4, CiP5 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 5, CiNp5 = huevos de cicadélidos no parasitados tipo 5, Cie5 = huevos de cicadélidos emergidos tipo 5, N = ninfas de cicadélidos.

Cuadro 24. Relaciones entre la frecuencia de prácticas agrícolas y categorías de huevos de cicadélidos parasitados y emergidos muestreados en lotes de *D. marginata* ubicados en dos zonas de Costa Rica, 2006

| Práctica agrícola | Categoría por tipo de huevo | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | CiP1 | Cie1 | CiP2 | Cie2 | CiP3 | Cie3 | CiP5 | Cie5 | CiPT | CieT |
| Presencia de malezas | | | | | | | | | | ↓ |
| Poda | | | | | | | ↓ | ↓ | | |
| Fertilización | | | | | ↓ | | ↓ | ↓ | | |
| Aplicación de insecticidas | ↓ | | ↓ | ↓ | | ↓ | | | ↓ | |
| Frecuencia de deshierbe | | ↓ | ↓ | | | | | | | |
| Densidad de plantación | ↑ | | ↑ | | ↑ | | | | ↑ | |

Nota: CiP1 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 1, Cie1= huevos de cicadélidos emergidos tipo 1, CiP2 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 2, Cie2= huevos de cicadélidos emergidos tipo 2, CiP3 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 3, Cie3= huevos de cicadélidos emergidos tipo 3, CiP4 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 4, CiP5 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 5, Cie5= huevos de cicadélidos emergidos tipo 5.












El nivel de parasitismo de escamas presentó asociación inversa con la fertilización ($p = 0,0094$) y con la frecuencia de deshierbe ($p = 0,0035$). En el caso del género *Aspidiotus* se encontró asociación inversa con la fertilización ($p = 0,0860$), con la poda ($p = 0,0191$), con la aplicación de insecticidas ($p = 0,0054$) y con la frecuencia de deshierbe ($p = 0,0222$). Para el género *Chrysomphalus* se observó asociación inversa con la fertilización ($p = 0,0269$). El parasitismo de los otros géneros mostró asociación inversa con la fertilización ($p = 0,0579$), y con la aplicación de insecticidas ($p = 0,0790$), y una asociación directa con la frecuencia de deshierbe ($p = 0,0036$) (Cuadro 25-Cuadro 26).

Cuadro 25. Significancias estadísticas para las pruebas de independencia entre prácticas agrícolas y categorías de escamas por género parasitadas y no parasitadas en dos zonas de Costa Rica, 2006

| Categoría de género | Prácticas agrícolas | | | | | |
|---------------------|---------------------------------|---------------|--------|----------------------------|-------------------------|---------------------|
| | Presencia o ausencia de malezas | Fertilización | Poda | Aplicación de insecticidas | Frecuencia de deshierbe | Densidad de siembra |
| AP | 0,5822 | 0,0860 | 0,0191 | 0,0054 | 0,0222 | 0,3857 |
| CP | 0,6220 | 0,0269 | 0,1412 | 0,1762 | 0,1434 | 0,3888 |
| PP | 0,8042 | 0,4584 | 0,1509 | 0,3807 | 0,5575 | 0,3519 |
| OP | 0,7202 | 0,0579 | 0,4475 | 0,0790 | 0,0036 | 0,5037 |
| EPT | >0,9999 | 0,0094 | 0,3329 | 0,4987 | 0,0035 | 0,5890 |
| ENpT | 0,2923 | 0,7653 | 0,6197 | 0,8260 | 0,2819 | 0,0276 |

Nota: Ap = Aspidiotus parasitada, ANp= Aspidiotus no parasitada, CP= Chrysomphalus parasitada, CNp= Chrysomphalus no parasitada, PP= Pinnaspis parasitada, PNp= Pinnaspis no parasitada, OP= Otros géneros parasitados, ONP= Otros géneros no parasitados, ET= Escamas parasitadas totales, ENpT= Escamas no parasitadas totales, (+) implica que la asociación es positiva, (-) implica que la asociación es negativa.

Cuadro 26. Relaciones entre la frecuencia de prácticas agrícolas y la categoría género de escamas parasitadas en dos zonas de Costa Rica, 2006

| Práctica agrícola | Categoría de género de escama | | | | |
|----------------------------|---|---|---|-----|---|
| | AP | CP | OP | EPT | |
| Presencia de malezas |  | | | | |
| Poda |  | | | | |
| Fertilización |  |  |  | | |
| Aplicación de insecticidas |  | |  | |  |
| Frecuencia de deshierbe |  | |  | |  |
| Densidad de plantación | | | | | |

Nota: CiP1 = huevos de cicadélidos parasitados tipo 1, Ap = Aspidiotus parasitada, CP= Chrysomphalus parasitada, OP= Otros géneros parasitados, EPT= Escamas parasitadas totales, T1= Huevos de tetigónidos tipo 1, T2= Huevos de tetigónidos tipo 2, T3= Huevos de tetigónidos tipo 3.

4.4 Discusión

4.4.1 Generalidades

Los resultados encontrados en este estudio muestran que las poblaciones de escamas, moluscos, huevos de cicadélidos y huevos de tetigónidos presentaron un efecto de época y de

zona. Similares estudios han demostrado que la población de insectos está influenciada por la ubicación geográfica y por las condiciones climáticas (Fielding y Brusven 1990, Smith et ál. 1997, Bidart 1998, Rojas et ál. 1999, Barrientos 2000, Bogantes Arias 2006).

Smith et ál. (1997) indican que en diferentes zonas o en diferentes estaciones en una misma localidad, la abundancia poblacional de *Aonidiella aurantii* varía dependiendo de varios factores climáticos, principalmente temperatura y humedad relativa. Uno de los efectos de la temperatura es sobre la fecundidad de las hembras y sobre la larva migratoria, las altas temperaturas y bajas humedades relativas reducen su sobrevivencia. Otras condiciones climáticas como viento y lluvias intensas, también pueden influir en la sobrevivencia al afectar el asentamiento de las larvas. Señalan además que las bajas temperaturas son las más críticas y las que determinan su distribución y su abundancia y que lluvias excesivas están relacionadas con una mayor mortalidad. Bogantes Arias (2006) encontraron que las variaciones climáticas que influyen en la vegetación en Guápiles en cultivos de pejíbaye, promueven la abundancia de especies de hoja ancha como las asteráceas, euforbiáceas, leguminosas y malváceas en el período menos lluvioso, lo cual cambia la dinámica de las poblaciones de insectos. Con el inicio de las lluvias, el cambio de vegetación a poáceas como *Paspalum fasciculatum*, favorece las poblaciones de insectos con mayor afinidad a malezas como crisomélidos, curculiónidos y cicadélidos.

Rojas et ál. (1999) encontraron que la riqueza y diversidad de especies de cicadélidos en café varía según el componente vegetal, la ubicación geográfica de cada parcela y la fecha de muestreo, ya sea época seca o época lluviosa. Hidalgo et ál. (1999) mostraron que las infestaciones de cicadélidos en cultivos de caña aumentan en la época lluviosa, por lo que se puede inferir que la alta humedad en el cañaveral debido a que las precipitaciones contribuyen a crear condiciones favorables para esta especie. Sin embargo, indican que en el agroecosistema cañero la densidad poblacional de algunas especies de cicadélidos responden a las precipitaciones (*H similis*) y otras a las temperaturas (*B. Guajanae*), por lo que se puede decir que la distribución espacial de algunas especies de cicadélidos está determinada en mayor medida por factores ambientales (temperatura y humedad) que condicionan el aumento o disminución de sus poblaciones en determinadas épocas del año.

Barrientos (2000) encontró que el caracol *Ovachlamys fulgens* se vio afectado por la época del año, debido a su propiedad higroscópica, la abundancia de conchas se correlacionó

únicamente con la temperatura, en patrón contrario al de los huevos y tanto la población como la cantidad de conchas siguieron, con un leve retraso, la curva de lluvias de la zona a lo largo del año. La época reproductiva abarca la época lluviosa y durante la época seca se pueden encontrar hasta el 92% de los especímenes estivando. Lluvias abundantes y temperaturas bajas favorecen la reproducción del caracol *Polymita muscarum* (Bidart 1998). Fielding y Brusven (1990) encontraron que en ambientes áridos y tropicales la población de tetigónidos aumenta en proporción a la lluvia y la biomasa de la planta.

Por otro lado, los resultados indicaron que los tetigónidos presentan diferencias en cuanto a la postura de huevos por variedad, se encontró que la variedad más resistente es la verde y similares ataques muestran las variedades bicolor y magenta. Un número de mecanismos pueden involucrar la resistencia de ciertas variedades de cultivos al ataque de insectos: factores morfológicos tales como la textura de la planta, factores nutricionales tales como la deficiencia o exceso de nutrientes en la savia, la producción de toxinas (*i.e.* taninos, quinonas, fenoles) o de otros compuestos con efecto hormonal que afectan el desarrollo del insecto (Miles 1968).

El efecto de finca sobre la infestación de cicadélidos, tetigónidos, moluscos y escamas puede ser debido a las diferencias en la frecuencia de prácticas agrícolas que tienen los productores. Como dice Altieri (1999) los agricultores varían en las acciones adoptadas para el control de plagas, ellos evalúan si habrá plagas suficientes para justificar el control o si habrá intervenciones de los controles naturales. Los productores de *D. marginata* utilizan métodos culturales y químicos para el manejo de su cultivo y las plagas, y entre las prácticas que ellos adoptan se encontró que la densidad de plantación, poda, fertilización, manejo de malezas y aplicación de insecticidas tienen una influencia en las poblaciones de las plagas muestreadas.

4.4.2 Influencia de prácticas agrícolas sobre las plagas

Los resultados encontrados en la presente investigación demuestran que las prácticas agrícolas presentaron asociación con las poblaciones de huevos de cicadélidos, huevos de tetigónidos, moluscos y escamas.

4.4.2.1 Fertilización

Los análisis de este estudio donde se determinó que la fertilización influye en la población de plagas, mostraron que a medida que se aplican fertilizantes la población de

cicadélidos aumenta, mientras que la población de tetigónidos y escamas disminuye. Diversos estudios han demostrado que una de las prácticas agrícolas que tiene mayor influencia en la población de insectos es la fertilización (Harborne 1978, Mattson 1980, Mc Clure 1980, Prestidge 1982, Ohgushi 1992, Slansky 1993, Bi et ál. 1994, Bi y Felton 1995, Felton 1996, Bi et ál. 1997, Bentz y Townsend 2001, Flint y Gouveia 2001, Hix 2001, Alyokhin et ál. 2004, Tipping et ál. 2004, Bi et ál. 2005).

Mc Clure (1980) demostró que cuando *Tsuga* sp. fue fertilizada con nitrato de amonio, la escama *Fiorinia externa* se desarrolló rápidamente, aumentó la postura de huevos y redujo la mortalidad. El mismo beneficio presentaron otros insectos chupadores como cicadélidos, áfidos y ácaros (Flint y Gouveia 2001). Esto contradice esta investigación con respecto a escamas, lo que sugiere que puede haber otros factores como la zona, el manejo de las fincas y las condiciones ambientales que estén influyendo en los resultados.

Sin embargo, hay estudios con cicadélidos que si tienen similares resultados a esta investigación. Bentz y Townsend (2001) encontraron que el número de huevos del cicadélido *Empoasca fabae* (Harris) depositados en dos clones de *Acer rubrum* L., un cultivar de *A. freemari* y dos cultivares de *Ulmus* sp., y un clon de *U. americana* se relacionó linealmente con el nitrógeno y el fósforo foliar de estos cultivos y así demostraron que el número de cicadélidos es influenciado en parte por el contenido nutricional en las hojas. Alyokhin et ál. (2004) encontraron que la alta calidad nutricional del follaje en *Myrica faya*, podría facilitar la invasión del cicadélido *Sophonia rufofascia* en los ecosistemas nativos de Hawai.

Prestidge (1982) encontró que la adición de fertilizante NPK aumentó el número de individuos de cicadélidos del suborden Auchenorrhyncha. Los cicadélidos fueron más abundantes en parcelas con aplicación de fertilizantes, indicando que el principal efecto de la adición de nitrógeno fue incrementar la calidad de alimento y el área foliar, es decir la arquitectura de la planta disponible para cicadélidos. Al incrementar estas dos características se favorece el complejo de cicadélidos, así como la agregación de adultos y la alta reproducción de hembras.

Harborne (1978), Mattson (1980), Ohgushi (1992) y Slansky (1993) encontraron que el incremento de la cantidad de proteínas está frecuentemente asociado con mejorar la supervivencia, el crecimiento y la fecundidad de los insectos. Según Bi et ál. (1994), Bi y Felton (1995), Felton (1996) y Bi et ál. (1997), la calidad de proteína también afecta el

comportamiento de los insectos. Bi et ál. (2005) encontraron que en los fluidos del xilema en plantas hospederas de la chicharrita de alas cristalinas (*Homalodisca coagulata*), existen cantidades substanciales de proteínas solubles. Aunque es desconocido como *H. Coagulata* utiliza las proteínas hospederas, las proteínas solubles podrían ayudar a las hembras de *H. Coagulata* a producir brochosomas para la postura de huevos (Hix 2001).

Los cicadélidos que se alimentan del xilema han producido por evolución varias adaptaciones fisiológicas y de comportamiento para utilizar el líquido de xilema de diferentes composiciones, incluyendo polifagia y una alta eficiencia de asimilación. Ellos demuestran también que la capacidad de dispersarse, localizar y utilizar hospederos de plantas se hace de acuerdo a la nutrición de las mismas, debido a que la composición de los fluidos del xilema son altamente variables, no únicamente entre plantas hospederas sino también en una simple planta (Tipping et ál. 2004). Los fluidos del xilema tienen concentraciones diluidas de nitrógeno y carbono, estos compuestos de más del 90% de agua contienen aminoácidos, ácidos orgánicos y pequeñas cantidades de azúcar. Los adultos prefieren alimentarse de fluidos del xilema que contienen proporcionalmente concentraciones altas de amidas, sin embargo, las ninfas prefieren concentraciones bajas de estos elementos (Tipping et ál. 2004).

4.4.2.2 Manejo de malezas

Los resultados observados en esta investigación indicaron una asociación de las poblaciones de plagas con la frecuencia de deshierbe. En el caso de cicadélidos y escamas, la población aumenta a medida que se disminuye la frecuencia de deshierbes. Sin embargo, para tetigónidos, la población aumenta a medida que aumenta la frecuencia de deshierbe. La frecuencia de deshierbe comprende la aplicación de herbicidas y la corta manual de las malezas.

Squitier y Capinera (2002) en un estudio de variaciones en el uso de los hábitats, demostraron que la comparación de la riqueza y abundancia de las especies en las orillas de los caminos con vegetación tipo pastos o maleza, la vegetación con maleza estaba habitada por un número significativamente mayor de tetigónidos. Esto sugiere que en nuestro estudio el aumento en la población de tetigónidos en el cultivo de *D. marginata* se debe a que los tetigónidos, al no tener otro tipo de vegetación, se dispersan al cultivo para alimentarse y ovipositar. Capinera et ál. (1997) encontraron que la población ninfal de tetigónidos fue relativamente alta y la población de adultos relativamente baja en potreros, esto posiblemente

a que las pasturas pueden ser más o menos favorables para el crecimiento y reproducción de los tetigónidos. Sin embargo, la depredación por las aves puede ser más altas en este tipo de vegetación por lo que los adultos pueden dispersarse a otros sitios preferidos para buscar alimento y reproducirse.

En el caso de las familias Aphididae, Cicadellidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Locustidae, Tettigoniidae y Nabidae, que son artrópodos afines a la maleza *Paspalum fasciculatum*, Bogantes Arias (2006) indicó que la población de estas familias aumentaron conforme aumentó la cobertura de dicha maleza pues esta sirve como refugio y sitio de alimento. En este sentido, Mexzón (1999) sugiere que plantas de follaje denso sostienen un mayor número de especies de insectos que las plantas de follaje escaso o con hojas pequeñas. Familias como Locustidae, Tettigoniidae y Cicadellidae, tienden a incrementar en malezas para el camuflaje de sus ninfas, sin embargo, en el caso particular de la familia Cicadellidae algunas especies muestreadas en malezas de pejibaye, se encuentran atacando también el follaje del cultivo.

Norris y Kogan (2000) señalan que el crecimiento de un cultivo y la presencia de plantas, modifica de inmediato el ambiente. El grado de modificación depende de la cantidad de vegetación presente, la cual a menudo es relacionada con la edad y en menor grado con la naturaleza cualitativa de las especies presentes y afecta a todas las especies de artrópodos.

4.4.2.3 Aplicación de insecticidas

Los análisis de este estudio mostraron que la aplicación de insecticidas tiene asociación con la población de plagas, reflejaron que a medida que se aplican insecticidas la población de huevos de cicadélidos disminuye, mientras que la población de escamas y huevos de tetigónidos aumenta.

Estudios similares encontraron Rebeck y Sadof (2003) que indican que la aplicación foliar y al suelo de insecticidas como imidacloprid y otros insecticidas sistémicos causan un incremento en la población de la escama euonymus *Unaspis euonymi* (Comstock) debido a que se reduce el número de parasitoides *Encarsia citrina*. Estos autores sugieren que para optimizar el control biológico de *Euonymus* se deberían aplicar productos de baja toxicidad residual y cuando la actividad de los enemigos naturales sea baja. Estudios realizados por Ismail et ál. (2004) con formulaciones de Neem, aceites minerales y malathion para controlar

la escama *Ceroplastes floridensis* en árboles de naranjo, indicaron que las formulaciones con Neem fueron las más efectivas, seguido por los aceites minerales y por último malathion.

En trabajos de campo, Walter et ál. (1990), hallaron que los mejores momentos de tratamiento con el organofosforado clorpirifos coinciden con el incremento en la producción de larvas móviles al comienzo de cada generación. A su vez Davidson et ál. (1991), señalan que las escamas son particularmente sensibles a los aceites minerales durante la etapa de larva móvil, cuando la tasa metabólica es mayor, pudiendo tener efectos sobre el asentamiento de las mismas. Riehl (1988), encontró que la susceptibilidad de *Aonidiella aurantii* a la aplicación de aceite decrece con la edad de la escama, señalando que la presencia de un escudo más grueso y el desarrollo de la membrana ventral son características que interfieren con la penetración y dispersión del producto debajo del escudo, haciendo que sea necesario un depósito mayor para afectar a la escama. El buprofezin, inhibidor de la síntesis de quitina, igualmente muestra una mayor mortalidad sobre el primer estadio de desarrollo de la escama, además a altas concentraciones, este producto puede inhibir la embriogénesis en las hembras (Yarom et ál. 1988).

Así mismo, Fernandez et ál. (2001) encontraron que los primeros instares del cicadélido *Typhlocyba pomaria* M. son los más susceptibles a insecticidas por el efecto residual de estos productos y los tratamientos con aceites actúan como disuasores de oviposición de las hembras, lo que significa la reducción de la población de este cicadélido. Sugieren que múltiples aplicaciones de aceite pueden incrementar su efecto residual y prolongar el período de inhibición de la oviposición. Patel et ál. (2004) evaluaron el efecto de insecticidas como profenofos+cipermetrin, dichlorvos, endosulfan, azadirachtin, triazophos, acephate, cartap, carbofuran, imidacloprid y fenobucarb aplicados 25, 45 y 65 días después del trasplante para el control del cicadélido *Nephotettix nigropictus* en arroz . Registraron que disminuyó la población de *N. Nigropictus* a los 7 días después de la primera, segunda y tercera aplicación. Imidacloprid presentó la más baja incidencia de la plaga, seguida de fenobucarb y profenofos+cipermetrin. Dellinger et ál. (2005) encontraron que aplicaciones de insecticidas redujeron efectivamente las densidades de *Empoasca fabae* en dos cultivares de alfalfa por varias semanas después de la aplicación y hasta la cosecha.

Con respecto a los tetigónidos Takahashi y Kiritani (1973) evaluaron la toxicidad de 14 insecticidas (cuatro carbamatos, seis organofosforados, gamma BHC, methomyl, cartap y

chlorphenamide) en cultivos de arroz sobre *Conocephalus maculatus* (Le Guillou). Indican que de los compuestos carbamatos, carbaryl y cartap fueron los menos tóxicos, y de los compuestos organofosforados, fenitrothion, pyridafenthion y tetrachlorvinphos fueron los más tóxicos para *Conocephalus*. En nuestro estudio el aumento de la población de tetigónidos podría deberse a que los productos aplicados no son específicos para el control de tetigónidos, además ciertas especies son utilizadas como depredadores por lo que se debería evaluar su influencia en los enemigos naturales.

4.4.2.4 Densidad de plantación

Los resultados encontrados en la presente investigación demuestran que la densidad de plantación, es decir el número de hileras del cultivo de *D. marginata* (dos hileras= 42000 ptas/ha, tres hileras= 72000 ptas/ha), tiene asociación con las poblaciones de plagas. Indican que a medida que aumenta la densidad de plantación aumenta la población de huevos de cicadélidos, mientras que con los huevos de tetigónidos y escamas la población disminuye.

Bogantes Arias (2006) encontraron que con respecto a las distancias de siembra entre plantas de pejíbaye, el mayor incremento en el número de familias (Braconidae, Cixiidae, Carabidae, Cicadellidae, Chrysomellidae, Curculionidae, Dolichopodidae, Eucharitidae, Locustidae, Lygaeidae, Miridae, Nabidae, Noctuidae, Pentatomidae, Tettigoniidae y Reduviidae), morfoespecies y el número de individuos se dio en las parcelas sembradas a 0,25 m, mientras que el efecto contrario se observó en las parcelas sembradas a mayor distancia entre plantas. Esto se podría explicar por la alta densidad y el crecimiento de las plantas de palmito y malezas, principalmente *P. Fasciculatum*, que permitieron un mejor refugio y área de tránsito para los insectos plaga y sus enemigos naturales. Las razones que se han dado para explicar las cantidades menores de plagas en sembrados densos, comprenden la condición de la planta huésped, la presencia de una vegetación excesiva que actúa como impedimento y los cambios en el microambiente que favorecen sus enemigos naturales (Altieri et ál. 1999), lo que indicaría que estos efectos pudieron haber influido en el caso de tetigónidos y escamas para este estudio.

4.4.3 Influencia de prácticas agrícolas sobre los enemigos naturales

Los resultados encontrados en la presente investigación demuestran que las prácticas agrícolas presentaron asociación con el nivel de parasitismo de las plagas en estudio. En el

caso de los huevos de cicadélidos, el parasitismo disminuye con la aplicación de insecticidas e incrementa a medida que aumenta la densidad de plantación. La frecuencia de deshierbe y la fertilización influyen de manera inversa en algunos de los tipos de huevos de cicadélidos, es decir a medida que aumentan la frecuencia de estas dos prácticas la población de huevos parasitados disminuye. Para escamas, se observa que hay una disminución en el nivel de parasitismo a medida que se apliquen fertilizantes, insecticidas y se aumenta la frecuencia de deshierbe. Diversos estudios han demostrado que los parasitoides son sensibles a la alteración de su hábitat mediante prácticas agrícolas (Mexzón 1997, Sadof y Sclar 2000, Martison et ál. 2001, Raupp et ál. 2001, Langelotto y Denno 2004, Bogantes Arias 2006).

Mexzón (1997) encontró que las malezas que crecen en el interior o en los bordes de las plantaciones de palma aceitera y de pejibaye pueden afectar las dinámicas en las comunidades de insectos, son malezas en las cuales los insectos explotan una variedad de recursos de origen vegetal (savia, néctar, polen, otras secreciones) y de origen animal (presas, huéspedes, ligamaza, otros), refugio o vías de escape contra depredadores. Las plantas más visitadas por los insectos fueron de las especies Asteraceae, Euphorbiaceae, Leguminosae y Malvaceae que establecen complejas interacciones de tres niveles tróficos: fitófagos-enemigos naturales (Mexzón y Chinchilla 1999). Bogantes Arias 2006 encontró que en cultivos de pejibaye, la alta incidencia de plagas de Locustidae, Tettigoniidae y Cicadellidae atrae insectos de otras familias como Nabidae, Reduviidae, Chalcididae, Eulophidae, Scelionidae y Pteromalidae que son depredadores y parasitoides que utilizan la maleza como camuflaje. En este sentido, Mexzón y Chinchilla (1999) afirma que la flora acompañante de los cultivos puede albergar insectos plaga, patógenos y sus vectores pero también sostienen entomofauna benéfica tales como fitófagos neutrales, depredadores y parasitoides

Según Langelotto y Denno (2004) los parasitoides son sensibles a la alteración de la estructura compleja de su hábitat. Aumentar la complejidad del hábitat (*i.e.* recursos florales u otro tipo de vegetación) promueve la alta densidad de parasitoides, esto porque existen alternativas de alimento como polen, néctar o semillas que contienen nutrientes esenciales que pueden mejorar la sobrevivencia o fecundidad de avispas adultas. Rebek et ál. (2005) encontraron que la presencia de recursos florales en paisajes de plantas ornamentales mejoraría la abundancia de enemigos naturales, observaron que parcelas con alta densidad de plantas con flores hospedan mayor número de enemigos naturales. Aunque, pueden

beneficiarse más de las plantas que florecen por sí mismas que de los recursos florales que ellas proveen. En cultivos de *D. marginata* hay malezas con flores que podrían favorecer la presencia de enemigos naturales

Sadof y Sclar (2000) encontraron que las aplicaciones de insecticidas sistémicos fueron menos efectivas que las aplicaciones de aceites hortícolas, e indican que aplicando insecticidas con bajo poder residual se puede reducir la mortalidad de los enemigos naturales. Raupp et ál. (2001) encontraron que los parasitoides que se desarrollan en la cavidad de las escamas están usualmente protegidas de las aplicaciones foliares de insecticidas, mientras que los parasitoides que vuelan son susceptibles a estos productos o a los residuos de los insecticidas presentes en la superficie de la planta. Martison et ál. (2001) encontraron que la toxicidad a dosis de plaguicidas equivalentes a las utilizadas a campo sobre adultos de *Anagrus* spp. fueron relativamente bajas. En bioensayos con residuos de productos aplicados en campo, el azufre (9600 ppm) causó elevada mortalidad de adultos a los 14 y 21 días postratamiento y residuos de microencapsulado de metil parathión (600 y 1200 ppm) incrementaron relativamente la mortalidad sobre los 43 días postratamiento. La elevada mortalidad de adultos expuesta al carbaryl fue dependiente de la dosis con un rango de 14 (a 1200 ppm) a 43 días (a 488 ppm). Los residuos de carbaryl y metil parathion aplicados sobre huevos parasitados tienen poco efecto en la emergencia, pero podrían tener un retraso en el desarrollo (Martison et ál. 2001).

4.5 Conclusiones

Los lotes de producción de *tips* de *D. marginata* ubicados en el Atlántico presentaron mayor abundancia de escamas, moluscos y huevos de tetigónidos que los de La Tigra, mientras que la abundancia de huevos de cicadélidos fue similar en ambas zonas.

Las prácticas agrícolas más comunes que los productores implementan para el manejo del cultivo y para el control de plagas en los sistemas de producción son poda, fertilización, aplicación de insecticidas, manejo de malezas y densidad de plantación, cuya frecuencia varía de productor a productor y de zona a zona.

Las prácticas agrícolas utilizadas por los productores que participaron de este estudio presentaron influencia en la abundancia de huevos de cicadélidos, huevos de tetigónidos, escamas y moluscos.

El nivel de parasitismo de las plagas se ve afectado por las prácticas agrícolas en los lotes muestreados. El nivel de parasitismo de las escamas que se encuentra en un 5% está influenciado por fertilización, aplicación de insecticidas y la frecuencia de deshierbe que produjeron una disminución en el nivel de parasitismo. Estas asociaciones varían según el género de escamas.

El nivel de parasitismo de cicadélidos se encuentra en un 52% y presentó asociación con la aplicación de insecticidas, la densidad de plantación y la frecuencia de deshierbe. La única práctica que aumentó el nivel de parasitismo fue la densidad de plantación, mientras que las otras prácticas disminuyeron la población de huevos parasitados. Estas asociaciones varían en los cinco tipos de huevos de cicadélidos.

4.6 Recomendaciones

Estos resultados reflejan las observaciones de fincas y lotes específicos en muestreos durante períodos puntuales dentro del año. Se sugiere conducir otros estudios que expliquen las relaciones que existen entre las poblaciones de plagas cuarentenarias con las prácticas agrícolas e incorporarlas en programas de manejo integrado en los sistemas de producción de *D. marginata*.

Se recomienda hacer investigaciones para conocer el comportamiento de cada una de las plagas y su interacción con los factores que influyen en los sistemas de producción, llevando a cabo experimentos bajo condiciones controladas y en lotes de producción de *D. marginata*.

Entre las principales prácticas agrícolas, se sugiere realizar experimentos con diferentes niveles de fertilizantes bajo condiciones controladas para verificar cuales son los niveles que influyen en la población de plagas sin afectar el desarrollo del cultivo, evaluar cuales son las malezas que incrementarían la población de plagas dentro de los lotes de producción y evaluar la eficiencia de los insecticidas.

5 BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, B; Jiménez, A; Franco, J; Murillo, G; Ramírez, J; Gamboa, J; Fernández, A. 1992. Técnicas para la producción de *Dracaena marginata* en Costa Rica. San José, CR, CINDE/UNED. 65 p.
- Alan, E; Barrantes, U; Soto, A; Agüero, R. 1995. Elementos para el manejo de malezas en agroecosistemas tropicales. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 223 p.
- Almeida, PP; Lopes, RS. 1999. Desenvolvimento de imaturos de *Dilobopterus costalimai* Young, *Oncometopia faciales* (Signoret) e *Homalodisca ignorata* Melichar (Hemiptera: Cicadellidae) em citros. Anais da Sociedade Entomologica do Brasil 28(1): 179-182.
- Alonso, E. 2005. Aportes para el análisis del Tratado de Libre Comercio entre Centroamérica, República Dominicana y los Estados Unidos. San José, CR, Programa Estado de la Nación. 258 p.
- Altieri, MA; Van, S; Doll, J. 1977. The ecological role of weeds in insect pest management systems: a review illustrated by bean (*Phaseolus vulgaris*) cropping systems. PANS (Pest articles & news summaries) 23: 195-205
- _____; Letourneau, K. 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. Crop Protection 1: 405
- _____; Liebman, M. 1988. Weed management in agroecosystems: ecological approaches, Florida, US, CRC.
- _____; Hecht, S; Liebman, M; Magdoff, F; Norgaard, R; Sikor, TO. 1999. Agroecología: bases científicas para una agricultura sostenible. Montevideo, UY, Nordan Comunidad. 338 p.
- Alyokhin, AV; Yang, P; Messing, RH. 2004. Oviposition of the invasive two spotted leafhopper on an endemic tree: effects of an alien weed, foliar pubescence, and habitat humidity. Journal of Insect Science 4(13): 1-7.
- Andow, DA; Prokrym, DR. 1990. Plant structural complexity and host-finding by a parasitoid. Oecología 82(2): 162-165.
- Atkinson, PR. 1983. Estimates of natural mortality related to environmental factors in a population of citrus red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae). Bulletin of Entomological Research 73: 239-258.

- Aupinel, P; Bonnet, KC. 1996. Influencia del fotoperíodo sobre la actividad estacional del caracol Petit-gris (*Helix spersa* Muller): efecto específico sobre crecimiento y reproducción. INRA Producción Animal 9(1): 79-83.
- Barker, GM. 2001. Gastropods on land: phylogeny, diversity and adaptive morphology. Hamilton, NZ, Landcare Research. 146 p.
- Barrientos, Z. 2000. Population dynamics and spatial distribution of the terrestrial snail *Ovachlamys fulgens* (Stylommatophora: Helicarionidae) in a tropical environment. Revista de Biología Tropical 48(1): 71-87.
- Bedford, ECG. 1998. Red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell). In Bedford, ECG; Van Den Berg, MA; De Villiers, EA. eds. Citrus pest in the Republic of South Africa. Nelspruit, Institute for Tropical and Subtropical Crops. p 132-144.
- Bentz, JA; Townsend, AM. 2001. Leaf element content and utilization of maple and elm as host by the potato leafhopper (Homoptera: Cicadellidae). Environmental Entomology 30(3): 533-539.
- Bi, JL; Felton, GW; Mueller, AJ. 1994. Induced resistance in soybean to *Helicoverpa zea*: role of plant protein quality. Journal of Chemical Ecology 20: 183-197.
- _____; Felton, GW. 1995. Foliar oxidate stress and insect herbivory: primary compounds, secondary metabolites and reactive oxygen species as components of induced resistance. Journal of Chemical Ecology 21:1151-1530.
- _____; Murphy, JB; Felton, GW. 1997. Antinutritive and oxidative components as mechanisms of induced resistance in cotton to *Helicoverpa Zea*. Journal of Chemical Ecology 23: 97-117.
- _____; Castle, SJ; Byrne, FJ; Tuan, SJ; Toscano, NC. 2005. Influence of seasonal nitrogen nutrition fluctuations in orange and lemon trees on population dynamics of the glassy-winged sharpshooter (*Homalodisca coagulata*). Journal of Chemical Ecology 31(10): 2289-2307.
- Bidart, L; Fernandez, A; Iglesias, C. 1998. Reproducción de *Polymita muscarum* y *Polymita venusta* (Stylommatophora: Helminthoglyptidae). Revista de Biología Tropical 46(3): 683-689.
- Binns, MR; Nyrop, JP; Van der Werf, W. 2000. Sampling and monitoring in crop protection. Reino Unido, CABI Publishing. 284 p.
- Briones, G. 1995. Métodos y técnicas de investigación. 2 ed. México, DF, Trillas. 127 p.

- Bogantes Arias, A; Agüero Alvarado, R; Mexzón Vargas, R. 2006. Distancias de siembra y combate de malezas en pejibaye (*Bactris gasipaes* K) para palmito: efecto en el suelo y artrópodos. *Agronomía Mesoamericana* 17(1): 25-33.
- CAD (Colombia Alternative Development). 2003. Manual de fitoprotección y análisis de plaguicidas: flores y follajes. Colombia, USAID. 39 p.
- Capinera, JL; Scherer, CW; Simkins, JB. 1997. Habitat associations of grasshoppers at the Macarthur Agro-ecology Research Center, Lake Placid, Florida. *Florida Entomologist* 80(2): 253-261.
- Casanoves, F; Di Rienzo, J. 2006. SeqSam, un programa para la elaboración de planes de muestreo secuencial (Notas de clase), Turrialba, CR.
- COMEX (Ministerio de Comercio Exterior). 2005. Tratado de Libre Comercio entre Centroamérica y Estados Unidos y Agenda Integral de Cooperación (en línea). San José, CR. Consultado 21 oct. 2005. Disponible en <http://www.comex.go.cr>.
- CSP (Clean Stock Program, CR). 2005. Innovación tecnológica para la generación de material propagativo sano de *Dracaena* spp. para el mercado de exportación estadounidense. San José, CR. 41 p.
- Cuellar, CR; Cuellar, CL; Pérez, GT. 1986. Helicicultura, cría moderna de caracoles. Madrid, ES, Ediciones Mundi-Prensa. 140 p.
- Dahlman, DL; Hibbs, ET. 1967. Response of *Empoasca fabae* to tomatine, solanine, leptine-1, tomatidine, solanidine and demissidine. *Annual of the Entomological Society of America* 60: 732-740.
- Davidson, NA; Dibble, JE; Flint, ML; Marer, PJ; Guye, A. 1991. Managing insects and mites with spray oils. Berkeley, US, University of California. (Publication 3347).
- Davies, RG. 1991. Introducción a la entomología. Trad. MA Varela; EV Sandoval. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa. 449 p.
- De La Cruz, R. 1997. Principios sobre competencia y manejo integrado de malezas. Limon, CR, EARTH. 13 p.
- Dellinger, TA; Youngman, RR; Laub, CA; Brewster, CC; Kuhar, TP. 2005. Host effects of glandular-haired alfalfa on alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae) and Potato Leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) populations in Virginia. *Journal of Economic Entomology* 98(1): 72-81.

- De Long, DM. 1971. The bionomics of leafhoppers. *Annual Review of Entomology* 16: 179-210.
- Evans, HE; Brewer, JW; Copinear, JL; Gates, AG; Hopp, GM; Eickwort, GC. 1984. *Insect biology: a Text Book of Entomology*. Massachusetts, Addison-Wesley Publishing. X, 436 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT)/EMBRAPA (Empresa Brasileña de Pesquisa Agropecuaria). 2002. *Guidelines for Good Agricultural Practices*. Brazilia, DF, BR. 298 p.
- _____. 2004. Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). En búsqueda de la sostenibilidad, competitividad y seguridad alimentaria (en línea). Santiago de Chile, CL. Consultado 10 ene. 2006. Disponible en <http://www.rcl.fao.org/foro/bpa/pdf/infofinal.pdf>
- Felton, GW. 1996. Nutritive quality of plant protein: sources of variation and insect herbivore responses. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 32: 39-54
- Fernández, A; Gamboa, J; Ramírez, J; Murillo, G. 1989. *Dracaena marginata*: su cultivo en Costa Rica. San José, CR, UCR/CINDE/CAAP/CNAA. 43 p.
- Fernandez, DE; Beers, EH; Brunner, JF; Doerr, ME; Dunley, JE. 2001. Mineral oil inhibition of white apple leafhopper (Homoptera: Cixiellidae) oviposition. *Journal of Entomological Science* 36(3): 237-243.
- Fielding, DJ; Brusven, MA. 1990. Historical analysis of grasshopper (Orthoptera: Acrididae) population responses to climate in southern Idaho, 1959-1980. *Environmental Entomology* 19: 1786-1791.
- Flint, ML; Gouveia, P. 2001. *IPM in practice: Principles and Methods of Integrated Pest Management*. Berkeley, UC. 296 p. (Publication 3418).
- Foldi, I. 1990. The scale over. In Rosen, D. ed. *Armored scale insects: their biology, natural enemies and control*. Oxford, IN. p. 257-265.
- Gamboa, J. 1988. *Dracaena deremensis*: técnicas para la producción de las variedades. San José, CR, UCR. 29 p.
- García Marí, F; Rodrigo, E. 1995. Life cycle of the dispidids *Aonidiella aurantii*, *Lepidosaphes beckii* and *Parlatoria pergandii* in an orange grove in Valencia (Spain). *Bulletin OILB srop* 18(5): 118-125.
- Gergel, SE; Turner, MG. (eds). 2002. *Learning Landscape Ecology: a practical guide to concepts and techniques*. New York, Springer-Verlag. 316 p.

- Gliessman, SR. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, CR, CATIE. 359 p.
- Godan, D. 1983. Pest slugs and snails. Springer, Berlin. 445 p.
- Godoy. 2005. Familia Cicadellidae (en línea). San José, CR. Consultado 7 ene. 2006. Disponible en <http://www.inbio.ac.cr>
- Grout, TG; Richards, GI. 1991. Value of pheromone traps for predicting infestations of the red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera: Diaspididae), limited by natural enemy activity and insecticides used to control citrus thrips, *Scirtothrips aurantii* Faure. Journal of Applied Entomology 111: 20-27.
- Guerra, A. 1992. Fauna Ibérica, Mollusca Cephalopoda. Madrid, ES, CSIC. 3 v.
- Hans, PV; Hemerik, L; Hoddle, MS; Luck, RF. 2005. Brochosome influence on parasitism efficiency of *Homalodisca coagulata* (Say) (Hemiptera: Cicadellidae) egg masses by *Gonatocerus ashmeadi* Girault (Hymenoptera: Mymaridae). Ecological Entomology. 30: 485 - 496
- Harborne, JB. (ed). 1978. Biochemical aspects of plant and animal. London, Academic Press. 435 pp.
- Hare, JD; Yu, DS; Luck, RF. 1991. Variation in life history parameters of California red scale on different citrus cultivars. Ecology 71: 1451-1460.
- _____; Luck, RF. 1991. Indirect effects of citrus cultivars on life history parameters of a parasitic wasp. Ecology 72: 1576-1585.
- Hidalgo G, MM; Rodríguez L, R; Ricardo, NE; Ferras, H. 1999. Dinámica poblacional de cicadélidos (Homoptera: Cicadellidae) en un agroecosistema cañero de Cuba. Revista de Biología Tropical 47(3): 503-512.
- Hilje, L. 2005. Manejo Agroecológico de Insectos (Notas de clase). Turrialba, CR, CATIE.
- Hilker, M; Meiners, T. 2006. Early herbivore alert: insect eggs induce plant defence. Journal of Chemical Ecology 32(7): 1379-1397.
- Hix, RL. 2001. Egg-laying and brochosome production observed in glassy-winged sharpshooter. California Agriculture 53: 19-22
- Infostat 2006. *Infostat Versión Profesional 2006p.2*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Infostat 2004. *Infostat, Versión 2004*. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Editorial Brujas, AR.

- Irvin, NA; Hoddle, MS. 2004. Oviposition preference of *Homalodisca coagulata* for two citrus limon cultivars and influence of host plant on parasitism by *Gonatocerus ashmeadi* and *G. triguttatus* (Hymenoptera: Mymaridae). Florida Entomologist 87(4): 504-511.
- Ismail, AI; El-Salam, AM; Soliman, MM. 2004. Field evaluation of plant derivate and chemical compounds and their mixtures against *Ceroplastes floridensis* Com. (Homoptera: Coccidae) on orange trees. Egyptian Journal of Biological Pest Control 14(1): 175-179.
- Ixcuintla N, S. 2004. Manual de buenas prácticas agrícolas y de manejo para el cultivo de mango. Nayarit, MX, INIFAP/SAGARPA. 92 p.
- Jonson, RA; Wichern, DW. 1998. Applied Multivariate Statistical Analysis. 4 ed. New Jersey, Prentice Hall.
- Kathirithamby, J; Simpson, S; Solulu, T; Caudwell, R. 1998. Strepsiptera parasites: novel biocontrol tools for oil palm integrated pest management in Papua New Guinea. International Journal of Pest Management 44(3): 127-133.
- Kemp, WP; Harvey, SJ; O'Neill, KM. 1990. Patterns of vegetation and grasshopper community composition. Oecologia 83: 299-308.
- Kolehmainen, J; Roininen, K; Julkunen, R; Tahvanainen, J. 1995. Importance of phenolic glucosides in host selection of shoot galling sawfly. Journal of Chemical Ecology 20: 2455-2466.
- Langellotto, GA; Denno, RF. 2004. Responses of invertebrate natural enemies to complex-structured habitats: a meta-analytical synthesis. Oecologia 139: 1-10.
- Lawton, JH. 1983. Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. Annual Review of Entomology 28:23-39.
- Leather, SR; Watt, AD. 2004. Sampling theory and practice. In Leather, SR. ed. Sampling in Forest Ecosystems. Blackwell Publishing, UK. p. 1-15
- Lessio, F; Alma, A. 2006. Spatial distribution of nymphs of *Scaphoideus titanus* (Homoptera: Cicadellidae) in grapes and evaluation of sequential sampling plans. Journal of Economy Entomology 99(2): 578-582.
- Lohr, SL. 2000. Muestreo: diseño y análisis. Trad. OA Palmas. Internacional Thomson Editores, México, DF. 480 p.

- Lomer, CJ; Bateman RP; De Groote, H; Dent, D; Kooyman, C. 1999. Development of strategies for the incorporation of microbial pesticides into the integrated management of locusts and grasshoppers. *Agricultural and Forest Entomology* 1: 71-88.
- _____ ; Johnson, DL; Langewald, J; Thomas, M. 2001. Biological control of locusts and grasshoppers. *Annual Review of Entomology* 46: 667-702.
- Madrigal, CA. 1995. Colombia. *In* CAD (Colombia Alternative Development). 2003. Manual de Fitoprotección y Análisis de Plaguicidas: Flores y Follajes. Colombia, USAID. p. 6-7.
- Malavolta, C; Cross, JV; Cravedi, P; Jorg, E: 2003. Guidelines for integrated production of stone fruits. *Bulletin OILB Srop* 26(7): 1-10.
- Martins, C; Spotti, JR; Dos Santos CT; Nault, LR. 2004. Influence of latitude and elevation on polymorphism among populations of the corn leafhopper, *Dalbulus maidis* (DeLong and Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) in Brazil. *Environmental Entomology* 33 (5): 1192-1199.
- Martinson, T; Williams III, L; Loeb, GE. 2001. Compatibility of chemical disease and insect management practices used in New York vineyards with biological control by *Anagrus* spp. (Hymenoptera: Mymaridae), parasitoids of *Erythroneura* leafhoppers. *Biological Control* 22: 227-234.
- Mattson, WJ. 1980. Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annual Review Ecology System* 11: 119-161.
- Mau, FL; Martin, JL. 1992. *Conocephalus saltator* (Saussure) (en línea). Manao, HW. Consultado 20 sept. 2006. Disponible en <http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop>
- Mc Clure, MS. 1980. Foliar nitrogen: a basis for host suitability for elongate hemlock scale, *Fiorinia externa*. *Ecology* 61: 72-79.
- _____. 1990. Patterns of temporal and spatial distribution. *In* Rosen, D. ed. *Armored scale insects: their biology, natural enemies and control*. Oxford, IN. p. 309-314.
- Mexzón, RG. 1997. Malezas atractivas de la entomofauna en los cultivos de plama aceitera y de pejibaye. *In* IV Congreso Costarricense de Entomología (1997, San José, CR). III Simposio latinoamericano de la caña de azúcar. p. 65-66.
- _____. 1999. Manejo integrado de los artrópodos perjudiciales. *In* Mora, J; Gainza, J. eds. *Palmito de pejibaye (Bactris gasipaes K.) su cultivo e industrialización*. San José, CR, EUCR. p. 138-141.

- _____; Chinchilla, C. 1999. Especies vegetales atrayentes de la entomofauna benéfica en plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) en Costa Rica. ASD Oil Palm Papers no. 19. 39 p.
- Miles, PW. 1968. Insect secretion in plants. Annual Review of Phytopathology 6: 137-164
- Miller, DR; Davidson, JA. 2005. Armored scale insect pests of trees and shrubs (Hemiptera: Diaspididae). New York, Cornell University. 442 p.
- Monge N, J. 1996. Moluscos de importancia económica y sanitaria en los trópicos: la experiencia de Costa Rica. San José, CR, Universidad de Costa Rica. 6 p.
- Moran, VC. 1980. Interactions between phytophagous insects and their *Opuntia* hosts. Ecological Entomology 5: 153-164
- Murphy, BC; Rosenheim, JA; Granett, J. 1996. Habitat diversification for improving biological control: abundance of *Anagrus epos* (Hymenoptera: Mymaridae) in grape vineyards. Environmental Entomology 25(2): 495-504
- Nicholls, CI; Altieri, MA; Sánchez E, J. 1999. Manual práctico de control biológico para una agricultura sustentable. California, SEAE/VIDA SANA. 86 p.
- Norris, R; Kogan, M. 2000. Interactions between weeds, arthropod pests, and their natural enemies in managed ecosystems. Weed Science 48: 94-158.
- Nozawa, A; Ohgushi, T. 2002. Shoot characteristics affect oviposition preference of the willow spittlebug *Aphrophora pectoralis* (Homoptera: Aphrophoridae). Annual of the Entomological Society of America 95(5):552-557
- Ohgushi, T. 1992. Resource limitation on insect herbivore populations. In Hunter, MD; Price, PW. eds. Effect of resource distribution on animal y plant interactions. San Diego, Academic Press. p. 199-141
- Paiva, EB; Benvenga, SR; Gravena, S. 2001. Aspectos biológicos das cigarrinhas *Acrogonia gracilis* (Osborn), *Dilobopterus costalimai* Young e *Oncometopia faciales* (Signoret) (Hemiptera: Cicadellidae) em citrus sinensis L. Osbeck. Neotropical Entomology 30(1): 25-28.
- Pape, H. 1976. Plagas de las flores y plantas ornamentales. Barcelona, ES, OIKOS-TAU. 656 p.
- Patel, ML; Patel, KG; Pandya, HV. 2004. Effect of insecticidas commonly used for the control of insect pests of paddy on spiders. Insect Environment 10(4): 171-174

- Pizano, M. 1995. Colombia. In CAD (Colombia Alternative Development). 2003. Manual de fitoprotección y análisis de plaguicidas: flores y follajes. Colombia, USAID. p. 6–7.
- Power, C; Lindquist, R. 1994. El manejo integrado de los insectos, ácaros y enfermedades en los cultivos ornamentales. Hoyos, V. ed. Illinois, US, Ball Publishing. 119 p.
- Prestidge, RA. 1982. The influence of nitrogenous fertilizar on the grassland Auchenorrhyncha (Homóptera). Journal of Applied Ecology 19: 735-749.
- PROCOMER (Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica). 2005. Costa Rica: estadísticas de exportación 2004 (en línea). San José, CR. Consultado 21 oct. 2005. Disponible en <http://www.procomer.com>.
- PROEXANT (Promoción de exportaciones agrícolas no tradicionales, EC). 2006. *Dracaena marginata* (en línea). Quito, EC. Consultado 24 oct. 2006. Disponible en http://www.proexant.org.ec/HT_Marginata.htm.
- Rakitov, RA. 2004. Powdering of egg nest with brochosomes and related sexual dimorphism in leafhoppers (Hemiptera: Cicadellidae). Zoological Journal of the Linnean Society 140: 353-381.
- Ramírez, C. 1996. Efecto de las prácticas agrícolas sobre la microflora del suelo: oportunidades en la fitoprotección. In Bertsch, F; Badilla, W; Bornemisza, E. eds. X Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, CR, EUNED. p 81.
- Raupp, MJ; Holmes, JJ; Sadof, CS; Shrewsbury, P; Davidson, JA. 2001. Effects of cover spray and residual pesticides on scales insects and natural enemies in urban forests. Journal of Arboriculture 27(4): 203-213.
- Rebek, EJ; Sadof, CS. 2003. Effects of pesticide applications on the euonymus scale (Homptera: Diaspididae) and its parasitoid, *Encarsia citrine* (Hymenoptera: Aphelinidae). Journal of Economic Entomology 96(2): 446-452.
- _____ ; Hanks, LM. 2005. Manipulating the abundance of natural enemies in ornamental landscapes with floral resource plants. Biological Control 33: 203-216.
- Riehl, LA. 1988. Update, 1981-1987, of developments in mineral spray oils. In Goren, R; Mendel, K. eds. Proceedings of the Sixth International Citrus Congress (1988, Israel). Philadelphia, US. p. 1253-1267.

- Risch, SJ; Andow DA; Altieri, MA. 1983. Agroecosystem diversity and pest control: data tentative conclusions and new research directions. *Environmental Entomology* 12: 624-632.
- Rodrigo, E; García Marí, F. 1994. Estudio de la abundancia y distribución de algunos cocidos diaspididos de cítricos. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* 20: 151-164.
- Rojas, L; Godoy, C; Hanson, P, Kleinn, C; Hilje, L. 1999. Diversidad de homópteros en plantaciones de café con diferentes tipos de sombra en Turrialba, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 6(23): 33-35
- Ross, H. 1964. Introducción a la Entomología general aplicada. Trad. M Fusté. 2. ed. Barcelona, ES, Omega. 536 p.
- Sadof, CS; Sclar, DC. 2000. Effects of horticultural oil and foliar or soil applied systemic insecticidas on euonymus scale in pachysandra. *Journal of Arboricultura* 26 (2): 120-125.
- Salas, R; Soto, H; Molina, E. 1991. Sintomas visuales de deficiencias nutricionales en *Dracaena deremensis* “warneckii” mediante la técnica de cultivo en solución nutritiva. *Agronomía Costarricense* 15(1/2): 129 – 134.
- SAS (SAS Institute Inc, US). 1988. SAS Introductory guide for personal computers. Versión 6.03. Cary, NC. 111 p.
- Scheaffer, RL; Mendenhall, W; Ott, L. 1987. Elementos de muestreo. Trad. G Rendón; JR Gómez. 3 ed. Grupo Editorial Iberoamérica, México,DF. 321 p.
- Scheirs, J; De Bruyn, L; Verhagen, R. 2001. Nutritional benefits of the leaf-mining behaviour of two grass miners: a test of the selective feeding hypothesis. *Ecological Entomology* 26: 509-516.
- Schoonees, J; Giliomee, JH. 1982. The toxicity of methidathion and citrus spray oil to mature and immature stages of OP- resistant and susceptible red scale *Aonidiella aurantii* (Mask) (Hemiptera: Diaspididae). *Journal of the Entomological Society of Southern Africa* 45: 1-13.
- Senthilkumar, N. 2004. Natural enemies of tettigoniids of Tamil Nadu. *Insect environment* 10(2): 82-83
- Sharma, A; Singh, R. 2002. Oviposition preference of cotton leafhopper in relation to leaf-vein morphology. *Journal of Applied Entomology* 126: 538-544.

- Slansky, JR. 1993. Nutritional ecology: the fundamental quest for nutrients. *In* Stamp, NE; Casey, TM. eds. Caterpillars-ecological and evolutionary constraints on foraging. New York, Chapman and Hall. p. 29-91.
- Smith, D; Beattle, GAC; Broadley, R. 1997. Citrus pests and their natural enemies: integrated pest management in Australia. Queensland, AU, Department of Primary Industries. 282 p.
- Speight, DC. 1990. The european invertebrate survey and production of data sheets for Bern convention invertebrates. Strasbourg, FR. p. 13-16.
- Spollen, K; Hoy, A. 1993. Residual toxicity of five citrus pesticides to a carbaryl-resistant and a wild strain of the California red scale parasite *Aphys melinus* De Bach (Hymenoptera: Aphelinidae). *Journal of Economic Entomology* 86: 195-204.
- Squitier, JM; Capinera, JL. 2002. Habitat associations of Florida Grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Florida Entomologist* 85(1): 235-244.
- Tipping, C; Mizell II, FM; Andersen, PC. 2004. Dispersal adaptations of immature stages of three species of leafhopper (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Cicadellidae). *Florida Entomologist* 87(3): 372-379
- Tokuda, M; Matsumura, M. 2005. Effect of temperature on the development and reproduction of the maize orange leafhopper *Cicadulina bipunctata* (Melichar) (Homoptera: Cicadellidae). *Applied Entomology Zooogy* 40(2):213-220.
- UC (University of California, US). 1991. Integrated pest management for citrus. 2 ed. Berkeley, US, Division Agriculture and Natural Resources. (Publication No. 3303).
- USDA (United States Department of Agriculture). 2005. Importation of oversized *Dracaena* for ornamental purposes from Costa Rica into the United States: a Qualitative, Pathway- Initiated Risk Assessment. United States, USDA/APHIS/PPQ. 70 p.
- VIFINEX (Proyecto Regional de Fortalecimiento de la Vigilancia Fitosanitaria en Cultivos de Exportación No Tradicional, CN). 1999. Manual técnico: Fitosanidad en plantas ornamentales y follaje. Guatemala, OIRSA. iii, 87 p.
- Vincent, C; Hallman, G; Panteón, B; Fleurat-Lessard, F. 2003. Management of agricultural insects with physical control methods. *Annual Review of Entomology* 48: 261-81.
- Walter, GP; Aitken, DCF; Connell NV; Smith, D. 1990. Using phenology to time insecticide applications for control of California red scale (Homoptera: Dispididae) on citrus. *Journal of Economic Entomology* 83: 189-196.

- Wolda, H. 1988. Insect seasonality: Why? *Annual Review of Ecology and Systematics* 19:1-18
- Yarom, I; Blumberg, D; Ishaaya, I. 1988. Effects of buprofezin on California red scale (Homoptera: Diaspididae) and Mediterranean black scale (Homoptera:Coccidae). *Journal of Economic Entomology* 81: 1581-1585.

Anexo 1: Encuesta utilizada para la caracterización de prácticas agrícolas a los productores de *Dracaena marginata*

1. Identificación de la Finca

Nombre de la Finca: _____ Ubicación: _____

Tamaño de la Finca: _____ ha Superficie total dedicada a *Dracaena*: _____ ha

2. Venta del producto

Tipo de producto: _____ Exportación directa A empresa exportadora Nacional

3. Información del cultivo

Varietal: _____ Lote No: _____ Densidad: _____ Edad del cultivo: _____

4. Manejo de la Finca

4.1 Plantas

Poda de regeneración: Frecuencia: Sem Mes Otro: _____

Poda de recuperación: Frecuencia: Sem Mes Otro: _____

Deshije: Frecuencia: Sem Mes Otro: _____

Peluqueo: Frecuencia: Sem Mes Otro: _____

Deshoje o Saneo: Frecuencia: Sem Mes Otro: _____

4.2 Manejo de desechos

Se quedan en campo Aplican descomponedores Retiran del cultivo Compostan

4.3 Fertilización

Las aplicaciones se realizan en base a

Análisis foliar y de suelo Aplicación calendarizada Asesoría

Tipo $\begin{cases} \nearrow \text{Orgánica} \\ \searrow \text{Química} \end{cases}$ Suelo Foliar Frecuencia: _____

Suelo Foliar Frecuencia: _____

Aplicación de micro y/o macronutrientes, Cuales ? : _____

4.4 Control de Plagas

Las aplicaciones se realizan en base a

Monitoreo Aplicación calendarizada Asesoría

Tipo *Química*: Insecticidas Fungicidas Frecuencia: _____

Biológica: Hongos Parasitoides Depredadores Frecuencia: _____

Biorracional: Aceites Jabones Extractos botánicos Frecuencia: _____

5. Control de Malezas

Chapia Chapia + Herbicidas Herbicidas

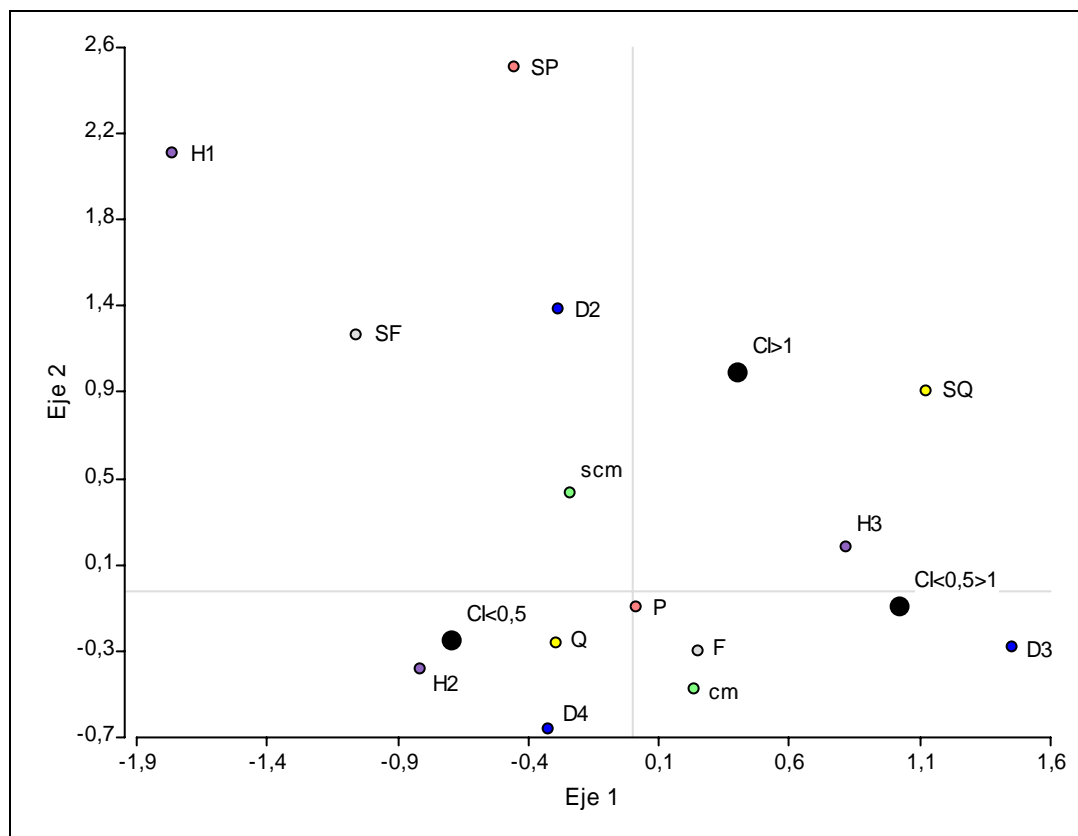
6. Manejo de Post-cosecha

Limpieza del material que ingresa: Agua Agua + Insecticida

Anexo 2: Valores de temperatura y humedad relativa promedio y precipitación mensual para las zonas de producción del Atlántico y la Tigra

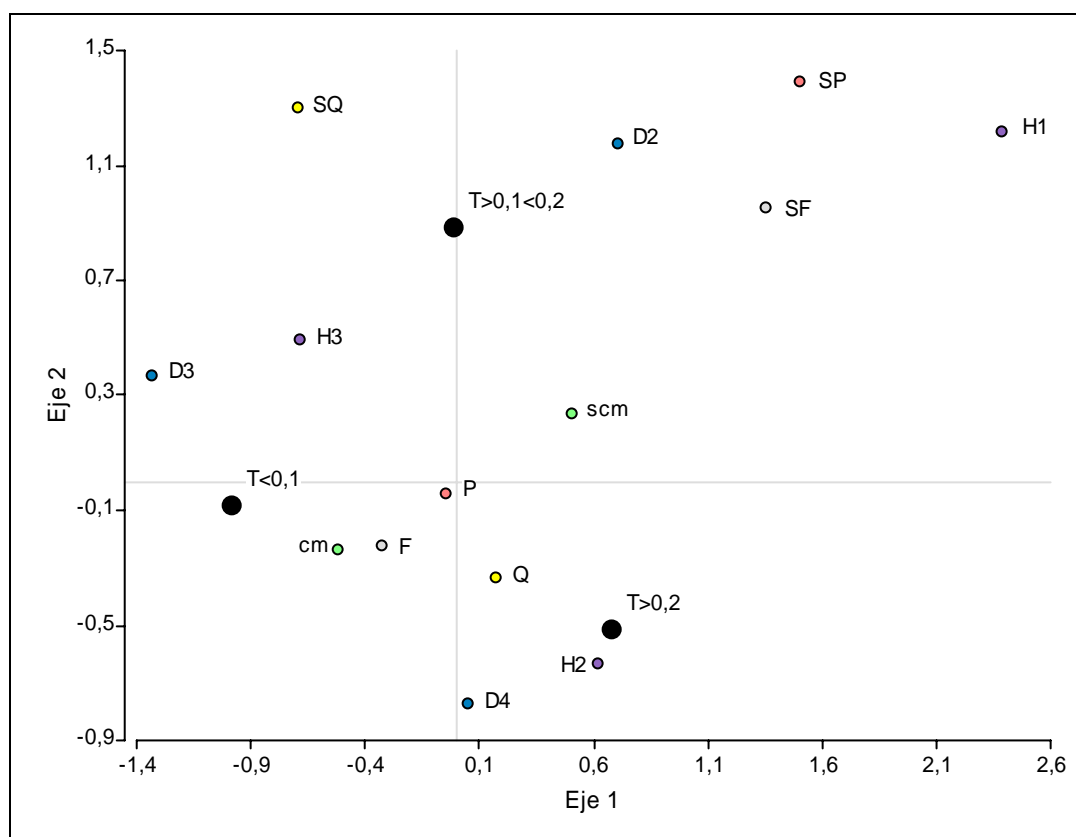
| | Temperatura (°C) | | | Humedad Relativa (%) | | | Precipitación (mm) | | |
|--------------|-------------------|--------------|-------------|----------------------|-------------|-------------|--------------------|--------------|---------------|
| | A | LT | Diferencia | A | LT | Diferencia | A | LT | Diferencia |
| Enero | 23,45 | 24,13 | -0,7 | 90,91 | 78,8 | 12,1 | 406,6 | 317,7 | 88,9 |
| Febrero | 23,41 | 25,44 | -2,0 | 87,62 | 68,6 | 19,0 | 165,2 | 19,6 | 145,6 |
| Marzo | 23,80 | 25,91 | -2,1 | 89,24 | 69,7 | 19,5 | 236 | 26,4 | 209,6 |
| Abril | 24,28 | 25,44 | -1,2 | 86,19 | 72,0 | 14,2 | 119,6 | 87,8 | 31,8 |
| Mayo | 24,28 | 25,30 | -1,0 | 86,19 | 87,0 | -0,8 | 119,6 | 340 | -220,4 |
| Junio | 24,91 | 26,54 | -1,6 | 90,25 | 89,1 | 1,1 | 389,8 | 340,5 | 49,3 |
| Julio | 24,57 | 25,67 | -1,1 | 89,62 | 89,3 | 0,3 | 414,8 | 378,3 | 36,5 |
| Promedio | 24,10 | 25,49 | -1,39 | 88,57 | 79,22 | 9,35 | 1851,6 | 1510,3 | 341,3 |

Anexo 3: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de infestación de cicadélidos y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006



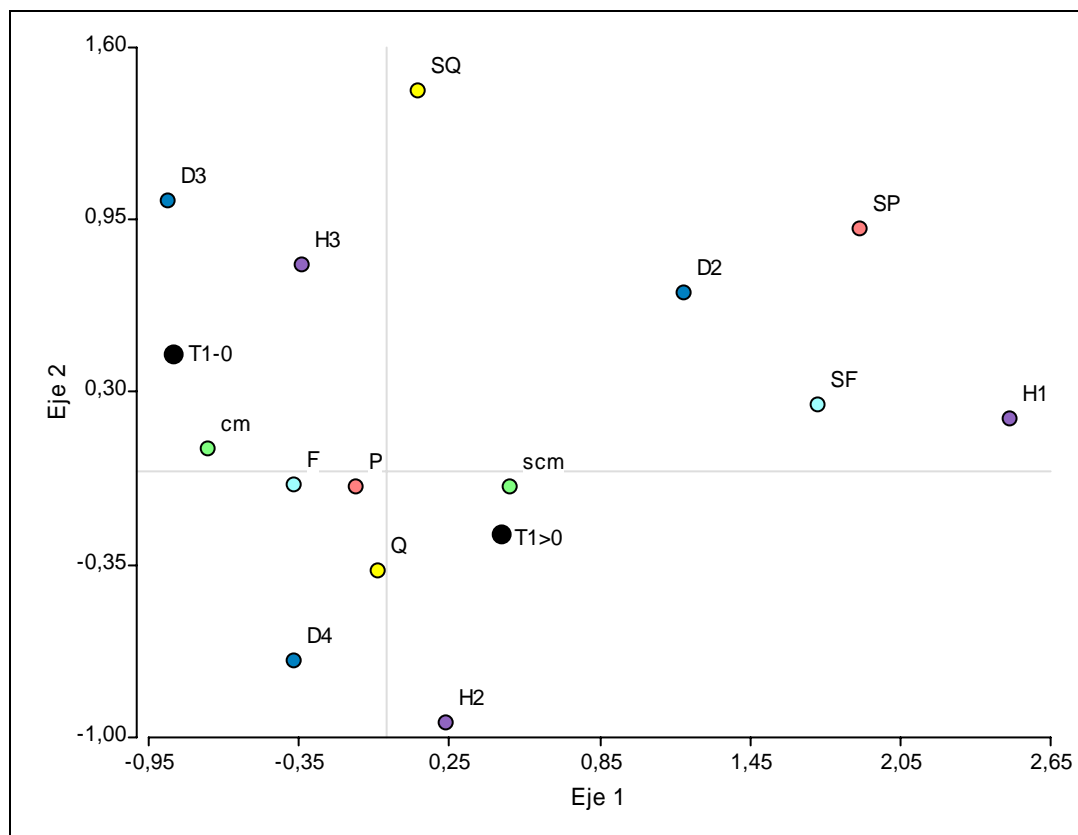
Ci=cicadélidos, D2= dos deshierbes por año, D3= tres deshierbes por año, D4= cuatro deshierbes por año, F= aplicación de fertilizantes, SF= sin aplicación de fertilizantes, Q= aplicación de insecticidas, SQ= sin aplicación de insecticidas, cm= presencia de maleza, scm= ausencia de maleza, P= poda, SP= sin podar, H1: densidad de plantación de una hilera, H2: densidad de plantación de dos hileras, H3: densidad de plantación de tres hileras.

Anexo 4: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de infestación de tetigónidos y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006



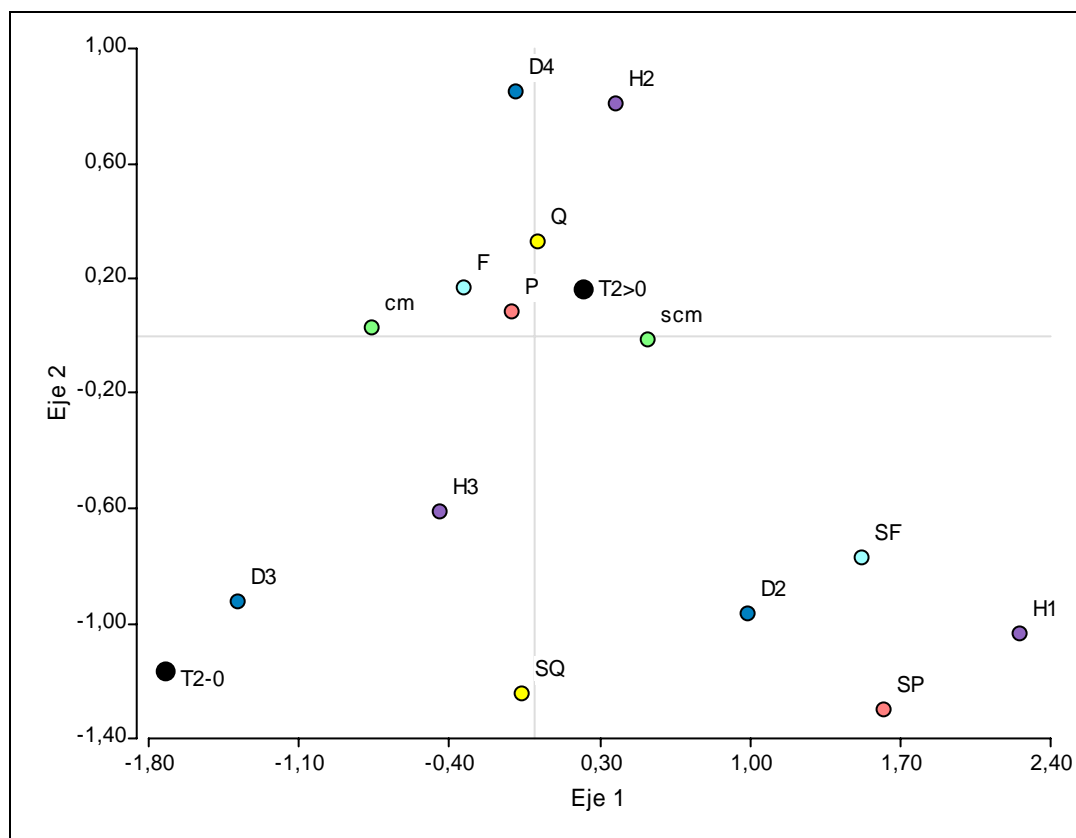
T= termitos, D2= dos deshierbes por año, D3= tres deshierbes por año, D4= cuatro deshierbes por año, F= aplicación de fertilizantes, SF= sin aplicación de fertilizantes, Q= aplicación de insecticidas, SQ= sin aplicación de insecticidas, cm= presencia de maleza, scm= ausencia de maleza, P= poda, SP= sin podar, H1: densidad de plantación de una hilera, H2: densidad de plantación de dos hileras, H3: densidad de plantación de tres hileras.

Anexo 5: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de huevos de tetigónidos tipo 1 y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006



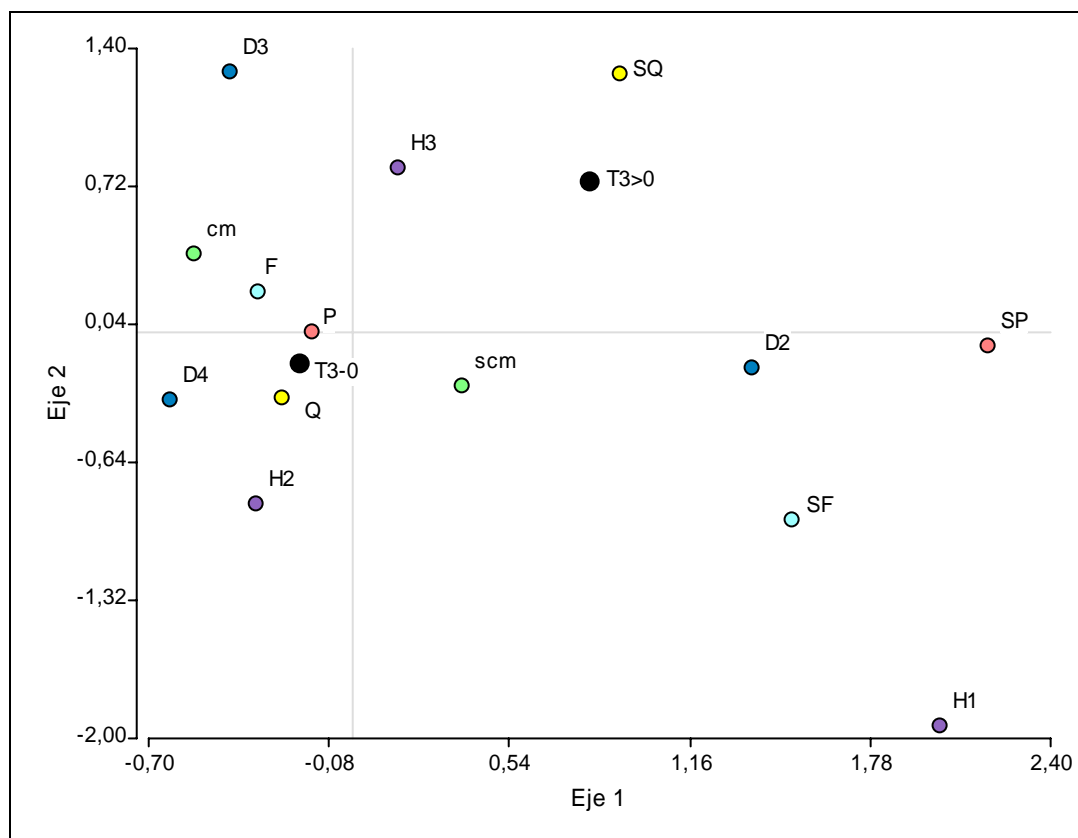
T1= huevos de tetigónidos tipo 1, D2= dos deshierbes por año, D3= tres deshierbes por año, D4= cuatro deshierbes por año, F= aplicación de fertilizantes, SF= sin aplicación de fertilizantes, Q= aplicación de insecticidas, SQ= sin aplicación de insecticidas, cm= presencia de maleza, scm= ausencia de maleza, P= poda, SP= sin podar, H1= densidad de plantación una hilera, H2= densidad de plantación dos hileras, H3= densidad de plantación tres hileras.

Anexo 6: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de huevos de tetigónidos tipo 2 y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006



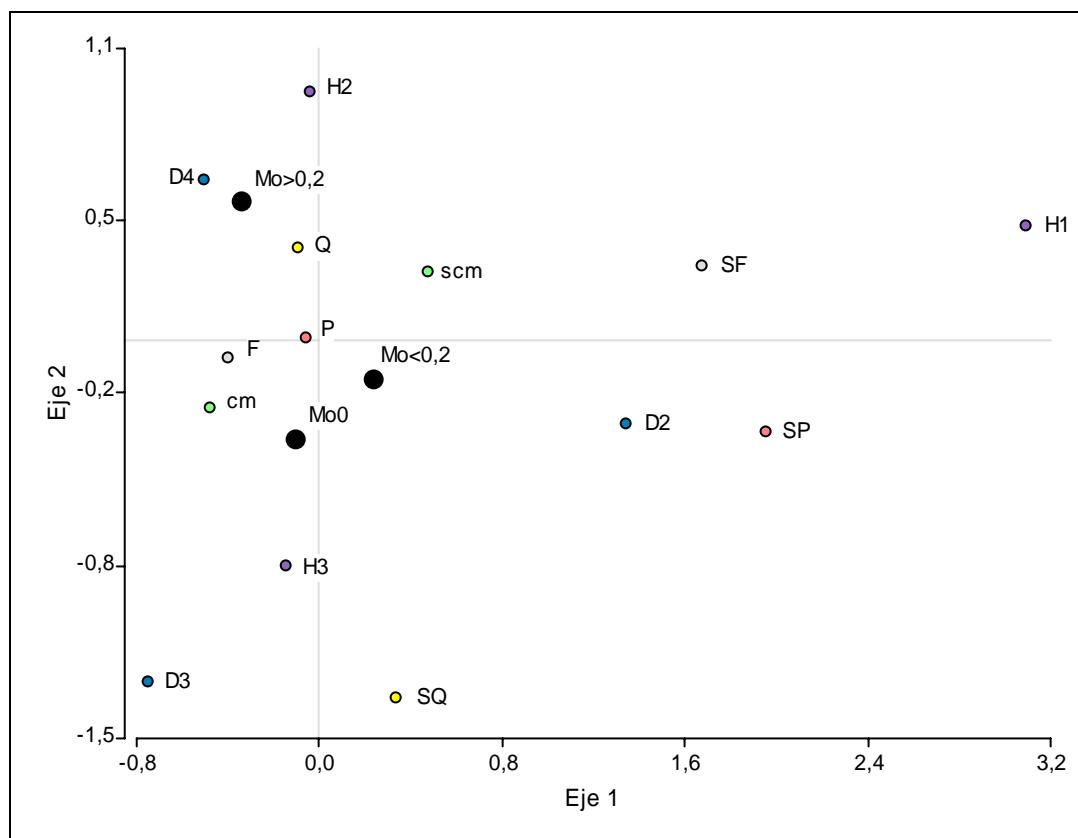
T2= huevos de tetigónidos tipo 2, D2= dos deshierbes por año, D3= tres deshierbes por año, D4= cuatro deshierbes por año, F= aplicación de fertilizantes, SF= sin aplicación de fertilizantes, Q= aplicación de insecticidas, SQ= sin aplicación de insecticidas, cm= presencia de maleza, scm= ausencia de maleza, P= poda, SP= sin podar, H1= densidad de plantación una hilera, H2= densidad de plantación dos hileras, H3= densidad de plantación tres hileras.

Anexo 7: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de huevos de tetigónidos tipo 3 y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica 2006



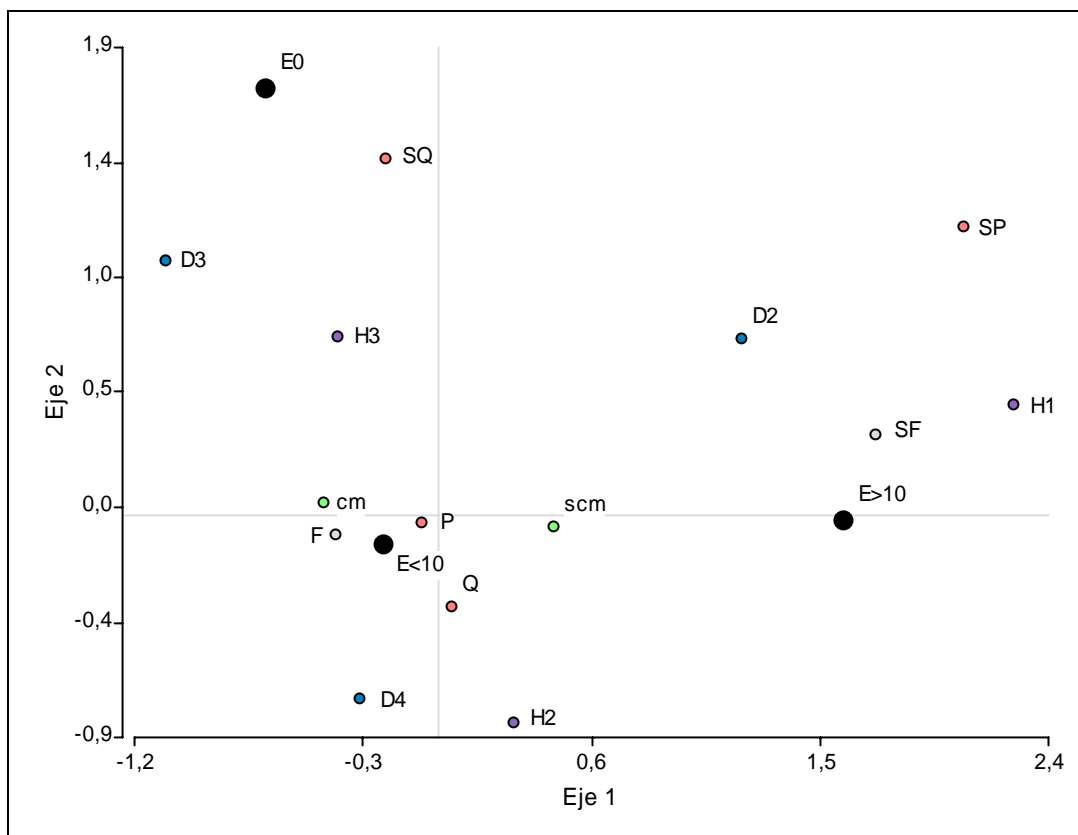
T3= huevos de tetigónidos tipo 2, D2= dos deshierbes por año, D3= tres deshierbes por año, D4= cuatro deshierbes por año, F= aplicación de fertilizantes, SF= sin aplicación de fertilizantes, Q= aplicación de productos químicos, SQ= sin aplicación de productos químicos, cm= presencia de maleza, scm= ausencia de maleza, P= poda, SP= sin podar, H1= densidad de siembra una hilera, H2= densidad de siembra dos hileras, H3= densidad de siembra tres hileras.

Anexo 8: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de infestación de moluscos y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006



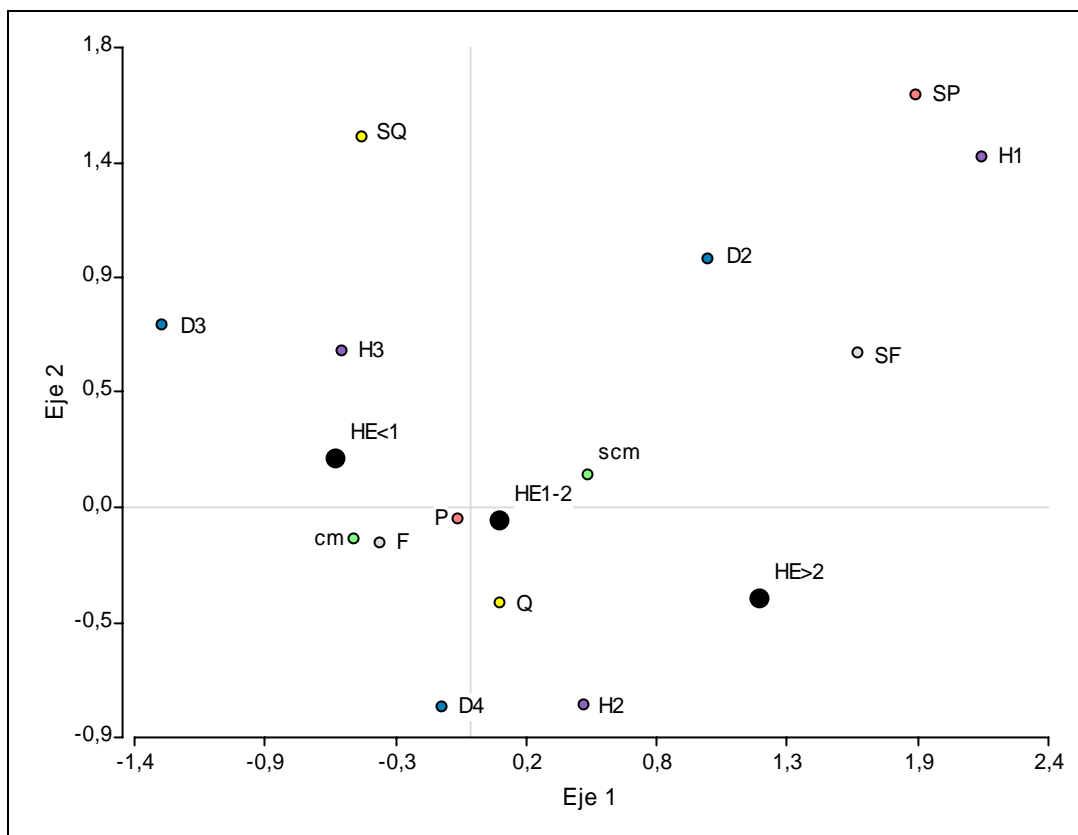
Mo= moluscos, M2= dos deshierbes por año, M3= tres deshierbes por año, M4= cuatro deshierbes por año, F= aplicación de fertilizantes, SF= sin aplicación de fertilizantes, Q= aplicación de insecticidas, SQ= sin aplicación de insecticidas, cm= presencia de maleza, scm= ausencia de maleza, P= poda, SP= sin podar, H1: densidad de plantación de una hilera, H2: densidad de plantación de dos hileras, H3: densidad de plantación de tres hileras.

Anexo 9: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de infestación de escamas y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006



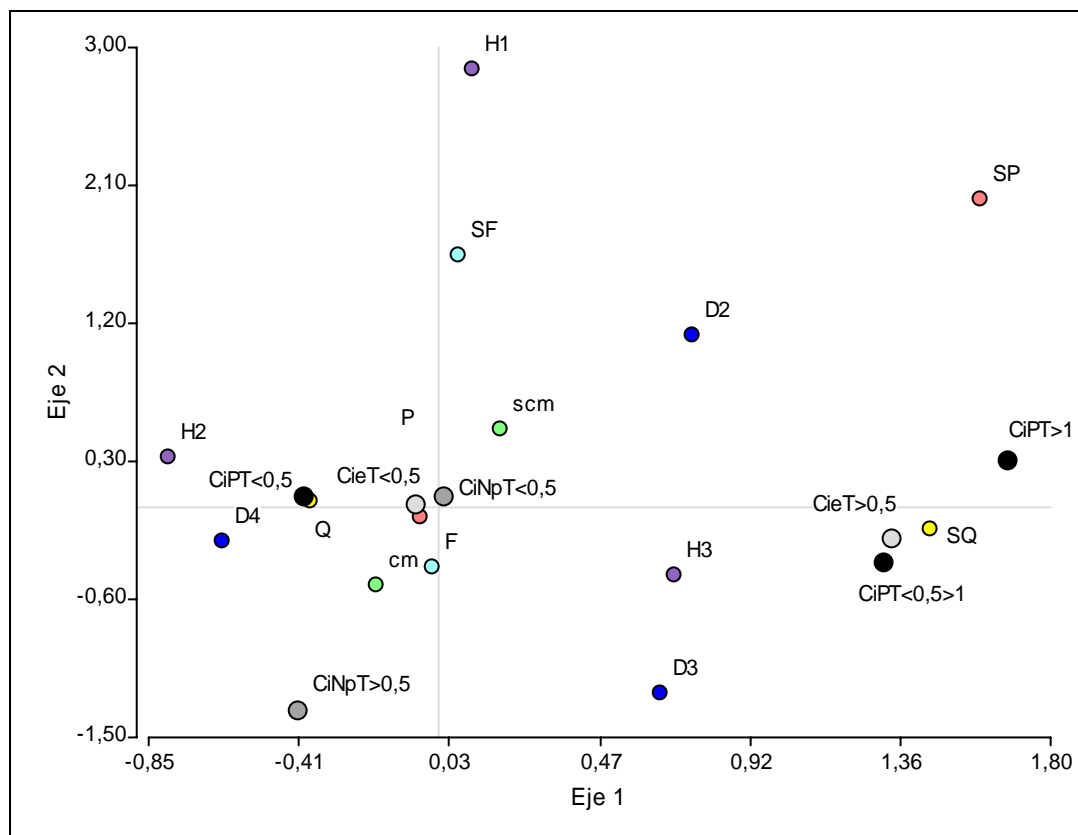
T= tetigónidos, M2= dos deshierbes por año, M3= tres deshierbes por año, M4= cuatro deshierbes por año, F= aplicación de fertilizantes, SF= sin aplicación de fertilizantes, Q= aplicación de insecticidas, SQ= sin aplicación de insecticidas, cm= presencia de maleza scm= ausencia de maleza, P= poda, SP= sin podar, H1: densidad de plantación de una hilera, H2: densidad de plantación de dos hileras, H3: densidad de plantación de tres hileras.

Anexo 10: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de infestación de hojas con escamas y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006



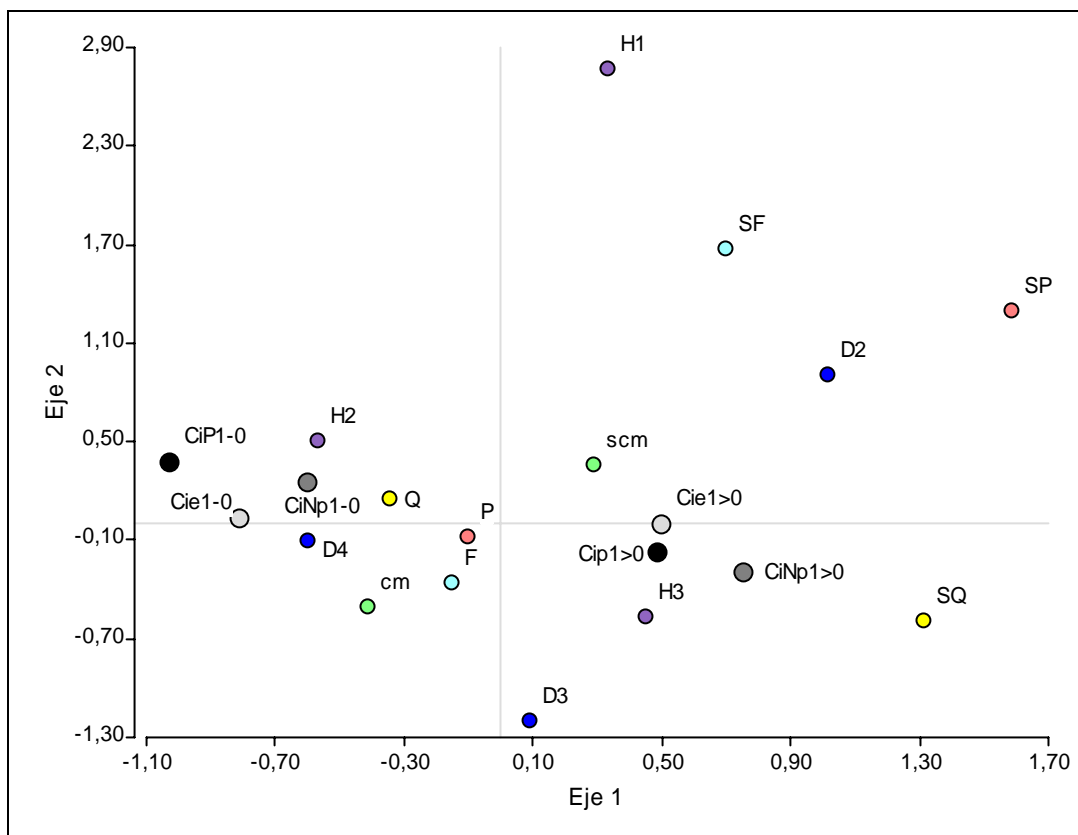
HE= hojas con escamas, D2= dos deshierbes por año, D3= tres deshierbes por año, D4= cuatro deshierbes por año, F= aplicación de fertilizantes, SF= sin aplicación de fertilizantes, Q= aplicación de insecticidas, SQ= sin aplicación de insecticidas, cm= presencia de maleza, scm= ausencia de maleza, P= poda, SP= sin podar, H1: densidad de plantación de una hilera, H2: densidad de plantación de dos hileras, H3: densidad de plantación de tres hileras.

Anexo 11: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de huevos de cicadélidos parasitados, no parasitados y emergidos y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006



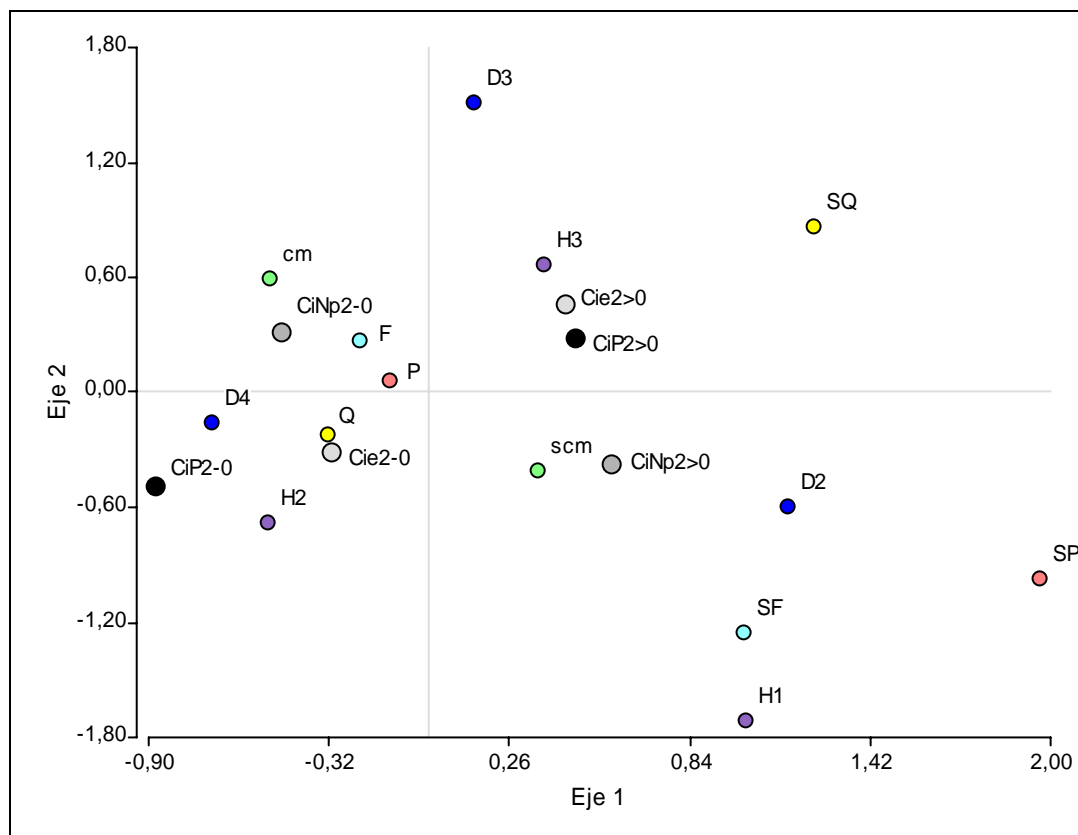
CiPT= huevos de cicadélidos parasitados totales, CiNP= huevos de cicadélidos no parasitados totales, CieT= huevos de cicadélidos emergidos totales, D2= dos deshierbes por año, D3= tres deshierbes por año, D4= cuatro deshierbes por año, F= aplicación de fertilizantes, SF= sin aplicación de fertilizantes, Q= aplicación de insecticidas, SQ= sin aplicación de insecticidas, cm= presencia de maleza, scm= ausencia de maleza, P= poda, SP= sin podar, H1= densidad de plantación de una hilera, H2= densidad de plantación de dos hileras, H3= densidad de plantación de tres hileras.

Anexo 12: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de huevos de cicadélidos tipo 1 y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006



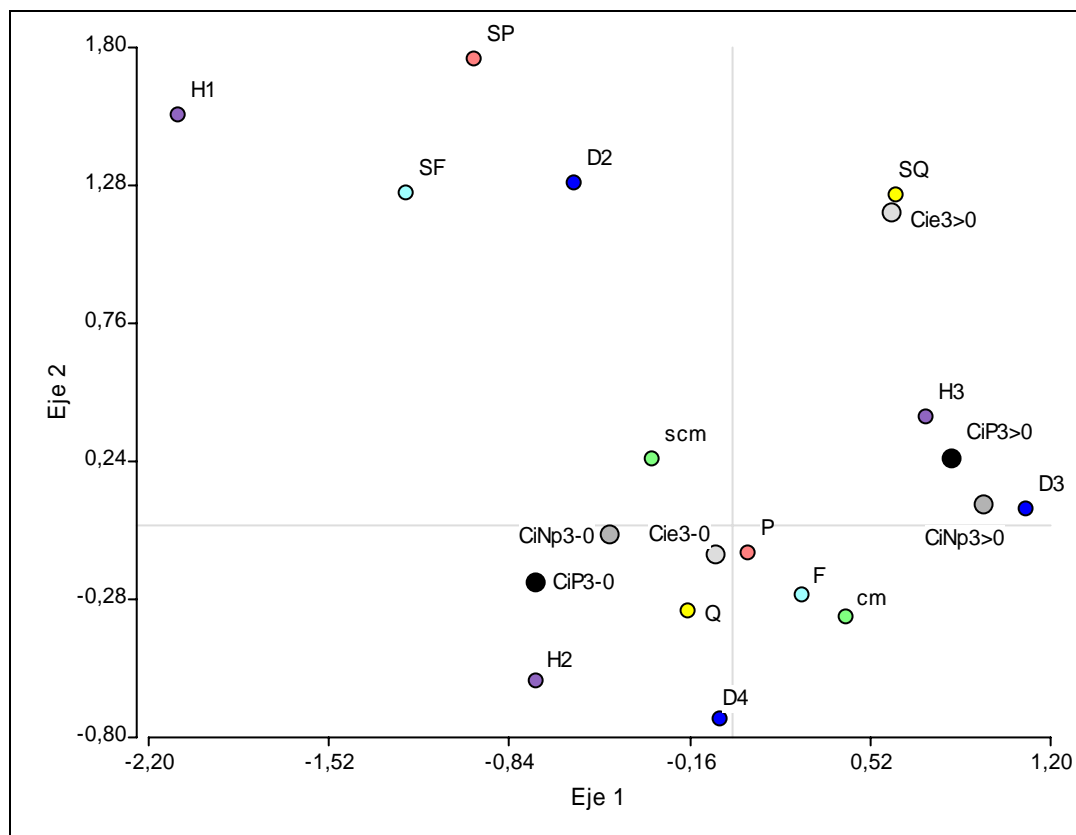
CiP1= huevos de cicadélidos parasitados tipo 1, CiNp1= huevos de cicadélidos no parasitados tipo 1, Cie1= huevos de cicadélidos emergidos tipo 1, D2= deshierbes por año, D3= tres deshierbes por año, D4= cuatro deshierbes por año, F= aplicación de fertilizantes, SF= sin aplicación de fertilizantes, Q= aplicación de insecticidas, SQ= sin aplicación de insecticidas, cm= presencia de maleza, scm= ausencia de maleza, P= poda, SP= sin podar, H1: densidad de plantación una hilera, H2: densidad de plantación dos hileras, H3: densidad de plantación tres hileras.

Anexo 13: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de huevos de cicadélidos tipo 2 y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006



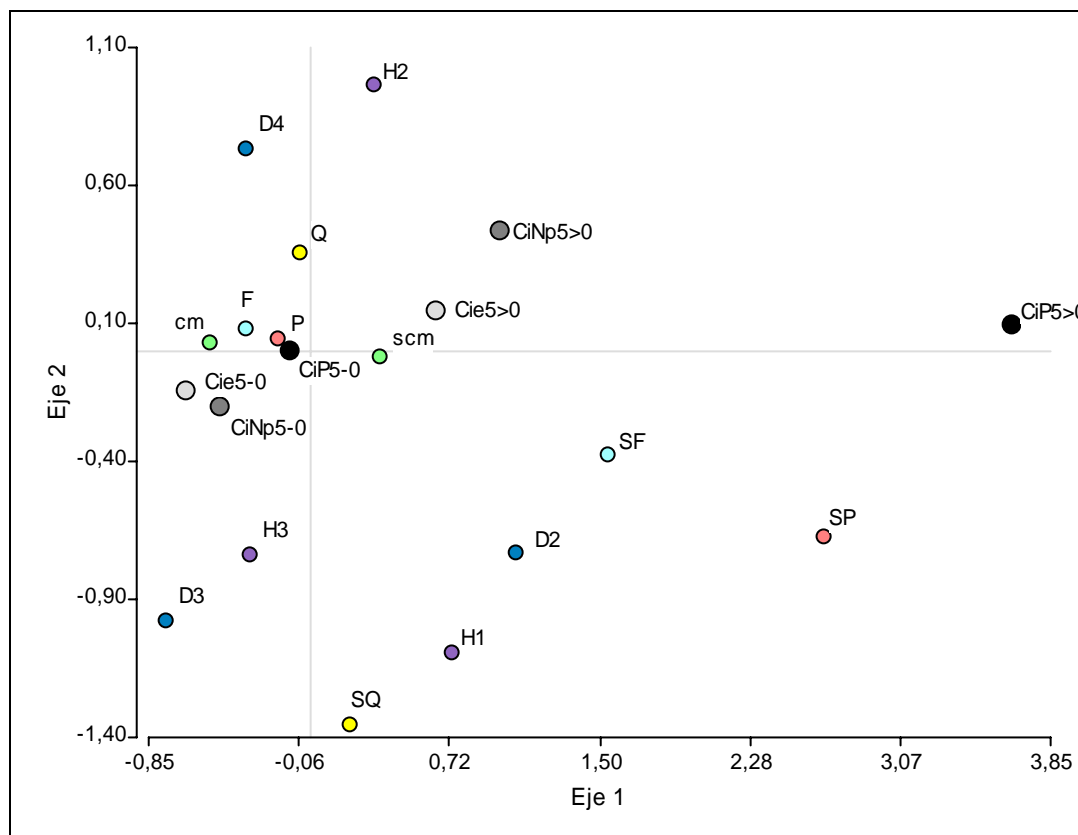
CiP2= huevos de cicadélidos parasitados tipo 2, CiNp2= huevos de cicadélidos no parasitados tipo 2, Cie2= huevos de cicadélidos emergidos tipo 2, D2= dos deshierbes por año, D3= tres deshierbes por año, D4= cuatro deshierbes por año, F= aplicación de fertilizantes, SF= sin aplicación de fertilizantes, Q= aplicación de insecticidas, SQ= sin aplicación de insecticidas, cm= presencia de maleza, scm= ausencia de maleza, P= poda, SP= sin podar, H1= densidad de plantación una hilera, H2= densidad de plantación dos hileras, H3= densidad de plantación tres hileras.

Anexo 14: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de huevos de cicadélidos tipo 3 y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006



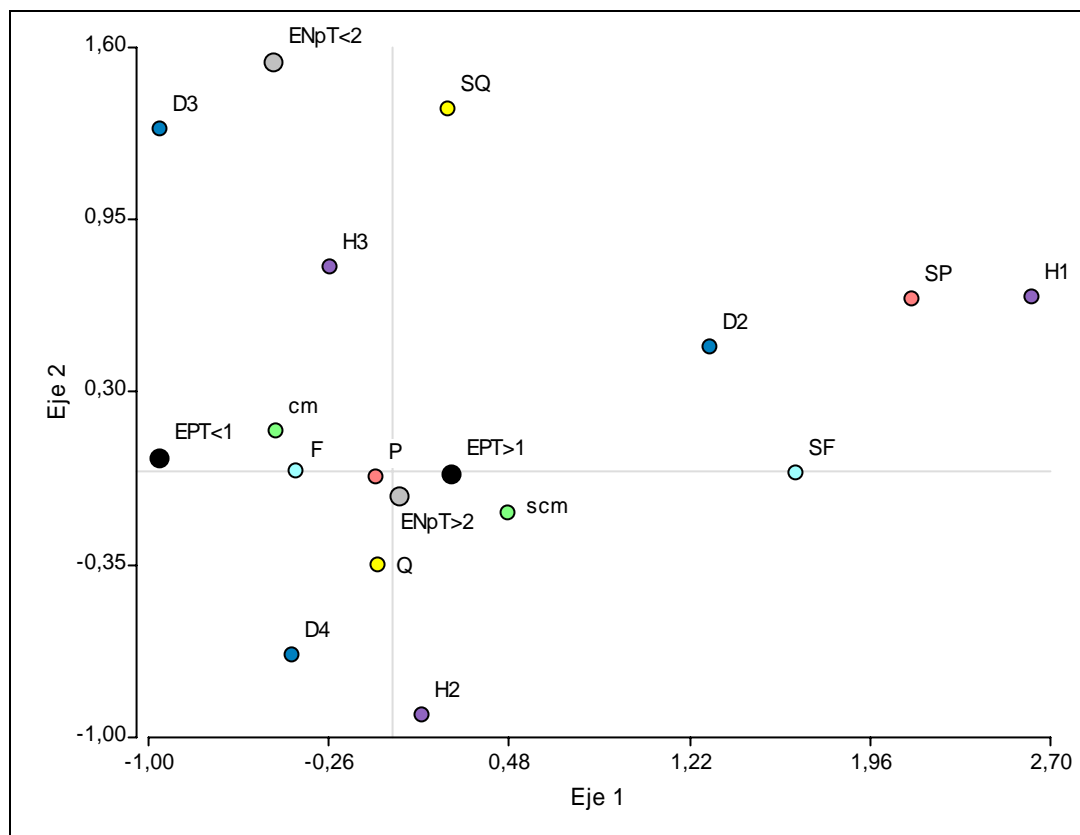
CiP3= huevos de cicadélidos parasitados tipo 3, CiNp3= huevos de cicadélidos no parasitados tipo 3, Cie3= huevos de cicadélidos emergidos tipo 3, D2= dos deshierbes por año, D3= tres deshierbes por año, D4= cuatro deshierbes por año, F= aplicación de fertilizantes, SF= sin aplicación de fertilizantes, Q= aplicación de insecticidas, SQ= sin aplicación de insecticidas, cm= presencia de maleza, scm= ausencia de maleza, P= poda, SP= sin podar, H1= densidad de plantación una hilera, H2= densidad de plantación dos hileras, H3= densidad de plantación tres hileras.

Anexo 15: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre categoría de huevos de cicadélidos tipo 5 y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006



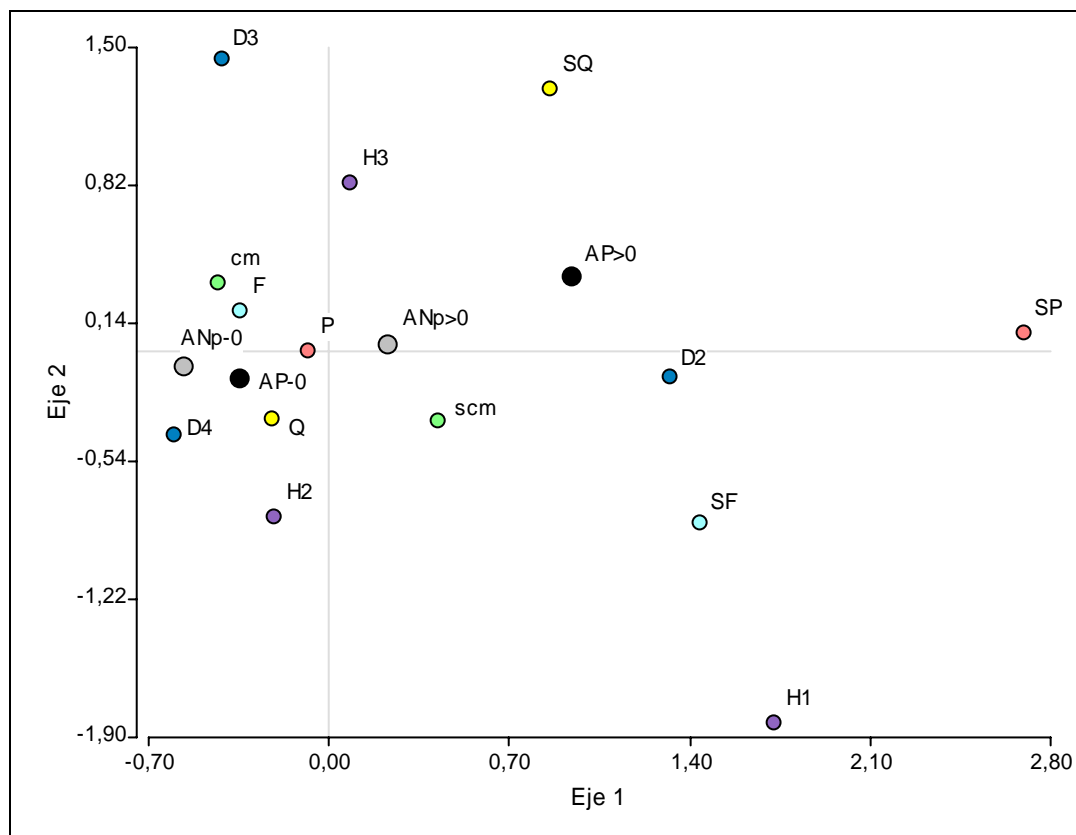
CiP5= huevos de cicadélidos parasitados tipo 5, CiNp5= huevos de cicadélidos no parasitados tipo 5, Cie5= huevos de cicadélidos emergidos tipo 5, D2= dos deshierbes desmalezados por año, D3= tres deshierbes por año, D4= cuatro deshierbes por año, F= aplicación de fertilizantes, SF= sin aplicación de fertilizantes, Q= aplicación de productos químicos, SQ= sin aplicación de productos químicos, cm= presencia de maleza, scm= ausencia de maleza, P= poda, SP= sin podar, H1= densidad de plantación una hilera, H2= densidad de plantación dos hileras, H3= densidad de plantación tres hileras.

Anexo 16: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre escamas parasitadas y no parasitadas y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006



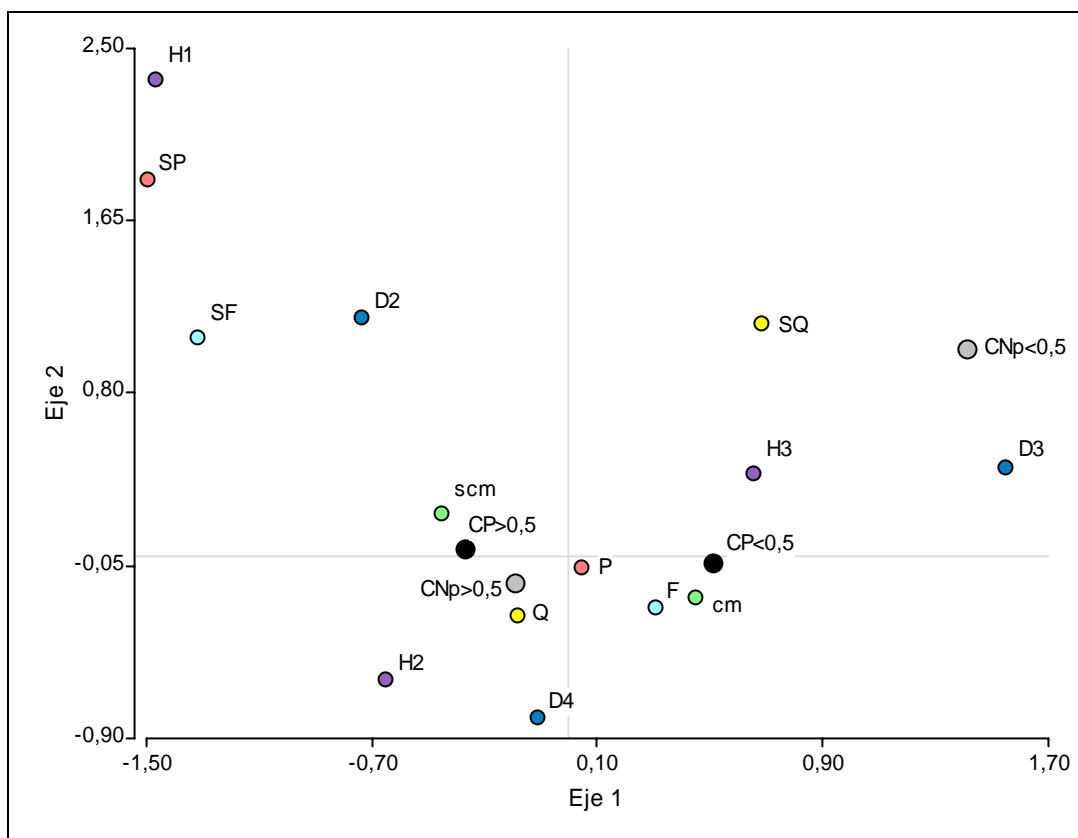
EPT= escamas parasitadas totales, ENp= escamas no parasitadas totales, D2= dos deshierbes por año, D3= tres deshierbes por año, D4= cuatro deshierbes por año, F= aplicación de fertilizantes, SF= sin aplicación de fertilizantes, Q= aplicación de insecticidas, SQ= sin aplicación de insecticidas, cm= presencia de maleza, scm= ausencia de maleza, P= poda, SP= sin podar, H1= densidad de plantación de una hilera, H2= densidad de plantación de dos hileras, H3= densidad de plantación de tres hileras

Anexo 17: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre la especie de escamas *Aspidiotus* y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006



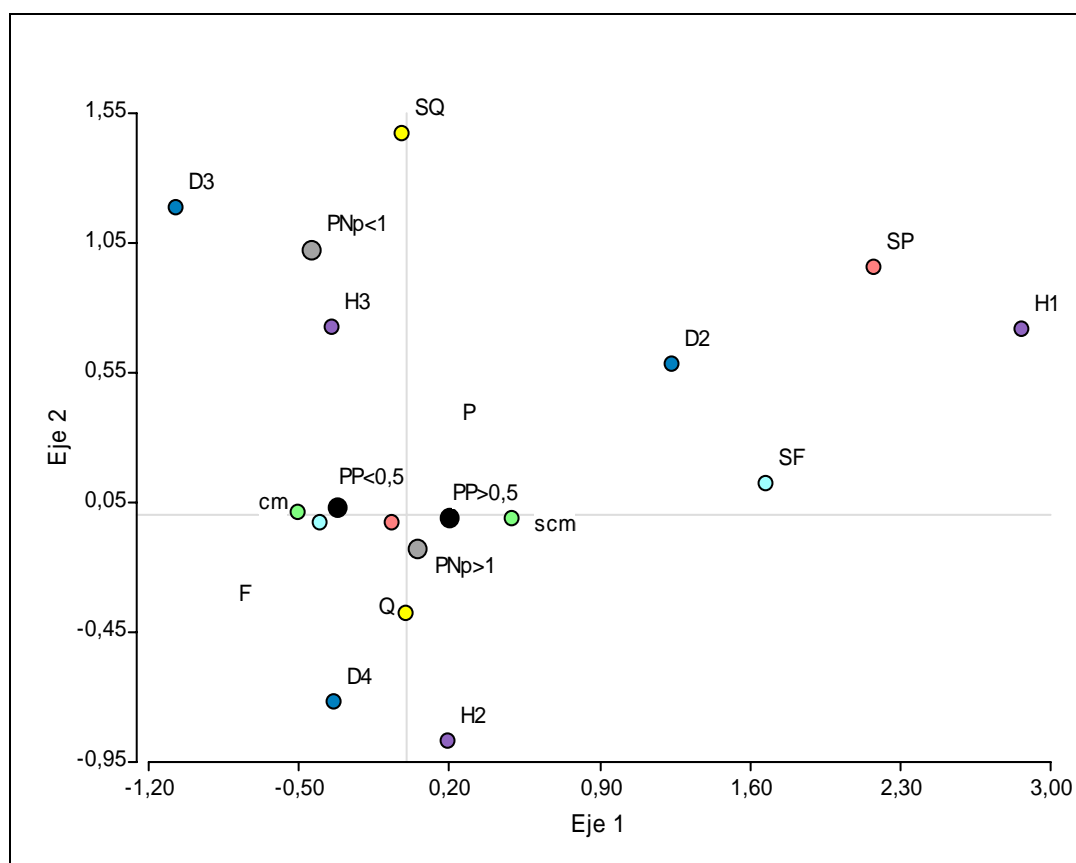
Ap= *Aspidiotus parasitada*, *ANp*= *Aspidiotus no parasitada*, *D2*= dos deshierbes por año, *D3*= tres deshierbes por año, *D4*= cuatro deshierbes por año, *F*= aplicación de fertilizantes, *SF*= sin aplicación de fertilizantes, *Q*= aplicación de insecticidas, *SQ*= sin aplicación de insecticidas, *cm*= presencia de maleza, *scm*= ausencia de maleza, *P*= poda, *SP*= sin podar, *H1*= densidad de plantación una hilera, *H2*= densidad de plantación dos hileras, *H3*= densidad de plantación tres hileras.

Anexo 18: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre la especie de escamas *Chrysomphalus* y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006



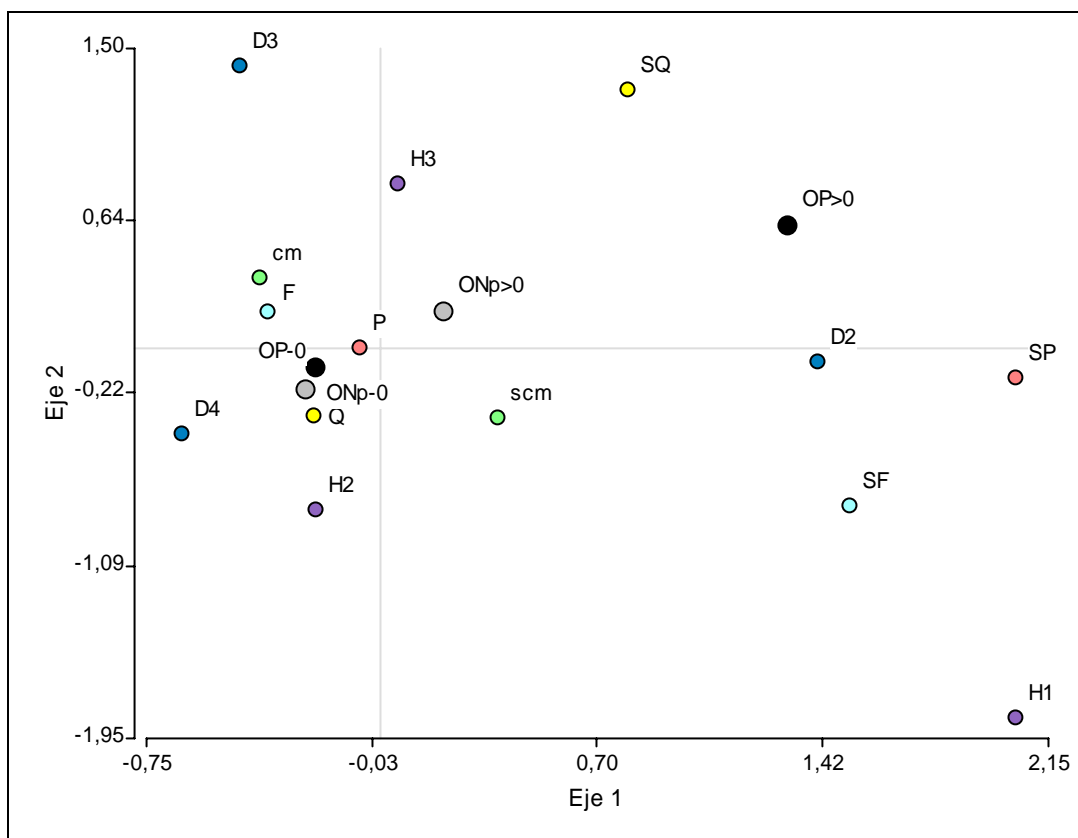
Cp= *Chrysomphalus parasitada*, *CNp*= *Chrysomphalus no parasitada*, *D2*= dos deshierbes por año, *D3*= tres deshierbes por año, *D4*= cuatro deshierbes por año, *F*= aplicación de fertilizantes, *SF*= sin aplicación de fertilizantes, *Q*= aplicación de insecticidas, *SQ*= sin aplicación de insecticidas, *cm*= presencia de maleza, *scm*= ausencia de maleza, *P*= poda, *SP*= sin podar, *H1*= densidad de plantación una hilera, *H2*= densidad de plantación dos hileras, *H3*= densidad de plantación tres hileras.

Anexo 19: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre la especie de escamas *Pinnaspis* y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006



Pp= *Pinnaspis parasitada*, *PNp*= *Pinnaspis no parasitada*, *D2*= dos deshierbes por año, *D3*= tres deshierbes por año, *D4*= cuatro deshierbes por año, *F*= aplicación de fertilizantes, *SF*= sin aplicación de fertilizantes, *Q*= aplicación de insecticidas, *SQ*= sin aplicación de insecticidas, *cm*= presencia de maleza, *scm*= ausencia de maleza, *P*= poda, *SP*= sin podar, *H1*= densidad de plantación una hilera, *H2*= densidad de plantación dos hileras, *H3*= densidad de plantación tres hileras.

Anexo 20: Biplot obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples para la asociación entre otros géneros y prácticas agrícolas en dos zonas de Costa Rica, 2006



Op= otros géneros parasitados, ONp= otros géneros no parasitados, D2= dos deshierbes por año, D3= tres deshierbes por año, D4= cuatro deshierbes por año, F= aplicación de fertilizantes, SF= sin aplicación de fertilizantes, Q= aplicación de insecticidas, SQ= sin aplicación de insecticidas, cm= presencia de maleza, scm= ausencia de maleza, P= poda, SP= sin podar, H1= densidad de plantación una hilera, H2= densidad de plantación dos hileras, H3= densidad de plantación tres hileras.