

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

**Evaluación del efecto de fertilización y caracterización de
vegetación asociada al cultivo de *Dracaena marginata* y sus
periferias.**

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

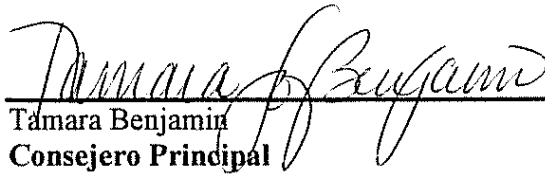
Adriana Villalobos Araya


Turrialba, Costa Rica, 2007

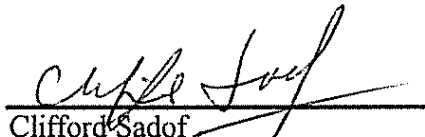
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE, y aprobada por el Comité Consejero del estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

Magister Scientiae en Agricultura Ecológica

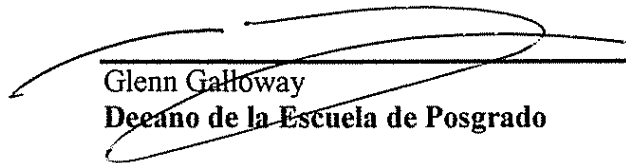
FIRMANTES:

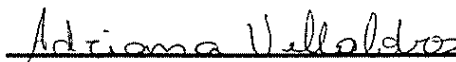

Tamara Benjamin
Consejero Principal


Fernando Casanoves
Miembro del Comité Consejero

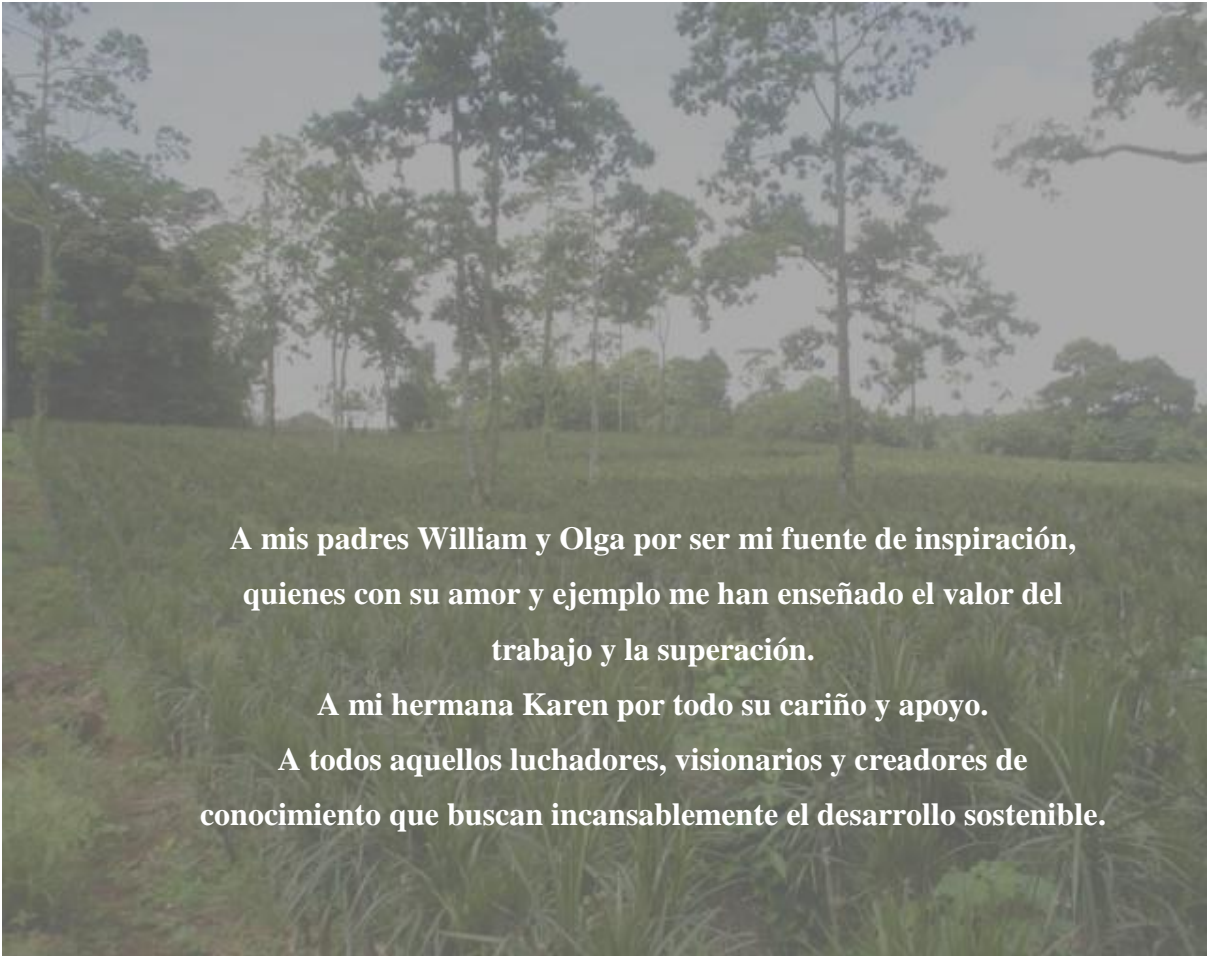

Clifford Sadof
Miembro del Comité Consejero

Kevin Gibson
Miembro del Comité Consejero


Glenn Galloway
Decano de la Escuela de Posgrado


Adriana Villalobos Araya
Candidato

DEDICATORIA



**A mis padres William y Olga por ser mi fuente de inspiración,
quienes con su amor y ejemplo me han enseñado el valor del
trabajo y la superación.**

A mi hermana Karen por todo su cariño y apoyo.

**A todos aquellos luchadores, visionarios y creadores de
conocimiento que buscan incansablemente el desarrollo sostenible.**

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Tamara Benjamin que como asesora y amiga hizo posible la realización de este trabajo con sus valiosas enseñanzas, dedicación y confianza.

Al Dr. Fernando Casanoves, Dr. Clifford Sadof y Dr. Kevin Gibson que con sus conocimientos fueron guía y soporte.

A Gabriela Soto por la confianza que depositó en mí.

Al *Clean Stock Program* y al Ministerio de Ciencia y Tecnología por su apoyo económico y por darme la oportunidad de hacer la maestría.

Al Programa de Reconversión Productiva y el CNP por el financiamiento de la investigación realizada.

Al amigo y compañero de investigación Gerardo Pérez por toda su ayuda y ánimo.

A Alexis y Armando por su colaboración en la toma de datos.

Al resto de compañeros del CSP por su amistad, apoyo y sugerencias.

A todos los productores de *Dracaena marginata* que muy amablemente abrieron las puertas de sus fincas y estuvieron dispuestos a facilitar los recursos necesarios para la elaboración de la investigación.

A mis amigos del CATIE, a quienes llevo muy dentro del corazón.

A Marcos por los momentos compartidos.

BIOGRAFÍA

La autora nació en San José, Costa Rica el 4 de noviembre de 1980. En el año 2000 obtuvo un Diplomado Superior en Agroecoturismo en la Escuela Centroamericana de Ganadería (ECAG). Se desempeñó como docente de Ecoturismo en el Colegio Ing. Alejandro Quesada. Posteriormente, en el 2004 se graduó como Bachiller Universitaria de la carrera Manejo y Protección de Recursos Naturales, Universidad Estatal a Distancia (UNED). Trabajó como extensionista en la UNED impartiendo seminarios sobre desarrollo sostenible a comunidades indígenas. En diciembre del 2005 obtuvo el título de Ingeniera Agrónoma con Licenciatura en Ciencias Agrícolas, Universidad EARTH. Durante su periodo en la EARTH fue miembro y administradora de la empresa estudiantil ECOGREEN, la cual tenía como objetivo la producción de árboles forestales. Además, realizó una pasantía en la Oficina de Extensión de NC State University ubicada en Cherokee, Estados Unidos, cuya función principal fue la elaboración de un estudio de mercado e identificación de *hot spots* para la observación de aves. A partir de enero del 2006, la autora inició sus actividades académicas en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en la Maestría de Agricultura Ecológica.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
BIOGRAFÍA.....	V
CONTENIDO.....	VI
RESUMEN.....	X
SUMMARY.....	XII
ÍNDICE DE CUADROS.....	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
1.3 Hipótesis del estudio.....	3
2 MARCO CONCEPTUAL.....	4
2.1 El cultivo de <i>Dracaena marginata</i>	4
2.1.1 <i>Botánica</i>	4
2.1.2 <i>Mercado</i>	5
2.1.3 <i>Condiciones ecológicas para la producción</i>	5
2.2 Cicadellidae: Principal plaga insectil de importancia cuarentenaria en el cultivo de <i>D. marginata</i>	6
2.3 Fertilización y vegetación asociada al cultivo como prácticas agrícolas de importancia para la producción de material propagativo sano de <i>D. marginata</i>	8
2.3.1 <i>Fertilización</i>	8
2.3.1.1 Necesidades del cultivo.....	8
2.3.1.2 Efecto en las plagas.....	12
2.3.2 <i>Vegetación asociada al cultivo D. marginata</i>	13
2.3.2.1 Manejo.....	13
2.3.2.2 Importancia de la vegetación asociada.....	14
2.4 Diversidad.....	16

2.4.1	<i>Definición de biodiversidad</i>	16
2.4.2	<i>Medición de la diversidad</i>	16
2.4.3	<i>Diversidad funcional</i>	18
3	Bibliografía	20
4	ARTÍCULO 1	29
4.1	Introducción	29
4.2	Metodología	29
4.2.1	<i>Área de estudio y manejo del material</i>	29
4.2.2	<i>Variables evaluadas</i>	31
	4.2.2.1 Tasa de crecimiento	31
	4.2.2.2 Contenido de nutrientes en el tejido foliar	32
4.2.3	<i>Modelo estadístico</i>	33
4.2.4	<i>Análisis estadístico</i>	34
4.3	Resultados	35
4.3.1	<i>Tasas de crecimiento de D. marginata con diferentes sistemas de fertilización</i>	35
	4.3.1.1 Altura de caña	35
	4.3.1.2 Diámetro de caña	35
	4.3.1.3 Altura de <i>tip</i>	36
	4.3.1.4 Diámetro de <i>tip</i>	37
4.3.2	<i>Contenido de nutrientes en tejido foliar de D. marginata con diferentes sistemas de fertilización</i>	37
	4.3.2.1 Potasio.....	37
	4.3.2.2 Fósforo	38
	4.3.2.3 Nitrógeno	39
	4.3.2.4 Magnesio.....	40
4.4	Discusión	42
4.4.1	<i>Tasas de crecimiento y contenido de nutrientes en tejido foliar de D. marginata</i>	42
4.5	Conclusión	44
4.6	Recomendaciones	45
4.7	Bibliografía	45
5	ARTÍCULO 2:	48
5.1	Introducción	48

5.2	Metodología.....	49
5.2.1	<i>Caracterización de arvenses y cercas vivas en el cultivo D. marginata.....</i>	49
5.2.1.1	Área de estudio.....	49
5.2.1.2	Selección de lotes.....	49
5.2.1.3	VARIABLES EVALUADAS.....	50
5.2.1.4	Modelo estadístico	53
5.2.1.5	Análisis de los datos.....	53
5.2.2	<i>Caracterización de poblaciones de arvenses en lotes de D. marginata con diferentes tamaños de corte</i>	54
5.2.2.1	Modelo estadístico	55
5.2.2.2	Análisis de los datos.....	56
5.3	Resultados.....	56
5.3.1	<i>Caracterización de la vegetación asociada al cultivo D. marginata y sus periferias</i>	56
5.3.1.1	Composición general de la comunidad vegetal.....	56
5.3.1.2	Composición y estructura de la comunidad vegetal por zona.....	57
5.3.1.3	Composición y estructura de la comunidad vegetal por época del año	60
5.3.1.4	Composición y estructura de la comunidad vegetal por punto muestreado	62
5.3.1.5	Diversidad funcional de la vegetación asociada a <i>D. marginata</i> y sus periferias	69
5.3.2	<i>Caracterización de poblaciones de arvenses en lotes de D. marginata con diferentes tamaños de corte</i>	75
5.3.2.1	Composición y estructura de la comunidad de arvenses en lotes con diferentes tamaños de corte.....	75
5.3.2.2	Diversidad funcional de los arvenses encontrados en lotes con diferentes tamaños de corte de <i>D. marginata</i>	77
5.4	Discusión	81
5.4.1	<i>Caracterización de la vegetación asociada al cultivo D. marginata y sus periferias</i>	81
5.4.1.1	Caracterización general.....	81
5.4.1.2	Caracterización por zona de estudio, época del año y puntos de muestreo	81
5.4.1.3	Caracterización de las cercas vivas.....	84
5.4.1.4	Caracterización de poblaciones de arvenses en lotes de <i>D. marginata</i> con diferentes tamaños de corte.....	85

5.4.1.5	Diversidad funcional.....	86
5.5	Conclusión.....	88
5.6	Recomendaciones.....	89
5.7	Bibliografía.....	91
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....	97
	ANEXOS.....	98
	Anexo 1. Análisis químico de suelo utilizado en el ensayo de fertilización.....	98
	Anexo 2. Procedimiento de digestión de la muestra de tejido vegetal para determinación de cobre, zinc, manganeso, hierro, calcio, magnesio, potasio, fósforo y azufre.....	98
	Anexo 3. Contenido de carbono, cobre, manganeso, hierro, calcio, en el tejido foliar del cultivo <i>D. marginata</i>	99
	Carbono.....	99
	Cobre.....	100
	Manganeso.....	101
	Hierro.....	102
	Calcio.....	103
	Zinc.....	105
	Anexo 4. Tabla de frecuencias absolutas (ni) y frecuencias relativas (fi) de la vegetación asociada al cultivo <i>D. marginata</i> en Costa Rica.....	106
	Anexo 5. Tabla de frecuencias absolutas (ni) y frecuencias relativas (fi) de las familias encontradas en el cultivo <i>D. marginata</i> en Costa Rica.....	107
	Anexo 6. Tabla de frecuencias absolutas (ni) y frecuencias relativas (fi) de las especies encontradas en el cultivo <i>D. marginata</i> por zona de estudio, Costa Rica.....	108
	Anexo 7. Tabla de frecuencias absolutas (ni) de las especies encontradas en el cultivo <i>D. marginata</i> por punto muestreado, Costa Rica, 2007.....	110

RESUMEN

El principal mercado de plantas ornamentales para Costa Rica es Estados Unidos. Sin embargo, este cuenta con estrictas regulaciones fitosanitarias para el ingreso de material vegetal de exportación. Debido a esto, gran cantidad de pequeños y medianos productores de *Dracaena marginata* se han visto afectados económicamente por las múltiples intercepciones causadas por plagas cuarentenarias. Con la firma del Tratado de Libre Comercio, existe una gran expectativa por parte del gobierno costarricense para la apertura de la comercialización de plantas mayores a 18 pulgadas. No obstante, para incursionar en este mercado se requiere de una tecnología limpia de producción que reduzca los problemas de plagas cuarentenarias.

El efecto de las prácticas agrícolas en las poblaciones de plagas ha sido mencionado por gran cantidad de autores. Por lo tanto, en este estudio se pretende generar recomendaciones de fertilización y manejo de la vegetación asociada, de forma tal que no interfieran con la calidad y desarrollo del cultivo. Los objetivos de estudio fueron: I) evaluar el efecto de diferentes sistemas de fertilización en la tasa de crecimiento y contenido de nutrientes del tejido foliar joven y maduro de *D. marginata*, II) caracterizar la vegetación asociada al cultivo de *D. marginata* var. verde y sus periferias, por riqueza, cobertura o densidad, biomasa y rasgos funcionales relacionados a cicadélidos y sus enemigos naturales, III) determinar el efecto que tiene la producción de diferentes tamaños de *D. marginata* en la caracterización de arvenses y sus rasgos funcionales relacionados a cicadélidos y sus enemigos naturales.

A partir de los ensayos realizados se logró determinar que la fórmula de fertilización 9-5-15 (reducción de la mitad de aporte de N aplicado por los productores) presentó las tasas de crecimiento más altas. En la caracterización de la vegetación asociada al cultivo en estudio se registraron 118 especies de plantas, las cuales fueron distribuidas en 44 familias. Las 12 familias más representadas fueron: Asteraceae, Poaceae, Euphorbiaceae, Cyperaceae, Fabaceae, Rubiaceae, Malvaceae, Scrophulariaceae, Solanaceae, Amaranthaceae, Piperaceae y Urticaceae por orden descendente. Las características de la vegetación asociada a *D. marginata* y sus periferias varían de acuerdo a la zona (San Carlos y Atlántico), época del año (seca y lluviosa) y punto de muestreo (dentro del lote, entre lotes, cercas vivas y drenajes),

presentándose la mayor riqueza de especies en San Carlos, durante la época lluviosa y dentro de los lotes. La variación en la composición de especies se observó principalmente entre zonas y puntos de muestreo. Se determinaron cinco grupos funcionales con los rasgos relacionados a cicadélidos y sus enemigos naturales. Además, la mayor diversidad funcional fue reportada en la Zona Atlántica. Al evaluar la comunidad de arvenses en lotes con diferentes tamaños de cortes de *D. marginata* se encontraron pocas variaciones entre estos. Las principales diferencias se observaron en riqueza, diversidad de especies y diversidad funcional, presentándose los valores más bajos en lotes con *tips* pequeños. Finalmente, con este trabajo se llenaron algunos vacíos de conocimiento del sistema de producción de *D. marginata*. Dicha información es una herramienta para el productor, la cual le facilita el entendimiento de su cultivo y le permite diseñar estrategias de manejo acordes a su entorno.

Palabras claves: contenido de nutrientes, tasas de crecimiento, arvenses, cercas vivas, diversidad, plagas, enemigos naturales, ornamentales, rasgos funcionales, Costa Rica.

SUMMARY

The main market for Costa Rican ornamental plants is the United States. However, strict phytosanitary regulations for the entry of plant material from other countries have economically affected many small and medium sized producers of *Dracaena marginata* because of multiple interceptions caused by quarantine pests which require fumigation or discarding of plant material. With the signing of the Central American Free Trade Agreement (CAFTA), the Costa Rican Government has great expectations to open this market to plants larger than 18 inches. In order to enter into this market ornamental farmers are required to maintain cleaner production technologies that reduce the problems of quarantine pests.

The effect of agricultural practices on the pest population has been mentioned by some authors. Therefore, this research is intended to generate fertilization and associate vegetation management recommendations, so it does not interfere with quality and crop development. The objective of this research was: I) to evaluate the effect of fertilization system on growth rate and nutrient content of the young and mature leaf tissue of *D. marginata*, II) to characterize the vegetation associated with *D. marginata* and its surroundings, by richness, cover density, biomass, and plant functional traits related to cicadellids and their natural enemies, III) to determine the effect of producing different sizes of *D. marginata* on the characterization of weeds and their plant functional traits.

Based on the trials, it was determined that the fertilizer formula 9-5-15 had the highest growth rate. A total of 118 species of plants associated with *D. marginata* were recorded, distributed among 44 families. The 12 most representative families were: Asteraceae, Poaceae, Euphorbiaceae, Cyperaceae, Fabaceae, Rubiaceae, Malvaceae, Schrophulariaceae, Solanaceae, Amaranthaceae, Piperaceae and Urticaceae in descending order. The characteristics of the vegetation associated with *D. marginata* and its surroundings varied according to region (San Carlos and Atlantic Zone), season (rain and dry) and sampling points (within lots, between lots, drainage and live fences). The highest species richness was found in San Carlos, during the rainy season and within lots. The variation in species composition was mainly observed among areas and sampling points. Five plant functional groups were identified and greater functional diversity was reported in the Atlantic zone.

Little variation was found in the weed communities among lots of different sizes of *D. marginata*. The main differences were observed in richness, species diversity and functional diversity. The lowest values were reported in lots with small sizes. Finally, this work has been able to fill some gaps about the production system of *D. marginata*. This information can be used as tools for producers, which provide the understanding of its crops and lets them design management strategies consistent with their environment.

Keywords: nutrient content, grow rate, weeds, live fences, diversity, pests, natural enemies, ornamentals, functional traits, Costa Rica.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estimación de nutrientes extraídos por cosecha en una hectárea cultivada con <i>D. marginata</i> para la producción de tips de 76 cm, Costa Rica.....	9
Cuadro 2. Niveles del contenido de nutrientes en follaje de <i>D. marginata</i>	10
Cuadro 3. Tratamientos aplicados a las plantas de <i>D. marginata</i> para determinar el efecto de tasas de crecimiento y contenido de nutrientes con diferentes concentraciones y formas de aplicación de N y K.	31
Cuadro 4. Índices de diversidad de especies, porcentaje de cobertura y biomasa para la Zona Atlántica y San Carlos, Costa Rica, 2007.	60
Cuadro 5. Índices de diversidad en especies, porcentaje de cobertura y biomasa durante la época seca y lluviosa, Costa Rica, 2007.....	62
Cuadro 6. Índices de diversidad en especies, porcentaje de cobertura y biomasa en los puntos drenajes (Dr), entre lotes (EL) y dentro del lote (DL) del cultivo <i>D. marginata</i> , Costa Rica, 2007.....	67
Cuadro 7. Índices de diversidad de especies encontradas en las cercas vivas del cultivo <i>D. marginata</i> , las cuales se localizan en la Zona Atlántica y San Carlos, Costa Rica, 2007.....	69
Cuadro 8. Tablas de contingencia con el valor p del estadístico Chi cuadrado de Pearson para los rasgos funcionales de la vegetación asociada a <i>D. marginata</i> según la clasificación de las especies por los cinco grupos funcionales definidos con el análisis de conglomerados.....	71
Cuadro 9. Índices de diversidad de porcentaje de cobertura, biomasa y especies de arvenses encontradas en lotes de <i>D. marginata</i> con diferente tamaño de corte, Costa Rica, 2007.....	77
Cuadro 10. Análisis de tablas de contingencia con el valor p del estadístico Chi cuadrado de Pearson para los rasgos funcionales de los arvenses encontrados en lotes destinados a la producción de diferentes tamaños de corte de <i>D. marginata</i> según la clasificación de las especies por los cinco grupos funcionales definidos con el análisis de conglomerados.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Método de medición de las variables asociadas a tasas de crecimiento de <i>D. marginata</i>	32
Figura 2. Método de la toma muestral compuesta de la variable contenido de nutrientes en tejido foliar de <i>D. marginata</i>	33
Figura 3. Tasas de crecimiento de altura de planta (cm) en <i>D. marginata</i> con diferentes sistemas de fertilización.	35
Figura 4. Tasas de crecimiento para la variable diámetro de planta (mm) en <i>D. marginata</i> con diferentes sistemas de fertilización.....	36
Figura 5. Tasas de crecimiento para la variable altura del <i>tip</i> (cm) en <i>D. marginata</i> con diferentes sistemas de fertilización.....	36
Figura 6. Tasas de crecimiento para la variable diámetro del <i>tip</i> (mm) en <i>D. marginata</i> con diferentes sistemas de fertilización.....	37
Figura 7. Porcentaje de potasio en el tejido foliar joven (a) y maduro (b) de <i>D. marginata</i> con diferentes sistemas de fertilización.....	38
Figura 8. Porcentaje de fósforo en el tejido foliar joven (a) y maduro (b) de <i>D. marginata</i> con diferentes sistemas de fertilización.....	39
Figura 9. Porcentaje de nitrógeno en el tejido foliar joven (a) y maduro (b) de <i>D. marginata</i> con diferentes sistemas de fertilización.....	40
Figura 10. Porcentaje de Magnesio en el tejido foliar joven (a) y maduro (b) de <i>D. marginata</i> con diferentes sistemas de fertilización.....	41
Figura 11. Ubicación del área de estudio en la Zona Atlántica y San Carlos. Fuente: http://www.guiascostarica.com/mgeo1.gif	49
Figura 12. Método de muestreo utilizado para la caracterización de cercas vivas (D) y arvenses ubicados en el interior del cultivo (A), drenaje (B) y entrecalle (C).	50
Figura 13. Tamaños de corte de <i>D. marginata</i> var verde mayor a 45 pulgadas, entre 25 y 40 pulgadas y menor a 18 pulgadas.....	55
Figura 14. Familias más representativas por número de especies encontradas en el cultivo <i>D. marginata</i> y sus periferias, Costa Rica, 2007.....	57

Figura 15. Curva de acumulación de especies asociadas al cultivo <i>D. marginata</i> según número de lotes muestreados en la Zona Atlántica y San Carlos, Costa Rica, 2007.	58
Figura 16. Curva de rango abundancia del logaritmo de la abundancia relativa de especies asociadas al cultivo <i>D. marginata</i> en la Zona Atlántica y San Carlos, Costa Rica, 2007.	59
Figura 17. Curva de acumulación de especies asociadas al cultivo <i>D. marginata</i> según número de lotes muestreados durante la época seca y lluviosa, Costa Rica, 2007.	60
Figura 18. Curva de rango abundancia del logaritmo de la abundancia relativa de especies asociadas al cultivo <i>D. marginata</i> durante la época seca y lluviosa, Costa Rica, 2007.	61
Figura 19. Curva de acumulación de especies asociadas al cultivo <i>D. marginata</i> según número de lotes muestreados en los drenajes (Dr), entre lotes (EL) y dentro del lote (DL), en la Zona Atlántica y San Carlos, Costa Rica, 2007.	64
Figura 20. Curva de rango abundancia del logaritmo de la abundancia relativa de especies asociadas al cultivo <i>D. marginata</i> en las áreas de drenaje, dentro del lote y entre lotes, en la Zona Atlántica y San Carlos, Costa Rica, 2007.....	65
Figura 21. Curva de acumulación de especies asociadas al cultivo <i>D. marginata</i> según número de lotes muestreados en las cercas vivas, Costa Rica, 2007.....	68
Figura 22. Curva de rango abundancia del logaritmo de la abundancia relativa de especies asociadas al cultivo <i>D. marginata</i> en las cercas vivas, Costa Rica, 2007.	69
Figura 24. Proporción y frecuencia de especies encontradas A) por zona de estudio, B) época del año y C) punto de muestreo, en los cinco grupos funcionales definidos tomando en cuenta rasgos relacionados a cicadélidos y sus enemigos naturales, Costa Rica, 2007.	74
Figura 25. Curva de acumulación de especies de arvenses en lotes con diferentes tamaños de corte de <i>D. marginata</i> , Costa Rica, 2007.	75
Figura 26. Curva de rango abundancia del logaritmo de la abundancia relativa de especies de arvenses en lotes destinados a la producción de diferentes tamaños de corte de <i>D. marginata</i> , Costa Rica, 2007.....	76
Figura 27. Distribución de las especies de arvenses encontradas en lotes con diferentes tamaños de corte de <i>D. marginata</i> , por grupos funcionales definidos tomando en cuenta rasgos relacionados a cicadélidos y sus enemigos naturales, Costa Rica, 2007.	80

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El sector agrícola ha jugado un papel preponderante en la economía de Costa Rica. Para el 2005, representó el 21% del total de exportaciones, logrando un crecimiento del 5.5% con respecto al año anterior (PROCOMER 2006). Durante mucho tiempo, dicha economía estuvo basada en cinco productos básicos: café, banano, carne, azúcar y cacao. Sin embargo, a partir de 1980 el gobierno adoptó la diversificación de la producción como política de desarrollo, lo cual provocó el progreso de otros productos como lo son las plantas ornamentales (Morera 1994).

La actividad de plantas ornamentales inició en Costa Rica durante los años 60, pero en 1984 se establecieron en el país una serie de incentivos para el fomento de sus exportaciones. Dentro de estos incentivos se pueden citar: los CAT (Certificado de Abono Tributario) y el contrato de exportación, que exoneraba a las empresas exportadoras del pago de impuestos sobre la renta y eximia de impuestos para la importación de materias primas y bienes de capital. Además, en 1986 CINDE (División Agrícola de la Coalición Costarricense de Iniciativas para el Desarrollo) inició un proyecto de apoyo técnico dirigido a productores, lo que permitió mejorar la productividad (Cortés 1994).

Las plantas ornamentales, en la actualidad, representan el 5.1% del total de las exportaciones del sector agrícola. Se exportan US\$ 160 millones (PROCOMER 2005) de los cuales un 37% corresponde a plantas de follaje (COMEX 2003); por lo tanto, dicha actividad es una fuente importante de divisas para el país. Además, genera empleo para grupos vulnerables de zonas rurales, ya que cerca de un 75% de las personas empleadas en esta área son mujeres (Cortés 1994). También son una buena oportunidad de negocios para micro empresarios, por ejemplo, en la producción de *Dracaena* participan 500 medianos y pequeños productores, de los cuales un 82% cuentan con un área de producción menor a 5 ha (CSP 2007).

De las plantas ornamentales que exporta Costa Rica, un 43% tienen como destino Estados Unidos de Norte América (PROCOMER 2004). Por lo tanto, la firma del TLC (Tratado de Libre Comercio) genera gran expectativa, ya que dentro del marco de negociación, una de las prioridades del gobierno de Costa Rica es la apertura del mercado.

Con esta apertura comercial se espera vender plantas de *Dracaena* mayores a 18 pulgadas y de edades superiores a dos años (CSP 2005). Dicha restricción fue establecida por los Estados Unidos para disminuir el riesgo de dispersión de plagas y se apoya en el MSF (Acuerdo sobre Medidas Sanitarias y Fitosanitarias) y el OMC (Acuerdo de Obstáculos Técnicos al Comercio de la Organización Mundial de Comercio) (CSP 2005).

Después de múltiples esfuerzos, se acordó una expansión del mercado hasta alturas de 54 pulgadas, lo que podría significar un incremento anual en las exportaciones de US\$ 150 millones y una mayor competitividad frente a los mercados internacionales. Sin embargo, Costa Rica debe cumplir con la realización de un estudio de Análisis de Riesgo de Plagas y la puesta en marcha de un Programa de Material Propagativo Sano, conocido por sus siglas en inglés como CSP (*Clean Stock Program*), el cual consiste en programas de manejo, inspección y certificación para las plantas ornamentales (CSP 2005).

1.2 Justificación

Gran cantidad de medianos y pequeños exportadores costarricenses dependen de la producción de la ornamental *Dracaena* spp. para sostener a sus familias. Sin embargo, se han visto afectados económicamente con las repetidas intercepciones del producto al llegar a los puertos de Estados Unidos. Entre 1984 y 2004, se presentaron 7000 intercepciones, lo que representa un 30% del total de productos agrícolas interceptados. El motivo de dichas intercepciones fue la presencia de plagas cuarentenarias en particular los cicadélidos, tetigónidos, escamas y moluscos que provocan más del 75% de las intercepciones (USDA 2005).

Con el establecimiento del CSP se pretende crear una tecnología limpia para la producción de material propagativo sano de *D. marginata*, la especie de este género más interceptada. El fin es minimizar el riesgo de ingreso de plagas a Estados Unidos y evitar pérdidas económicas por intercepciones. Además, se procura lograr para Costa Rica, la apertura de mercados de *Dracaena*, ya que actualmente la regulación fitosanitaria restringe la entrada de plantas de esta familia con dimensiones mayores a 18 pulgadas y mayores de dos años. Este es un nicho de mercado latente, ya que empresas ornamentales de Florida han tenido múltiples pérdidas generadas a causa de desastres naturales. Por dicha razón, existe un

gran interés de comprar material propagativo de mayor tamaño para así invertir menos tiempo en el crecimiento de las plantas y reducir pérdidas.

Para poder incursionar en este mercado se requiere producir material de calidad y libre de plagas cuarentenarias, por lo tanto, la evaluación del efecto de las prácticas de manejo es necesaria. Prado (2006) encontró que existe una asociación directa con la aplicación de fertilizantes y la presencia de plagas y una asociación inversa con la frecuencia de deshierbes. En este estudio se pretende conocer más a fondo algunos sistemas de fertilización para la producción de *D. marginata* y las características de la vegetación asociada a dicho cultivo.

1.2.1 Objetivo general

Establecer sistemas de fertilización y caracterizar la vegetación asociada al cultivo de *Dracaena marginata* y sus periferias, de forma tal que se contribuya a la producción de material propagativo sano (vigoroso, de calidad y libre de plagas).

1.2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de diferentes sistemas de fertilización en la tasa de crecimiento y contenido de nutrientes del tejido foliar joven y maduro de *D. marginata*.
- Caracterizar la vegetación asociada al cultivo de *D. marginata* var. verde y sus periferias, por riqueza, cobertura o densidad, biomasa y rasgos funcionales relacionados a cicadélidos y sus enemigos naturales.
- Determinar el efecto que tiene la producción de diferentes tamaños de *D. marginata* en la caracterización de arvenses, por riqueza, cobertura o densidad, biomasa y rasgos funcionales relacionados a cicadélidos y sus enemigos naturales.

1.3 Hipótesis del estudio

- La tasa de crecimiento de *D. marginata* presenta diferencias de acuerdo al sistema de fertilización empleado.
- El contenido de nutrientes en el tejido de *D. marginata* varía de acuerdo al aporte de nutrientes por fertilización.

- El contenido de nutrientes en el tejido foliar varía de acuerdo al estrato en que se ubican las hojas, ya que nutrientes como N y K se movilizan de los órganos maduros a los más jóvenes.
- Las características de la vegetación asociada al cultivo de *D. marginata* y sus periferias varía según la época del año (temporada seca y lluviosa) y zona de estudio (Zona Atlántica y San Carlos).
- La vegetación asociada al cultivo *D. marginata* y su periferia difieren entre las áreas ubicadas en el interior del cultivo, en las entrecalles y en drenajes.
- La composición de las cercas vivas del cultivo *D. marginata* difiere entre zona de estudio (Zona Atlántica y San Carlos).
- El tamaño de material de corte en *D. marginata* tiene una influencia en las características de la población de arvenses.

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 El cultivo de *Dracaena marginata*

2.1.1 Botánica

Las plantas del género *Dracaena* son monocotiledoneas y pertenecen a la familia dracaenaceae del orden liliales (Watson y Dallwitz 2007). Estas son plantas policárpicas, arborescentes u ocasionalmente arbustivas con tallos gruesos y leñosos. Sus hojas son sésiles, delgadas, coriáceas y con márgenes enteros, las cuales están distribuidas en rosetas densas ubicadas en la punta de las ramas. La inflorescencia es una panícula o racimo alargado con brácteas escariosas; pedicelos articulados; flores bisexuales, estambres insertados en la base de los lobos, anteras dorsifijas, ovario súpero, estilo filiforme, estigma más o menos capitado y pequeño (Missouri Botanical Garden 1994).

Las *Dracaenas* son originarias de África y Asia, pero crecen en la mayoría de regiones tropicales del mundo (Colpetzer 2005). Hay aproximadamente 40 especies descritas de *Dracaena*, pero solamente seis de ellas se producen comercialmente: *D. deremensis*, *D. fragrans*, *D. godseffiana*, *D. marginata*, *D. reflexa* y *D. sanderiana* (Chen et ál. 2002). *D.*

marginata es conocida como *Dragon tree* y proviene de la isla de Madagascar (University of Florida 2006).

2.1.2 Mercado

D. marginata es una planta de follaje ampliamente utilizada en paisajes interiores debido a que puede crecer bajo sombra, requiere de un cuidado mínimo y cuentan con una amplia diversidad de colores, formas y tamaños (Chen et ál. 2002). Esta planta tradicionalmente se comercializa como hijos (*tips*), sin embargo, la demanda del mercado está creciendo para otro tipo de productos como lo son las rectas, candelabros, múltiples, *character* y *stumps* (Acuña et ál. 1992). La mayor parte de la producción se comercializa mediante intermediarios, los cuales venden las plantas a viveristas que se encargan de darle una mejor presentación al producto y distribuirlo en los puestos de venta en diferentes estados y países (Cortés 1994).

La producción de *Dracaena* sp. en los Estados Unidos se concentra en Florida y Hawaii (DeNeve 1999). Sin embargo, en Florida año a año se generan pérdidas económicas importantes a causa de huracanes. Así por ejemplo, con el huracán Andrew (1992), la industria ornamental del condado de Dade (Florida) fue devastada, ya que la tormenta dañó o destruyó cerca de 526 ha de invernaderos y 1619 ha de viveros. Este desastre provocó pérdidas de aproximadamente US\$ 206 millones, que incluyen pérdidas de inventario, de infraestructura y equipo, valor de tiempo de ventas y limpieza (Hull y Hodges 1993). Además, en dichos lugares, el costo de la tierra es muy elevado, lo cual incrementa los costos de producción.

2.1.3 Condiciones ecológicas para la producción

D. marginata se cultiva a pleno sol, pero cuando se desean producir hijos de mejor calidad en lugares donde la intensidad lumínica es muy alta (como en el caso del Valle Central de Costa Rica) es aconsejable utilizar entre 50 y 60% de sombra. La intensidad lumínica debe ser de 5000 a 6000 candelas pie^{-1} (Fernández 1989). En Costa Rica, no hay zonas de cultivo definidas, puesto que se siembra en lugares con condiciones climatológicas muy diferentes. Así por ejemplo, la altitud de distribución de esta planta en Costa Rica varía desde pocos metros sobre el nivel del mar (Guanacaste, Limón y San Carlos) hasta 1200 msnm en el Valle Central (Acuña et ál. 1992).

De acuerdo con Gilman (1999) esta planta puede tolerar sequía y desarrollarse en una amplia variedad de suelos, sin embargo se recomiendan aquellos con buen contenido de materia orgánica, suficiente humedad y pH entre 5.5 y 6.3. Otros factores a tomar en cuenta son la temperatura, la precipitación y humedad relativa, ya que el mejor crecimiento de la planta se da cuando hay oscilaciones de temperatura diarias entre los 24 y 32 °C, promedios de precipitación anuales de 3000 mm bien distribuidos y humedad relativa promedio entre el 90 y 95% (PROEXANT 2006).

2.2 Cicadellidae: Principal plaga insectil de importancia cuarentenaria en el cultivo de *D. marginata*

La familia Cicadellidae pertenece al orden homóptera y son comúnmente llamados chicharritas, salta hojas o cigarritas. Un 38% de las intercepciones de *D. marginata* en los puertos de Estados Unidos son causadas por la presencia de este insecto cuarentenario y los géneros con mayor importancia son *Empoasca* y *Oncometopia* (CSP 2007). Los adultos y ninfas utilizan como fuente de alimento la savia de las hojas, yemas y de algunas frutas, lo que puede causar un punteo pálido, amarillamiento o una distorsión en el crecimiento de las hojas jóvenes (Saunders et ál. 1998). Además algunas especies son transmisoras de enfermedades causadas por fitoplasmas y virus (Davies 1991).

La mayoría de los cicadélidos se alimentan del xilema de la planta, cuyo fluido es pobre en nutrientes. Este líquido está compuesto por un 95% de agua con pequeñas cantidades de moléculas orgánicas e inorgánicas. Los aminoácidos glutamina, arginina y asparragina, así como los ácidos cítricos, málicos y oxálicos están presentes en el xilema, pero en concentraciones más bajas que en otros tejidos finos de la planta. Para lograr su desarrollo y éxito reproductivo, estos insectos deben tener altas tasa de consumo; por lo tanto, su sistema digestivo funciona como un filtro que asimila los nutrientes y excreta el 99% de lo consumido (University of Florida 2007).

Según Hidalgo et ál. (1999), la familia Cicadellidae reúne un gran número de especies que habitan preferentemente en gramíneas; algunas de ellas presentan especificidad por una determinada planta, aunque generalmente tienen más de un hospedante. Se ha reportado que individuos de esta familia utilizan para su alimentación cultivos como *Phaseolus vulgaris* (Segnini y Montagne 1986), *Vitis* spp. (Andersen et ál. 2005), *Medicago sativa* (Lamp et ál. 2004), *Asymmetrasca decedens* (Torres et ál. 1998) y otros, causando problemas en la

producción. Estos insectos presentan un rango muy amplio de hospedantes que a menudo incluyen arvenses; desafortunadamente se conoce poco sobre la relación de estos insectos con sus plantas hospederas (Godoy 2007).

Los cicadélidos en su etapa adulta son muy móviles y están adaptados para el salto, lo cual les permite trasladarse de un hospedante a otro con facilidad (Davies 1991). Estos individuos cuentan con gran amplitud ecológica, ya que migran de plantas cultivadas a silvestres y viceversa sin presentar solapamiento entre sus hábitat (Hidalgo et ál. 1999).

La distribución espacial de los cicadélidos está determinada en gran parte por factores ambientales como temperatura y humedad, los cuales condicionan el incremento o disminución de poblaciones en determinadas épocas del año (Hidalgo et ál. 1999). En Costa Rica, se ha reportado un aumento en las infestaciones de homópteros de la familia Cicadellidae durante la época lluviosa (Novoa y Badilla 1985). Por lo tanto, se podría inferir que la alta humedad contribuye a crear condiciones aptas para el desarrollo de estos insectos. Al correlacionar la densidad poblacional de cicadélidos con la temperatura ambiental en un cañal en Cuba se determinó una relación inversamente proporcional, presentándose la mayor abundancia de insectos a una temperatura de 22.5 °C (Hidalgo et ál. 1999).

Los cicadélidos figuran como una de las principales razones por las cuales se intercepta material de *D. marginata* en los puertos de Estados Unidos, ya que estos ovopositan en el follaje de dicha planta ornamental. Los individuos pertenecientes a esta familia normalmente requieren de diferentes especies de plantas para suplir sus necesidades básicas. Así por ejemplo, se encontró que *Attenuipiga Vanduzeei* (Homóptera: cicadellidae) presenta una preferencia por *Sporobolus heterolepis* como refugio y por *Bouteloua curtipendula* para ovopositar (Sauer y Maurer 2001). Pocos son los estudios realizados en las características de las plantas que pueden atraer a estos insectos. Sin embargo, el contenido de nutrientes puede ser un factor importante, ya que la ovoposición de *Empoasca fabae* fue correlacionada positivamente con el contenido de nitrógeno foliar (Bentz y Townsend 2003).

Usualmente para el control de esta plaga se utilizan agroquímicos, los cuales además de tener innumerables consecuencias negativas en la salud humana y el ambiente generan un efecto depresor de las poblaciones de enemigos naturales. Los parasitoides son muy susceptibles a insecticidas de amplio espectro tales como organofosforados, carbamatos y piretroides sintéticos. Por lo tanto, al reducir las poblaciones de la entomofauna benéfica

podrían ejercer un resurgimiento acelerado del organismo que se desea eliminar y otras plagas (University of Wisconsin 2006).

Se reporta que los huevos de cicadélidos pueden ser parasitados por especies de varias familias particularmente Eulophidae, Platygasteridae, Mymaridae, Trichogrammatidae, Chalcididae, Encyrtidae, Dryinidae, Pipunculidae, Epipyropidae y Strepsiptera (Prado 2006). Virla et ál. (2005) indican que *Gonatocerus tuberculifemur* (Mymaridae) logró un 71% de parasitismo en huevos de *Homalodisca coagulata* (Cicadellidae). Sin embargo, para lograr buenos índices de parasitismo se requiere mantener condiciones favorables para la entomofauna benéfica, de forma tal que les permita suplir sus necesidades de refugio, alimentación y hospederos para ovoposición. De acuerdo con Williams y Martinson (2000) plantas cultivadas o silvestres pueden jugar un papel importante en la biología de los parasitoides.

2.3 Fertilización y vegetación asociada al cultivo como prácticas agrícolas de importancia para la producción de material propagativo sano de *D. marginata*

2.3.1 Fertilización

2.3.1.1 Necesidades del cultivo

Para lograr una buena tasa de crecimiento en un cultivo se deben suplir sus necesidades nutricionales, sin embargo, para el caso de *Dracaena* estas necesidades han sido poco estudiadas (McConnell et ál. 2006). Los requisitos nutricionales totales del cultivo van a depender del rendimiento potencial, por lo tanto, para la determinación empírica de estos valores se debe determinar la concentración de nutrientes en la estructura de la planta.

Durante la etapa de producción de *D. marginata*, se eliminan las hojas maduras, esto con el objetivo de reducir el exceso de follaje y facilitar el control de plagas. Además, las plantas están sujetas a una constante cosecha de producto. Por lo tanto, para mantener un buen rendimiento del cultivo y sostenibilidad del recurso suelo, se deben reponer todos estos nutrientes que salen del sistema.

Bertsch (2005) estimó la concentración de N-P-K en *tips* de *D. marginata* de 76 cm y encontró que un *tip* completo contiene 1.95 g de N, 0.15 g de P y 3.14 g de K. Con esta información se fijó la salida de nutrientes del sistema por cosecha (Cuadro 1), la cual sirve de

parámetro para la elaboración de un plan de fertilización, ya que indica la mínima cantidad de nutrientes que deben ser incorporados para mantener la sostenibilidad del agroecosistema.

Cuadro 1. Estimación de nutrientes extraídos por cosecha en una hectárea cultivada con D. marginata para la producción de tips de 76 cm, Costa Rica

Caracterización del peso de <i>tip</i>			Peso medio de un <i>tip</i> en gramos		
Plantas/ha	<i>Tips</i> /planta	<i>Tips</i> /ha	Pf total	Ps total	% humedad
22000	5	111000	669	129	81
Análisis químico de <i>tips</i> de 76 cm					
Porcentaje de nutrientes en tejido			N (%)	P (%)	K (%)
Punta			2.44	0.16	2.42
Caña			0.98	0.10	2.61
Raíz			1.06	0.12	1.87
Cantidad de nutrientes que salen del campo en los <i>tips</i> de 76 cm cosechadas (g)					
Tejido	Peso seco		N	P	K
Punta	46		1.12	0.07	1.11
<i>Tip</i>	65		0.64	0.06	1.70
Raíz	18		0.19	0.02	0.33
<i>Tip</i> completo	129		1.95	0.15	3.14
Planta completa (5 <i>tips</i>)	645		9.75	0.75	15.7
Total en 22000 plantas/ha	14190 kg		213 kg	17 kg	346 kg

Fuente: Bertsch (2005).

Una vez formulado el programa de fertilización, el análisis del contenido de nutrientes es una herramienta útil para la identificación de deficiencias o excesos de nutrientes, aún cuando no se hayan presentado síntomas visuales en la planta. Además permite evaluar la respuesta de fertilización en el cultivo (Cuadro 2). Esta técnica de diagnóstico de las necesidades nutritivas de la planta normalmente se realiza en el tejido foliar, ya que es el órgano principal donde se elaboran las sustancias de crecimiento y por lo tanto refleja mejor el estado nutricional de la planta (Bertsch 1995).

Cuadro 2. Niveles del contenido de nutrientes en follaje de *D. marginata*

Elemento	Deficiente	Bajo	Satisfactorio	Alto	Excesivo
Macro (%)	(menor que)				(mayor que)
N	0.18	1.9-2.1	2.2-3.2	3.3-4	4.10
S	0.11	0.12-0.19	0.2-0.4	0.41-0.65	0.66
P	0.14	0.15-0.17	0.18-0.4	0.41-0.75	0.76
K	1.25	1.3-1.75	1.8-3.5	3.55-4.5	4.55
Mg	0.14	0.15-0.19	0.2-0.5	0.51-0.8	0.81
Ca	0.59	0.6-0.99	1-2.5	2.51-3.5	3.51
Micro (ppm)					
Fe	0.29	30-40	40-300	301-500	501
Mn	0.34	35-39	40-300	301-500	501
B	14	16-17	18-60	61-100	101
Cu	4	5-7	8-50	51-200	201
Zn	14	15-19	20-200	201-400	401

Fuente: Acuña et ál. (1992).

El elemento más deficiente de los suelos es el N, el cual es absorbido por la planta en dos formas iónicas que son nitrato (NO_3) y amonio (NH_4). El N le permite a la planta mantener la capacidad de fotosintetizar y producir, debido a que está asociado a los procesos metabólicos de síntesis proteica, respiración y fotosíntesis (Havlin et ál. 1999, Swank et ál. 1982). Por dicha razón, el N se encuentra muy relacionado con el crecimiento, desarrollo y rendimiento alcanzado por el cultivo.

White y Scoggins (2005), al evaluar el efecto de fertiirrigación en el crecimiento de *Tradescantia virginiana* con cuatro tratamientos cuyos aportes de N eran 0, 100, 200 y 300 mg l^{-1} , encontraron que esta planta presenta mayores rangos de crecimiento y contenido de peso seco con la aplicación de 100 y 200 mg l^{-1} de N. Mientras que, el tratamiento de 300 mg l^{-1} provocó un estancamiento en el desarrollo de la planta. Un comportamiento similar reportan Whipker et ál. (1999) al medir tasas de crecimiento de *Impatiens walleriana*. Por lo tanto, déficit o excesos de nutrientes, pueden provocar efectos no deseados en el crecimiento de la planta.

Las plantas con un exceso de N se caracterizan por mantener un color verde acentuado, tejidos suculentos, abundancia de follaje (Bertsch 1995), sistema radical poco desarrollado y por consiguiente, con una alta proporción parte aérea-raíz. Se desconocen las razones del incremento de la parte aérea, pero sin duda la translocación de azúcares hacia las raíces se ve

afectada de alguna forma, quizás a causa de un desequilibrio hormonal (Salisbury y Ross 1992). Los excesos de N pueden provocar problemas en la producción debido a que propician el volcamiento y alargan el ciclo vegetativo de los cultivos (Bertsch 1995).

El N, al estar presente en compuestos esenciales como aminoácidos (enzimas y proteínas estructurales), ácidos nucleicos, citocromos, clorofila y otros, puede tener efectos evidentes en la planta si no está disponible en las cantidades necesarias (Bertsch 1995). Las plantas con deficiencias de N muestran algunos síntomas, los cuales consisten principalmente en retraso del crecimiento y clorosis general, especialmente en las hojas más viejas. En casos severos, las hojas se tornan amarillas y posteriormente se queman. Por otra parte, las hojas jóvenes permanecen verdes por un tiempo más prolongado, debido a que reciben formas solubles de N provenientes de las hojas con mayor madurez (Salisbury y Ross 1992).

El K es absorbido en forma iónica (K^+) y a diferencia de otros nutrientes como el N y el P, este no forma compuestos orgánicos en la planta (Agropec.Star 2006). Su función principal está relacionada fundamentalmente con los procesos metabólicos de respiración, fotosíntesis, regulación osmótica e hídrica de la planta, mantenimiento de la electronegatividad celular y la permeabilidad de las membranas. Además, es un activador enzimático que permite la síntesis proteica y el metabolismo de carbohidratos, así como también está involucrado en el transporte de azúcares vía floema (Bertsch 1995) y en la translocación de materiales pesados como el hierro (Agropec.Star 2006).

El K, por las múltiples funciones que cumple en la planta, es un elemento esencial para el crecimiento. Jay y White (1974) reportan que en *Chrysanthemums* sp. los tratamientos con mayores niveles de aplicación de K mostraron incrementos en las variables altura, peso fresco y peso seco de la planta. Sin embargo, recomiendan no aplicar este elemento de forma excesiva, ya que podría inducir deficiencias en elementos antagonistas como Ca, Mg y N. Resultados similares se presentaron en el cultivo de caña de azúcar, donde la aplicación de K afectó positivamente los parámetros de crecimiento (diámetro, altura de tallo y número de entrenudos) medidos en la caña y sus rebrotes; así como también, incrementó los rendimientos de producción (El-Tilib et ál. 2004).

Cuando existe una deficiencia de K, la planta tiende a reducir la fotosíntesis e incrementar la respiración provocando una disminución de carbohidratos acumulados. Esto puede generar consecuencias adversas en el crecimiento y producción de la planta

(Agropec.Star 2006). De acuerdo con Salas et ál. (1991) los síntomas de deficiencia de K en *Dracaena deremensis* son puntas necróticas sobre una franja clorótica en la parte basal de las hojas. Estos síntomas son visibles inicialmente en las hojas viejas, ya que el ión K^+ se redistribuye con facilidad de los órganos maduros a los más jóvenes (Salisbury y Ross 1992).

Se han realizado investigaciones donde se demuestra que al mantener una adecuada cantidad de K en la planta ésta soporta mejor el estrés ocasionado por factores tales como sequía, altas temperaturas, enfermedades e insectos (PPI 2006). Además, se ha reportado que una adecuada fertilización potásica permite una eficiente utilización de otros nutrientes. Así por ejemplo, suelos con contenidos adecuados de K mantienen una menor cantidad de nitrato susceptible a lixiviación y ayudan en la fijación simbiótica de N (Villar 2004).

Para la producción de *D. marginata* se recomienda mantener una relación de N:P:K de 3:1:2 o 3:1:3 partiendo de una disponibilidad de 600 kg ha^{-1} por año de N, cuya cantidad toma en cuenta las pérdidas de nutrientes en campo (McConnell et ál. 2006). Si el objetivo es producir cañas, la cantidad de N puede disminuirse a partir del segundo año en un 25% (Acuña et ál. 1992). Además, se propone reducir la fertilización en un 50% o interrumpirla un mes antes de la exportación (McConnell et ál. 2006).

En caso de que se encuentren deficiencias en los análisis foliares, una forma rápida y efectiva de corregirlas puede ser mediante aplicaciones foliares. Aunque *D. marginata* cuenta con una ancha capa cerosa, responde de manera positiva a la fertilización foliar, siendo esta un buen complemento de la fertilización al suelo. Algunos de los fertilizantes que se aplican foliarmente son el sulfato de magnesio, urea, nitrato de potasio, fórmulas completas N:P:K y micro elementos en forma de quelatos (Acuña et ál. 1992).

2.3.1.2 Efecto en las plagas

El uso excesivo de fertilizantes puede causar desbalances de nutrientes y reducir la resistencia de las plantas. Se han realizado estudios que indican una relación entre el contenido de N y K en los tejidos de las plantas y la incidencia de plagas. Acuña et ál. (1992), recomienda que el aporte de N para la producción de *D. marginata* no debe excederse de 60 kg ha^{-1} por aplicación, debido a que si esto ocurre las plantas se vuelven más suculentas, se induce la presencia de plagas e incrementan los problemas por deshidratación durante el transporte a los mercados meta.

El N es un factor alimenticio clave en el crecimiento, reproducción y supervivencia de los artrópodos. Se encontró que contenidos altos de N en el tejido de *Euphorbia pulcherrima* provocaron mayor ovoposición de *Bemisia tabasi* (Homóptera), lo cual se puede deber a la respuesta de señales emitidas por la planta debido a los cambios de concentraciones de nutrientes en el tejido (Bentz et ál. 1995). Además, en dicho estudio se observó una mayor mortalidad de los juveniles que nacieron en tratamientos con baja fertilización o sin fertilización, esto se le atribuye a limitaciones nutricionales. Anteriores investigaciones determinaron que en plantas de algodón, conforme aumentan las cantidades de fertilizantes nitrogenados, incrementan los niveles de proteína soluble en las plantas, las cuales evidenciaron una relación entre el número de inmaduros y adultos de *Bemisia argentifolii* (Bi et ál. 2003). Resultados similares fueron observados en cultivos de *Platanus occidentales* con la presencia de poblaciones del cídrido *Erythroneura lawsonii* (Coyle y Bentz 2006).

En el cultivo de col de Bruselas se realizó un estudio en el cual la fecundidad y el índice reproductivo de *Myzus persicae* fueron afectados por los niveles de fertilización con N y P (Van Emden 1966). Un aumento en N y la disminución de K dio lugar a un incremento en niveles solubles de N en las hojas, lo cual permite al insecto alimentarse mejor y tener un mayor éxito reproductivo. Por otra parte, Singh y Williams (2002) indicaron que con el aporte de K mediante fertilización, se logró reducir la severidad de la enfermedad de manchado de la hoja (causada por el hongo *Pseudopeziza medicaginis*) en alfalfa. Además, después de los resultados obtenidos en investigaciones realizadas en trigo (Edwards 2000), cebada (Mitchell y Walters 2004) y otros, se podría utilizar una fertilización adecuada de N y K como herramienta para el control de enfermedades.

2.3.2 Vegetación asociada al cultivo *D. marginata*

2.3.2.1 Manejo

En el cultivo de *D. marginata* para el manejo de arvenses se utilizan los métodos químico, manual o la combinación de los dos. De acuerdo con Acuña et ál. (1992) en la preparación del terreno se aplica un herbicida pre-emergente (oxifluorfen, atrazina, alaclor, terbutilazina y simazina) y si hay arvenses, se combina con un quemante (glifosato y paraquat) para reducir el riesgo de competencia durante las primeras semanas del cultivo. Una vez establecida la plantación normalmente se realizan deshierbes a lo largo de la hilera y luego

aplican un quemante y un pre-emergente usando un protector de boquilla para evitar el contacto con la *Dracaena*.

La utilización de cercas vivas en Centro América es muy común, sin embargo, todavía existen muchos vacíos de conocimiento sobre estos cultivos en línea. Algunos estudios han analizado aspectos específicos como lo son la producción de forraje (Beringer y Salas 2003), tasas de crecimiento (Beer 1987) y otros. Además se encuentran caracterizaciones de cercas vivas en sistemas silvopastoriles y agroforestales. Por ejemplo, Villacís (2003), reportó que las especies utilizadas en potreros de Rio Frío (Costa Rica) son: *Erythrina* sp., *Gliricidia sepium*, *Cordia alliodora*, *Bromelia pinguim*, *Dracaena massageana*, *Pachira quinata*, *Bursera simarouba* e *Inga* sp. No se registró información sobre cercas vivas en cultivos de ornamentales, así como tampoco de su influencia en las poblaciones de plagas y enemigos naturales.

El manejo de arvenses y cercas vivas es importante debido a que estas pueden competir con el cultivo por nutrientes, agua (arvenses) y luz (cercas vivas) pero principalmente porque pueden ser hospederas de plagas. Así por ejemplo algunos arvenses pertenecientes a las familias Poaceae, Malvaceae, Asclepidaceae, Amaranthaceae, Juncaceae, Cyperaceae, Araceae, Arecaceae, Nymphaeaceae, Pontederiaceae y Typhaceae han sido reportados como hospederos alternos de cicadélidos (Denno y Roderick 1990, Takiya y Dmitriev 2006), los cuales representan una problemática para la producción agrícola, ya que reducen la calidad del cultivo, son vectores de patógenos y provocan restricciones fitosanitarias para la exportación.

2.3.2.2 Importancia de la vegetación asociada

La vegetación asociada a un cultivo permite mantener la diversidad del sistema, incrementando la estabilidad y complejidad del mismo (Gliesmann 1998). Además, contribuye con una serie de servicios ecosistémicos como lo son: el reciclaje de nutrientes, control del microclima, regulación de organismos indeseables, hábitat para enemigos naturales, destoxificación de agroquímicos, control de la erosión, mantenimiento de la humedad del suelo, incremento de la materia orgánica e incorporación de nitrógeno en el suelo (Gliesmann et ál. 1981, Altieri 1995). Todos estos beneficios se traducen en la optimización de los recursos del agroecosistema.

La vegetación alemana a los cultivos es preponderante, ya que incrementa la disponibilidad de alimento, refugio y nido, los cuales son necesarios para el desarrollo de entomofauna benéfica. Plantas con néctar y polen son atractivas para gran diversidad de depredadores como syrphidos (Carreck y Williams 1997) y coccinellidos (Freeman et ál. 1998). Así como también incrementan la supervivencia y fecundidad de avispas parasitoides (Foster y Ruesink 1984). Investigaciones llevadas a cabo durante 25 años, demuestran que los ataques severos de plagas a los cultivos suelen ocurrir más frecuentemente en campos sin cobertura de arvenses (Altieri 1999).

Estudios realizados por Rebek et ál. (2005), probaron la hipótesis de que los enemigos naturales son más abundantes en plantaciones de ornamentales con arvenses. Además, English-Loeb et ál. (2003) encontraron que el nivel de parasitismo por *Anagrus* en huevos de cicadélido, aumentó cuando los adultos de *Anagrus* tuvieron acceso a flores de *Fagopyrum esculentum*. Se reporta que plantas de las familias Rosaceae, Aceraceae, Rutaceae, Fabaceae y Salicaceae juegan un importante rol en la biología de las especies de *Anagrus* (Williams y Martinson 2000).

Las cercas vivas pueden afectar la ocurrencia de plagas y enfermedades a través de la modificación del microclima y las corrientes de viento. Así como también, tienden a contrarrestar los ataques de plagas sobre cultivos adyacentes y permiten un control selectivo de los insectos, ya que estos normalmente permanecen próximos a las cercas vivas (Pasek 1988). Vale recalcar que la ocurrencia de infestaciones también depende de las especies sembradas como cercas vivas y el equilibrio que se logre entre las plagas de los cultivos o árboles de plantaciones en línea y sus depredadores (Méndez et ál. 2000).

Los agroecosistemas con alta diversidad son más estables y cuentan con mayor resistencia al cambio y resiliencia (habilidad de recuperarse de perturbaciones) (Altieri y Nicholls 2004). Por lo tanto, para un mejor entendimiento de lo que es la estabilidad de un sistema se deben investigar las posibles relaciones entre las diferentes formas de diversidad ecológica, los procesos específicos de un ecosistema y sus características.

En el contexto de una agricultura sostenible, los arvenses y cercas vivas constituyen un elemento clave a considerar, debido a que pueden tener muchos y variables efectos sobre el cultivo y la comunidad de artrópodos (Altieri y Letourneau 1982, Gliessman 1998). Por esta razón, el mantener vegetación asociada a los cultivos con rasgos funcionales que favorezcan

enemigos naturales y controlar aquella vegetación que propicie el desarrollo de plagas, debe considerarse un componente importante de un sistema de manejo integrado de plagas.

2.4 Diversidad

2.4.1 Definición de biodiversidad

La biodiversidad puede ser definida como “la variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes, incluyendo, entre otros, los organismos terrestres, marinos y de otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte; esto incluye diversidad dentro de las especies, entre especies y de ecosistemas” (UNEP 1992). Dicho término involucra una amplia diferencia de escalas que va desde la variabilidad genética de los individuos y poblaciones, el conjunto de especies que integran grupos funcionales y comunidades completas, hasta el conjunto de comunidades de un paisaje o región (Harper y Hawksworth 1994).

La diversidad también puede ser dividida según niveles de segregación biológica, dentro de los cuales se encuentra la diversidad alfa, diversidad beta y diversidad gama. La diversidad alfa, es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que se considera homogénea. La diversidad beta, es la existente en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje. Mientras que la diversidad gamma, es la riqueza de especies que engloba el conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de la diversidad alfa como de la beta (Whittaker 1972).

2.4.2 Medición de la diversidad

La diversidad alfa puede ser medida mediante dos métodos diferenciados en función de las variables biológicas que miden; estos son: el método basado en riqueza específica y el método basado en la estructura de la comunidad, la cual toma en cuenta la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie (abundancia relativa de los individuos, su cobertura, biomasa, productividad, entre otros) (Moreno 2001). La forma más sencilla de medir la diversidad es mediante la riqueza específica, la cual es definida como el número total de especies obtenido por un censo de la comunidad (Moreno 2001). Dentro de los métodos de medición de estructura de la comunidad se encuentran los índices de abundancia proporcional,

los cuales fueron clasificados por Peet (1974) en índices de dominancia e índices de equidad. Los índices de dominancia toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies. Algunos de los índices más utilizados son el de Simpson (dominancia) y Shannon-Weaver (equidad).

La fórmula del índice de Simpson es $\lambda = \sum p_i^2$, donde p_i es la abundancia proporcional de la especie i , la cual resulta del número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra. Dicho índice manifiesta la probabilidad de que los individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. El índice de Simpson está fuertemente influido por la importancia de las especies dominantes y al ser el valor inverso a la equidad, puede calcularse como $1 - \lambda$ (Magurran 1988).

El índice de Shannon-Weaver expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, midiendo de esta forma el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar (Baev y Penev 1995). Este índice asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Los valores obtenidos están entre cero y el logaritmo de S . Cero cuando hay una sola especie y el logaritmo de S cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran 1988). Su fórmula es $H' = -\sum p_i \ln p_i$. Además, para complementar esta información es importante determinar el índice de Equitatividad de Shannon, el cual indica que tan bien distribuidas están las abundancias de los individuos entre las especies presentes y su fórmula es: $J = H' / \ln S$.

La diversidad entre hábitat (beta) es el reemplazamiento de especies a través de gradientes ambientales y puede ser medida fácilmente en función del número de especies (Whittaker 1972). Esta se evalúa con base en coeficientes de similitud, disimilitud o de distancias entre las muestras a partir de datos cualitativos (presencia/ausencia de especies) o cuantitativos (abundancia proporcional de cada especie medida como número de individuos, biomasa, densidad, cobertura, entre otras), o bien con índices de diversidad beta propiamente dichos (Magurran 1988).

La ventaja del empleo de índices de diversidad es que resumen mucha información en un solo valor, de forma tal que permiten hacer comparaciones de forma rápida y sujetas a comprobación estadística. Los valores de índices como el de Shannon-Weaver para un conjunto de muestras suficientemente grandes se distribuyen normalmente, por lo tanto

pueden ser analizadas con pruebas paramétricas robustas como los análisis de varianza (Magurran 1988). Aunque un índice sea aplicado cumpliendo los supuestos del modelo y su variación refleje cambios en la riqueza o estructura de la comunidad, resulta generalmente difícil de interpretar por sí mismo, por lo tanto, lo más conveniente es presentar valores tanto de la riqueza como de algún índice de la estructura de la comunidad, de tal forma que ambos parámetros sean complementarios en la descripción de la diversidad (Moreno 2001).

2.4.3 Diversidad funcional

Existe una amplia gama de definiciones para diversidad funcional y como su nombre lo indica es la “multiplicidad de funciones de una comunidad” (Tesfaye et ál. 2003), “número, tipo y distribución de funciones que llevan a cabo los organismos dentro de un ecosistema” (Díaz y Cabido 2001), “riqueza, abundancia y gama de rasgos funcionales de los individuos que integran una comunidad” (Mayfield et ál. 2006). Al tener como objetivo explicar y predecir impactos de los organismos en los ecosistemas, implica generalmente el entendimiento de las comunidades basado en lo que hacen los organismos y su historia evolutiva. De esta manera podremos conocer como los organismos influyen los procesos, dinámica y estabilidad del ecosistema (Petchey y Gaston 2006).

La técnica más empleada para cuantificar diversidad funcional es la de tipos funcionales de las plantas (PFT), la cual consiste en sistemas de agrupamiento de especies que comparten características taxonómicas, fisiológicas y morfológicas que permiten determinar la respuesta de las plantas a condiciones medioambientales y sus efectos en los procesos ecosistémicos (Díaz y Cabido 1997, Wight et ál. 2006). El agrupamiento de especies se puede realizar por: a) grupos funcionales efecto, que son grupos de especies con similar efecto en una o varias funciones ecosistémicas; y b) grupos funcionales respuesta, que son grupos de especies con respuestas similares a factores bióticos y abióticos particulares (Lavorel y Garnier 2002).

Existen dos procedimientos para la construcción de los PFT: *a priori* y *a posteriori*. El método *a priori* agrupa previo al estudio, tomando en cuenta un grupo reducido de caracteres; así por ejemplo, en estudios realizados con hierbas se establecen PFT con los caracteres leguminosa y no leguminosa; ocasionalmente se refinan los resultados con la separación de los grupos por mecanismo fotosintético (C_3 y C_4) o separándolas por arbolado o no arbolado

(Tilman et ál. 1997). El método *a posteriori* es un esquema de clasificación generado para cada lugar y para cada función del ecosistema, donde primero se toma la información de diferentes rasgos funcionales y posteriormente se identifican los PFT (Díaz y Cabido 1997).

Con el auge de los PFT se avanzó a una clasificación funcional de las plantas, con base en sus rasgos, los cuales son determinados de acuerdo al proceso ecosistémico en estudio. Su medición se realiza mediante la agrupación de tipo de riqueza y puede requerir de la transformación de datos continuos a datos categóricos (Gitay et ál. 1999). Se recomienda incluir en el análisis suficientes rasgos funcionales con el fin de producir una clasificación estable, ya que gran número de rasgos tienden a hacer menos redundantes las especies (Petchey y Gaston 2006).

Los rasgos funcionales pueden ser clasificados según la complejidad de su medida en rasgos suaves y rasgos duros. Los rasgos suaves hacen referencia a aquellas características fáciles de medir u observar y no representan estrictamente una función en la planta, sino, están estrechamente relacionadas con aspectos fisiológicos, funcionales o ecológicos. Los rasgos duros presentan un papel funcional directo pero son menos accesibles (Hodgson *et ál.* 1999). Por ejemplo, de acuerdo con Cornelissen et ál. (1999) el incremento de dureza (rasgo suave) es frecuentemente correlacionado con tasas de descomposición lentas (rasgo duro).

Los grupos funcionales y sus interacciones son los que están influenciando los procesos ecosistémicos, más que el número de especies *per se* (Tilman et ál. 1997). Por lo tanto, es la diversidad funcional la que afecta en el corto plazo la dinámica de los recursos y en el largo plazo la estabilidad de los ecosistemas (Díaz y Cabido 2001). Es importante tener en cuenta que algunas especies son más parecidas a otras en una escala funcional gruesa pero todas las especies difieren en una escala funcional fina (Petchey y Gaston 2002). Varios autores proponen el uso de PFT como una herramienta para llenar el vacío del conocimiento entre los estudios a nivel de especies y los problemas a escala de paisaje (Weiher et ál. 1999).

3 BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, B; Jiménez, AC; Franco, JA; Murillo, G; Ramírez, J; Gamboa, J; Fernández, A. 1992. Técnicas para la producción de *Dracaena marginata* en Costa Rica. San José, CR. EUNED. 88 p.
- Agropec.Star. 2006. Capítulo 5: Potasio. (en línea). Consultado: 16 octubre 2006. Disponible en: www.agropecstar.com/portal/doctos/agronomia5.htm
- Altieri, MA. 1995. Agroecology: The Science of sustainable agriculture. 2 ed. Westview Press. 448 p.
- Altieri, MA. 1999. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. New York, US. 338 p.
- Altieri, MA; Letourneau, DK. 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection* 1: 405-430.
- Altieri, MA; Nicholls, CI. 2004. Biodiversity and pest management in agroecosystems. (en línea). Consultado: 12 septiembre 2007. Disponible en: www.books.google.com
- Andersen, PC; Brodbeck, BV; Mizell, RF; Oden, S. 2005. Abundance and feeding of *Homalodisca coagulata* (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Cicadellidae) on *Vitis* genotypes in North Florida. *Environmental Entomology* 34(2): 466-478.
- Baev, PV; Penev, LD. 1995. BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. Versión 5.1. Pensoft, 57 p.
- Beer, J. 1987. Experiences with fence line fodder trees in Costa Rica and Nicaragua. In Beer J; Fassbender HW; Hueveldop, J. eds. *Advances in agroforestry research*. Turrialba, CR, CATIE. p. 215–222.
- Bentz, J; Reeves, J; Barbosa, P; Francis, B. 1995. Nitrogen fertilizer effect on selection, acceptance, and suitability of *Euphorbia pulcherrima* (Euphorbiaceae) as a host plant to *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Environmental Entomology* 24(1):40-45.
- Bentz, J; Townsend, AM. 2001. Nitrogen fertilization and use of container-grow maple selections as hosts by the potato leafhopper. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 128: 821-826.
- Berninger, F; Salas, E. 2003. Biomass dynamics of *Erythrina lanceolata* as influenced by shoot-pruning intensity in Costa Rica. *Agroforestry Systems* 57: 19–29.

- Bertsch, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, CR. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS). 157 p.
- Bertsch, F. 2005. Estudios de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización. *Informaciones Agronómicas* no.57: 1-10.
- Bi, JL; Toscazo, NC; Madore, MA. 2003. Effect of urea fertilizer application on soluble protein and free amino acid content of cotton petioles in relation to silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii*) populations. *Journal of Chemical Ecology* 29(3): 747-761.
- Carreck, NL; Williams, IH. 1997. Observation on two comercial flower mixtures as food sources for beneficial insects in the UK. *Journal Agricultural Sciences* no.128: 397-403.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2007. Manual para productores No.1: Cercas vivas. (en línea). CR. Consultado: 11 septiembre 2007. Disponible en: <http://www.grupoice.com/esp/temas/herram/busqueda.htm>
- Chen, J; Henny RJ; McConnell DB. 2002. Development of New Foliage Plant Cultivars. (en línea). Consultado: 6 junio 2006. Disponible en: www.hort.purdue.edu/newcrop/ncnu02/v5-466.html
- Clean Stock Program (CSP). 2005. Innovación tecnológica para la generación de material propagativo sano de *Dracaena* spp. para exportación hacia el mercado estadounidense. San José, CR. 83 p.
- Clean Stock Program (CSP). 2007. Insectos asociados al cultivo de *Dracaena marginata*. (en línea). CR. Consultado: 10 septiembre 2007. Disponible en: www.dracaenas.cnp.go.cr
- Colpetzer, KE. 2005. Importation of oversized *Dracaena* for ornamental proposes from Costa Rica into the United States. North Carolina, US. USDA (United States Department of Agriculture). 96 p.
- COMEX (Ministerio de Comercio Exterior). 2003. Costa Rica: Pequeño gran exportador de productos no tradicionales. (en línea). San José, CR. Consultado: 2 marzo 2006. Disponible en: www.comex.go.cr/difusion/ciclo/1996/amonge.htm
- Cornelissen, JH; Pérez-Harguindeguy, N; Díaz, S; Grime, JP; Marzano, B; Cabido, M; Vendramini, F; Cerabolini, B. 1999. Leaf structure and defense control litter decomposition rate across species, life forms and continents. *New Phytologist* 143: 191-200.

- Cortés Enríquez, G. 1994. Atlas Agropecuario de Costa Rica: Plantas Ornamentales de follaje. San José, CR. EUNED. p 329-337.
- Coyle, DR; Bentz, J. 2006. Effects of fertilization and irrigation on *Erythroneura lawsoni* (Homoptera: Cicadelidae) abundance and injury levels in an intensively managed American Sycamore plantation. US. University of Wisconsin. 28 p.
- Davies, RG. 1991. Introducción a la entomología. Trad. MA Varela y EV Sandoval. Madrid, ES. Ediciones Mundi-Prensa. 449 p.
- DeNeve, B. 1999. Hawaiian Dracaenas. Sunborne Nursery. (en línea). California, US. Consultado:20 septiembre 2006. Disponible en: <http://www.sunborne.com/home/hawaiian.html>
- Denno, RF; Roderick, GK. 1990. Population biology of planthoppers. Annual Reviews 35:489-520.
- Díaz, S; Cabildo, M. 1997. Plant functional types and ecosystem function in relation to global change. Journal of Vegetation Science 8:463-474.
- Díaz, S; Cabildo, M. 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. Trends in Ecological and Evolution. 16:646-655.
- Edwards, N. 2000. Why potassium may reduce cereal leaf diseases. (en línea). Consultado: 18 noviembre 2006. Disponible en: agspsrv34.agric.wa.gov.au/cropupdates/2000/Presentations/edwardsn/index.htm
- El-Tilib, MA; Elnasikh, MH; Elamin, EA. 2004. Phosphorus and potassium fertilization effects on growth attributes and yield of two sugarcane varieties grown on three soil series. Journal of Plant Nutrition. 27(4):663-699.
- English-Loeb, G; Rhains, M; Martinson, T; Ugine, T. 2003. Influence of flowering cover crops on *Anagrus* parasitoids (Hymenoptera: Mymaridae) and *Erythroneura* leafhoppers (Homoptera:Cicadelidae) in New York vineyards. Agriculture and Forest Entomology 5:173-181.
- Fernández, A. 1989. *Dracaena marginata*, su cultivo en Costa Rica. San José, CR. EUNED. 43 p.
- Foster, MA; Ruesink, WG. 1984. Influence of flowering weeds associated with reduced tillage in corn on a black cutworm (Lepidoptera: Nuctuidae) parasitoid, *Meteorus rubens* (Nees von Esenbeck). Environmental Entomology 13:664-668.

- Freeman, R; Corbett, A; Lamb, C; Reberg-Horton, C; Chandler, J; Stimmann, M. 1998. Beneficial insects move from flowering plants to nearby crops. *California Agriculture* 52:23-26.
- Gilman, E. 1999. *Dracaena marginata* University of Florida. (en línea). US. Consultado: 23 septiembre 2006. Disponible en: hort.ufl.edu/shrubs/DRAMARA.PDF
- Gitay, H; Noble, IR; Connell, JH. 1999. Deriving functional types for rain-forest trees. *Journal of Vegetation Science* 10: 641-650.
- Gliessman, SR. 1998. *Agroecology: Ecological processes in sustainable agriculture*. US. Ann Arbor Press. 357 p.
- Gliessman, SR; Garcia, ER; Amador, M. 1981. The ecological basis for the application of traditional agricultural technology in the management of tropical agro-ecosystems. *Agroecosystems* 7: 173-185
- Godoy, C. 2007. Familia Cicadellidae. (en línea). CR. Consultado: 10 septiembre 2007. Disponible en: www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto104.html - 4k -
- Harper, JL; Hawksworth, DL. 1994. Biodiversity: measurement and estimation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. (serie B) no.345: 5-12.
- Havlin, J; Beaton, J; Tisdale, S; Nelson, W. 1999. *Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management*. 6 ed. EU. Prentice-Hall. 499 p.
- Hidalgo, MM; Rodríguez, R; Ricardo, NE; Ferras, H. 1999. Dinámica poblacional de cicadélidos (Homoptera: Cicadellidae) en un agroecosistema cañero de Cuba. *Revista de Biología Tropical* 47(3): 10-18.
- Hodgson, JG; Wilson, PJ; Hunt, R; Grime JP; Thompson, K. 1999. Allocating C-S-R plant functional types: a soft approach to a hard problem. *Oikos* 85:282-294.
- Hull, DL; Hodges, AW. 1993. Impact of hurricane Andrew on ornamental nursery profitability in Dade County (FL). (en línea). Consultado: 6 noviembre 2006. Disponible en: hortbusiness.ifas.ufl.edu/andrewdade.pdf
- Jay, E; White, JW. 1974. Potassium fertilization of *Chrysanthemums* using a constant drip fertilizer solution. *Plant and Soil* 41(2):271-278.
- Lamp, WO; Nielsen, GR; Fuentes, CB; Quebedeaux, B. 2004. Feeding site preference of potato leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) on alfalfa and its effect on photosynthesis. *Journal of Agricultural and Urban Entomology* 21(1): 25-38.

- Lavorel, S; Garnier, E. 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plants traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology* 16:545-556.
- Magurran, AE. 1988. *Ecological diversity and measurement*. Princeton, US. University Press Princeton. 179 p.
- Mayfield, MM; Ackerly, D; Daily, G. 2006. The diversity and conservation of plant reproductive and dispersal functional traits in human-dominated tropical landscapes. *Journal of Ecology*. 94: 522-536.
- McConnell, DB; Chen, J; Henny, RJ; Everitt, KC. 2006. *Cultural Guidelines for Commercial Production of Interiorscape *Dracaena**. University of Florida. (en línea). US. Consultado: 23 septiembre 2006. Disponible en: edis.ifas.ufl.edu/EP149
- Méndez, E; Beer, J; Faustino, J; Otárola, A. 2000. *Plantación de árboles en línea*. 2 ed. Turrialba, CR. CATIE. 134 p.
- Missouri Botanical Garden. 1994. *Flora Mesoamericana: Alismataceae a Cyperaceae*. G Davidse; M Sousa; A Chater. MX. 38 p.
- Mitchell, A; Walters, D. 2004. Potassium phosphate induces systemic protection in barley to powdery mildew infection. *Pest Management Science*. 60(2): 126-134.
- Moreno, CE. 2001. *Métodos para medir la diversidad*. CYTED. Zaragoza, ES. 84 p.
- Morera Yorck, L. 1994. *Atlas Agropecuario de Costa Rica: Aspectos generales sobre la actividad agrícola en Costa Rica*. Ed. G Cortés Enríquez. San José, CR. EUNED. p3-4.
- Novoa, I; Badilla, F. 1985. *Manejo integrado de plagas de la caña de azúcar en Costa Rica*. Dirección de Investigación y Extensión de la caña de Azúcar. San José, CR. 16 p.
- Pasek, JE. 1988. Influence of wind and windbreaks on local dispersal of insects. *Agriculture Ecosystems and Environment* 22/23: 539-554.
- Peet, RK. 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5: 285-307.
- Petchey, O; Gaston, KJ. 2002. Extinction and loss of functional diversity. *The Royal Society*. 269:1721-1727.
- Petchey, O; Gastón, KJ. 2006. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters*. 9(6): 741-758.
- Potash and Phosphate Institute (PPI). 2006. *El Potasio, Magnesio y Azufre incrementan el rendimiento y las utilidades en el maíz*. (en línea). Consultado: 18 octubre 2006.

Disponible en: [www.ppippic.org/.../\\$webindex/18E0019F4947CFE406256C150063C95A?opendocument&navigator=home+page](http://www.ppippic.org/.../$webindex/18E0019F4947CFE406256C150063C95A?opendocument&navigator=home+page)

- Prado, J. 2006. Protocolos de muestreo y evaluación de la relación de prácticas agrícolas con la población de plagas cuarentenarias en *Dracaena marginata* VAR Bicolor, Magenta y Verde en Costa Rica. Tesis Mag.Sc Turrialba, CR. CATIE.
- PROCOMER (Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica). 2004. Exportaciones de Costa Rica según sector económico. (en línea). San José, CR. Consultado: 20 mayo 2006. Disponible en: <http://www.procomer.com>
- PROCOMER (Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica). 2005. Costa Rica: Estadísticas de exportación 2004. (en línea). San José, CR. Consultado: 20 mayo 2006. Disponible en: <http://www.procomer.com>
- PROCOMER (Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica). 2006. Costa Rica: Estadísticas de exportación 2005. (en línea). San José, CR. Consultado: 1 septiembre 2006. Disponible en: www.procomer.com/est/mercados/PDF/2005/Mod%200%20%20Indice%20y%20Resumen.pdf –
- PROEXANT (Promoción de exportaciones agrícolas no tradicionales). 2006. *Dracaena marginata* (en línea). Quito, EC. Consultado: 23 septiembre 2006. Disponible en: http://www.proexant.org.ec/HT_Marginata.htm
- Rebek, EJ; Sadof, CS; Hanks, LM. 2005. Manipulating the abundance of natural enemies in ornamental landscapes with floral resource plants. *Biological Control* 33: 203-216.
- Salas, R; Soto, H; Molina, E. 1991. Síntomas visuales de deficiencias nutricionales en *Dracaena deremensis* “Warneckii” mediante la técnica de cultivo en solución nutritiva. *Agronomía Costarricense* 15(1/2):129-134.
- Salisbury, F; Ross, C. 1992. Fisiología vegetal. Trad. V González Velásquez. MX. Grupo Editorial Iberoamérica. 759 p.
- Saunders, JL; Coto, DT; B.S King, A. 1998. Plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en Centro América. 2 ed. Turrialba, CR, CATIE. 10 p.
- Sauer, SB; Maurer, ED. 2001. Notes on the distribution, behavior and life history of *Attenuipyga vanduzeei* (Osborn y Ball) (Hemiptera: Cicadellidae) in Wisconsin. *The American Midland Naturalist* 146(2): 434-438.

- Segnini, S; Montagne, A. 1986. Biología y ecología poblacional de *Empoasca kraemeri* Ross y Moore (Homoptera: Cicadellidae) en caraota (*Phaseolus vulgaris*). *Agronomía Tropical* 36(4-6): 65-76.
- Singh, H; Williams, R. 2002. Influence of potassium fertilization on leaf to stem ratio, nodulation, herbage yield, leaf drop, and common leaf spot disease of alfalfa. *Journal of Plant Nutrition*. 25(4): 781-795.
- Swank, JC; Frederick, E; Below, R; Lambert, J; Hageman, RH. 1982. Interaction of Carbon and Nitrogen Metabolism in the Productivity of Maize. *Plant Physiology*. (70): 1185-1190.
- Takiya, DM; Dmitriev, DA. 2006. An interactive key to Genera of the tribe Proconiini (en línea). Illinois, US. Consultado: 5 julio 2006. Disponible en: <http://ctap.inhs.uiuc.edu/takiya/key.asp?key=Proconia&lng=En&i=1&keyN=1>
- Tesfaye, M; Dufault, NS; Durmbusch, MR; Allan, DL; Vance, CP; Samac, DA. 2003. Influence of enhanced malate dehydrogenase expression by alfalfa on diversity of rhizobacteria and soil nutrients availability. *Soil Biology Biochemistry* 35:1103-1113.
- Tilman, D; Johannes, K; Wedin, D; Reich, P; Ritchie, M; Siemann, E. 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science* 277: 1300-1302.
- Torres, J; Hermoso de Mendoza, A; Garrido, A; Jacas, J. 1998. Dinámica de las poblaciones de cicadélidos (Homoptera: Cicadellidae) en almendros en el Alto Palancia (Prov. Castellón). *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* 24: 279-292.
- UNEP. 1992. Convention on biological diversity. United Nations Environmental Program, Environmental Law and Institutions Program Activity Centre. (en línea). Consultado: 16 noviembre 2006. Disponible en: www.nationsencyclopedia.com/United-Nations/Technical-Cooperation-Programs-UN-ENVIRONMENT-PROGRAM-UNEP.html
- University of Florida. 2006. *Dracaena* Production Guide. (en línea). Consultado: 9 mayo 2006. Disponible en: <http://mrec.ifas.ufl.edu/foilage/folnotes/dracaena.htm>
- University of Florida. 2007. Cicadellidae. (en línea). Consultado: 27 septiembre 2007. Disponible en: creatures.ifas.ufl.edu/fruit/sharpshooters/sharpshooters.htm - 18k -

- University of Wisconsin. 2006. Impact of soybean insecticides on beneficial natural enemies. (en línea). Consultado: 1 octubre 2007. Disponible en: www.entomology.wisc.edu/sabc/IPM_natural_enemies_insecticide_risk.htm
- Van Emden, HF. 1966. Studies on the relation of insect and host plant: A comparison of the reproduction of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphidae) on Brussels sprout plants supplied with different rates of nitrogen and potassium. *Entomologia Experimentis et Applicata* 9(3): 444-460.
- Villacís, J. 2003. Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frío, Costa Rica. Tesis Mag.Sc Turrialba, CR. CATIE.
- Villar Zunzunegui, D. 2004. Absorción de nutrientes, efecto de la fertilización nitrogenada y potásica y utilización del medidor de clorofila minolta (modelo SPAD 502) en el manejo del nitrógeno en maíz dulce (*Zea mays* var. *saccharata*). Tesis Mag. Sc. Santiago, CL. Pontificia Universidad Católica de Chile. 74 p.
- Virla, EG; Logarzo, GA; Jones WA; Triapitsyn, S. 2005. Biology of *Gonatocerus tuberculifemur* (Hymenoptera: mymaridae), an egg parasitoid of Sharpshooter, *Tapajosa rubromarginata* (Hemiptera: cicadellidae). *Florida Entomologist* 8:67-71.
- Watson, L; Dallwitz, MJ. 2007. The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. Consultado: 8 septiembre 2007. Disponible en: <http://delta-intkey.com>
- Weiher, F; Van der Werf, A; Thompson K; Roderick M; Garnier, E; Eriksson, O. 1999. Challenging Theophrastus: a common core list of plant traits for functional ecology. *Journal of Vegetation Science* 10: 609–620.
- Whipker, BE; Dasoju, S; Dosmann, MS; Iles, JK. 1999. Effect of fertilizer concentration on growth of double impatiens. *HortTechnology* 9: 425-428.
- White, S; Scoggins, HL. 2005. Fertilizer concentration affect growth response and leaf color of *Tradescantia virginiana* L. *Journal of Plant Nutrition* no.28: 1767-1783.
- Whittaker, RH. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21(2/3): 213-251.
- Wight, JP; Naeem, S; Andy, H; Clarence, L; Reich, PB, Schmid, B; Tilman, D. 2006. Conventional functional classification schemes underestimate the relationship with ecosystem functioning. *Ecology Letters*. 9: 111-120.

Williams, L; Martinson, TE. 2000. Colonization of New Cork vineyards by *Anagrus spp.* (Hymenoptera: Myridae): Overwintering biology, within-vineyard distribution of wasps, and parasitism of grape leafhopper, *Erythroneura spp.* (Homoptera: Cicadellidae), eggs. *Biological Control*. 18: 136-146.

4 ARTÍCULO 1

Villalobos Araya, A. 2007. Efecto de sistemas de fertilización en la producción de *Dracaena marginata*. Tesis M.Sc. CATIE

4.1 Introducción

En la última mitad del siglo XX, el ser humano ha logrado alcanzar altos rendimientos en la producción agrícola. Dicho auge se debe principalmente a las innovaciones tecnológicas y al uso de agroquímicos. El éxito en el incremento de la productividad mantiene un costo muy alto, debido a que provoca la erosión de las bases fundamentales que sostienen el agroecosistema (Gliessman 1998).

El resultado de la simplificación de los sistemas agrícolas es la necesidad de una constante intervención humana. En la mayoría de los casos dicha intervención se convierte en la aplicación de insumos, los cuales además de aumentar los rendimientos a corto plazo resultan en problemas ambientales y sociales (Queirós 2007). Gran parte de estos problemas son provocados no solo por la dependencia del agricultor a los fertilizantes, herbicidas e insecticidas, sino también a la falta de educación, información e investigación en la aplicabilidad de los mismos.

En el cultivo *D. marginata* existen pocas investigaciones sobre las necesidades del cultivo y cómo satisfacer sus requerimientos nutricionales (McConnell et ál. 2006). Esto puede provocar un aporte extra de nutrimentos que hará incurrir al productor en un gasto innecesario de dinero, así como también, genera contaminación de los recursos suelo y agua. Además, se ha documentado que desbalances en la nutrición de los cultivos incrementan la susceptibilidad a insectos plaga y enfermedades (Coyle y Bentz 2006, Bi et ál. 2003, Bentz et ál. 1995, Van Emden 1966).

4.2 Metodología

4.2.1 Área de estudio y manejo del material

Con el fin de determinar el efecto de los sistemas de fertilización en la tasa de crecimiento y contenido de nutrientes en el tejido de *D. marginata*, se llevó a cabo un ensayo

en un invernadero del CATIE. El CATIE se localiza en el Cantón de Turrialba, Cartago, en las coordenadas geográficas 09°54' latitud Norte y 83°41' longitud Oeste, a una altitud aproximada de 646 msnm (Saborío Valverde y Coto León 2006). Turrialba cuenta con una humedad relativa del 88%, precipitación media de 2700 mm año⁻¹, un promedio mensual de 21 días lluvia, su temperatura media es de 21.8 °C y una evapotranspiración potencial total anual de 1143.5 mm (CATIE 2006). El invernadero cuenta con un techo de lámina plástica y bajo de éste se mantuvo un sarán durante los primeros cinco meses de establecido el estudio. Sin embargo, a finales del mes de marzo, el sarán fue eliminado, ya que las plantas no estaban respondiendo a los sistemas de fertilización empleados por falta de luminosidad.

El material vegetal utilizado en este ensayo fue *D. marginata* var. verde con una presentación en cañas de 12 pulgadas con tres hijos. Este material fue producido en Guápiles con un mismo manejo y pasó por un proceso de selección en empacadora, por lo tanto era homogéneo. Las 300 plantas utilizadas fueron sembradas a una profundidad de 8 cm en macetas con capacidad de aproximadamente 11 kg. El suelo empleado fue traído del sitio conocido como “Bajo del Chino”, CATIE, Turrialba y cuenta con características uniformes (Anexo 1).

En este ensayo se evaluaron seis tratamientos de fertilización utilizando 50 plantas por tratamiento (Cuadro 3). La dosis empleada para la fertilización al suelo fue de 8 g por planta y para la fertilización foliar de 0.03 g por planta. Las dosis utilizadas son las que comúnmente emplean los productores y en el caso de la fertilización al suelo es la recomendada por Acuña et ál. (1992).

Con la aplicación de estos tratamientos se evaluaron los efectos en las tasas de crecimiento y contenidos de nutrientes en los tejidos foliares de: a) la fórmula de fertilización al suelo (N-P-K) utilizada por gran parte de los productores de *D. marginata* (T₁), b) la reducción del aporte de N (T₂), c) la duplicación del aporte de K (T₃), d) fórmula de fertilización al suelo complementada con fertilización foliar (T₄), e) fertilización al suelo acompañada de fertilización foliar, con una frecuencia de aplicación más baja (T₅) y f) sin fertilización (T₆). Estos tratamientos permitieron determinar la respuesta fisiológica de la planta ante diferentes cantidades de nutrientes aportados y sus formas de aplicación. Para la aplicación de fertilizante foliar en los tratamientos T₄ y T₅ se utilizó una barrera de plástico con el fin de controlar la deriva de fertilizante a otros tratamientos.

Cuadro 3. Tratamientos aplicados a las plantas de D. marginata para determinar el efecto de tasas de crecimiento y contenido de nutrientes con diferentes concentraciones y formas de aplicación de N y K.

Tratamiento	Fórmula de fertilización	Lugar de aplicación	Frecuencia de aplicación
T1	18-5-15	Suelo	1 vez/mes
T2	9-5-15	Suelo	1 vez/mes
T3	18-5-30	Suelo	1 vez/mes
T4	18-5-15	Suelo	1 vez/mes
	15-15-15	Foliar	1 vez/mes
T5	18-5-15	Suelo	1 vez/mes
	15-15-15	Foliar	1 vez/2 meses
T6	Ninguna	Control	No aplica

El sistema de riego empleado fue manual y se aplicaron 600 ml de agua por planta cada ocho días durante los primeros seis meses. Debido a que las plantas no estaban respondiendo a los sistemas de fertilización, en el mes de abril, se decidió incrementar el riego a 800 ml por planta tres veces por semana.

Este estudio tuvo una duración de 11 meses. El ensayo fue montado en octubre del 2006, fecha en la cual se realizó la toma de datos de línea de base para las variables de interés. Se dio un mes para el establecimiento de las plantas y posteriormente se aplicaron los tratamientos de fertilización. La toma de datos se realizó hasta septiembre del 2007. Las variables de tasa de crecimiento fueron medidas durante los meses de febrero, abril, junio, julio y septiembre del año 2007. El contenido de nutrientes del follaje fue analizado durante los meses de enero, febrero, marzo, abril y septiembre del 2007.

4.2.2 Variables evaluadas

4.2.2.1 Tasa de crecimiento

El crecimiento indica el incremento en tamaño y los cambios en forma y complejidad que se dan en las plantas a lo largo de su ciclo de vida. Estos cambios anatómicos y fisiológicos fueron medidos a través de cuatro variables: 1) la altura de caña fue medida con una regla, partiendo de la base de la planta hasta su parte superior; 2) el diámetro de caña se realizó con un vernier electrónico a los 8 cm por debajo de la parte superior del tallo; 3) la

altura de tallo de *tip*, se midió de la base del *tip* al meristemo apical y 4) el diámetro de tallo del *tip*, se midió en los 5 cm superiores de la base del *tip*; posteriormente se sacó un promedio de las mediciones de los tres *tip* de la planta (Figura 1).

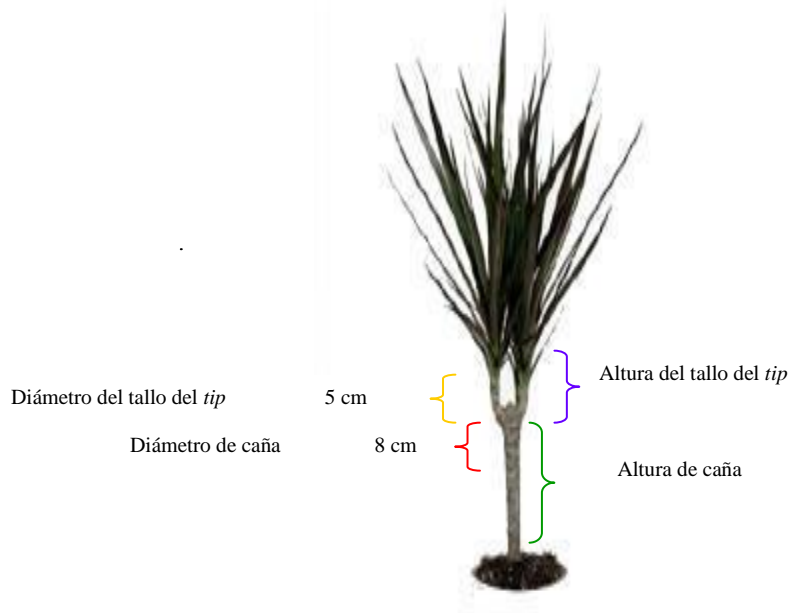


Figura 1. Método de medición de las variables asociadas a tasas de crecimiento de *D. marginata*.

4.2.2.2 Contenido de nutrientes en el tejido foliar

En el ensayo se evaluó el efecto de fertilización de la planta en el contenido de nutrientes del follaje. Para la medición de esta variable se tomaron muestras de tejido en dos estratos del *tip*, uno superior donde se encuentran las hojas más jóvenes y otro inferior donde se localiza el tejido foliar maduro (Figura 2). Los pasos a seguir fueron:

1. De cada planta se extrajo una hoja por *tip* en el estrato inferior (hoja número 3 contando de la base a la parte superior) y una hoja por *tip* en el estrato superior (hoja número 5 contando de la hoja más reciente a la parte inferior de la planta).
2. Se mezclaron las hojas (por estrato) de las plantas que conforman una unidad experimental.
3. Una vez obtenida la muestra, se realizaron análisis foliarers (Cu, Zn, Mn, Fe, Ca, Mg, P, K, S y N) en el Laboratorio del CATIE, cuya metodología se encuentra descrita en el Anexo 2.

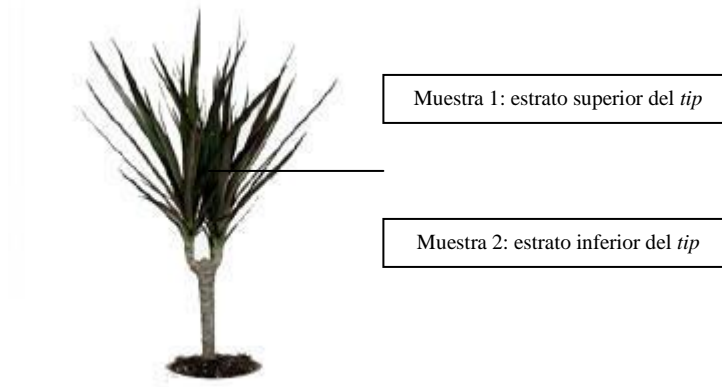


Figura 2. Método de la toma muestral compuesta de la variable contenido de nutrientes en tejido foliar de *D. marginata*.

4.2.3 Modelo estadístico

El ensayo fue conducido bajo un diseño estadístico en bloques completos aleatorizados. Para las variables de tasa de crecimiento estuvo conformado por seis tratamientos, diez bloques y cinco plantas por unidad experimental. Mientras que para las variables de contenido de nutrientes se emplearon seis tratamientos, cinco bloques y cinco plantas por unidad experimental, esto debido al alto costo económico que representa el análisis de tejido foliar.

El modelo estadístico utilizado para el análisis de tasas de crecimiento fue el siguiente:

$$y_{ijkl} = \mu + B_i + T_j + E_{ij} + F_k + FT_{jk} + \varepsilon_{jkl}$$

donde:

y_{ijk} = tasa de crecimiento en la parcela del tratamiento i en la repetición j

μ = media general

B_i = efecto del i -ésimo bloque

T_j = efecto del j -ésimo tratamiento

E_{ij} = término de error independiente supuestamente distribuido $N(0, \sigma^2)$

F_k = efecto de la k -ésima fecha

FT_{jk} = interacción entre tratamientos y fecha

ε_{jkl} = término de error independiente supuestamente distribuido $N(0, \sigma^2)$

Dicho modelo toma al tiempo como subparcela y asume una matriz de autocorrelación de simetría compuesta, el cual suele ser adecuado en el caso de pocas observaciones en el tiempo.

El modelo estadístico utilizado para el análisis de contenido de nutrientes en el tejido foliar fue el siguiente:

$$y_{ijklm} = \mu + B_i + T_j + E_{ij} + J_k + JT_{jk} + \gamma_{ijk} + F_l + FT_{jl} + FJ_{kl} + FJT_{jkl} + \varepsilon_{ijklm}$$

donde:

y_{ijklm} = contenido de nutrientes de tejido foliar en la parcela del tratamiento i en la repetición j

μ = media general

B_i = efecto del i -ésimo bloque

T_j = efecto del j -ésimo tratamiento

E_{ij} = término de error independiente supuestamente distribuido $N(0, \sigma^2)$

J_k = efecto del k -ésimo tipo de tejido (estrato)

JT_{jk} = interacción entre tipo de tejido y tratamiento

γ_{ijk} = término de error independiente supuestamente distribuido $N(0, \sigma^2)$

F_l = efecto de la l -ésima fecha

FT_{jl} = interacción entre fecha y tratamientos

FJ_{kl} = interacción entre fecha y tipo de tejido

FJT_{jkl} = interacción entre fecha, tipo de tejido y tratamiento

ε_{ijklm} = término de error independiente supuestamente distribuido $N(0, \sigma^2)$

4.2.4 Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó mediante ANOVA con el programa estadístico SAS versión 9. Las comparaciones de medias de tratamientos se realizaron mediante la prueba LSD. Para mostrar el perfil de crecimiento y variación en el contenido de nutrientes del tejido foliar se utilizaron gráficos de puntos (InfoStat 2007). Para evaluar que la matriz de varianzas y covarianzas fue la adecuada para explicar el proceso de autocorrelación, se utilizaron las distintas aproximaciones (simetría compuesta, AR y potencia) mediante los criterios de información de Akaike (AIC) y el criterio bayesiano de Schwarz (BIC).

4.3 Resultados

4.3.1 Tasas de crecimiento de *D. marginata* con diferentes sistemas de fertilización

4.3.1.1 Altura de caña

Al realizar un análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo se encontraron diferencias de altura de planta entre las fechas de muestreo ($p < 0.0001$), pero no entre tratamientos ($p = 0.4296$). Aunque las diferencias entre tratamientos no fueron significativas se logró determinar que T_4 presentó el mayor crecimiento (Figura 3).

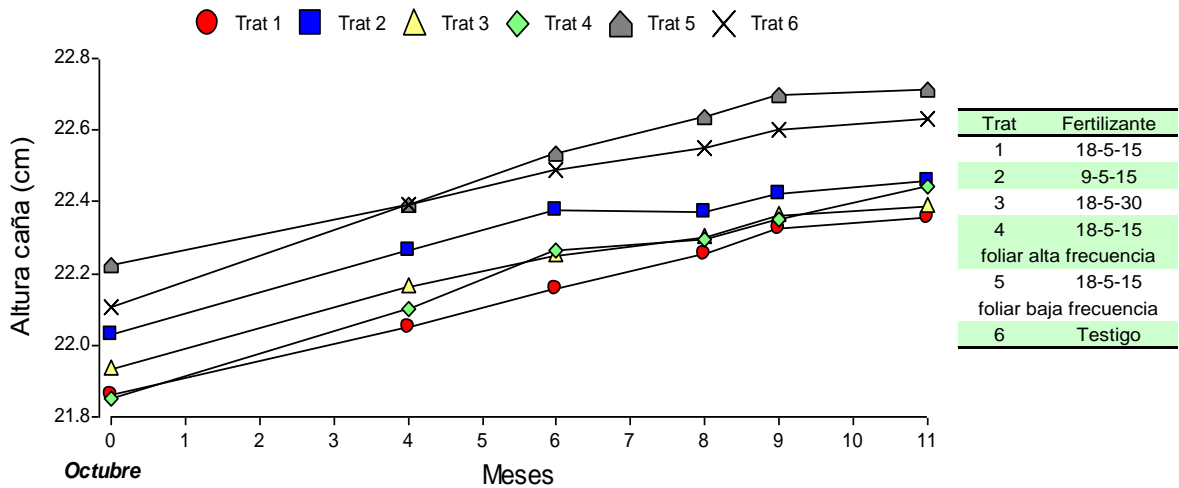


Figura 3. Tasas de crecimiento de altura de planta (cm) en *D. marginata* con diferentes sistemas de fertilización.

4.3.1.2 Diámetro de caña

Con los resultados obtenidos en el análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo se encontró una interacción entre tratamiento y fecha ($p = 0.0001$). Debido a dicha interacción se realizó un análisis de varianza por muestreo, el cual comprobó diferencias significativas entre tratamientos a partir del mes de junio ($p = 0.0001$). En este mes, T_3 presentó un menor crecimiento comparado con el resto de los tratamientos. En julio T_3 y T_6 mostraron los valores medios más bajos ($p < 0.0001$) y en septiembre T_6 presentó el menor crecimiento seguido por T_3 . Además, es importante mencionar que durante septiembre, T_2 alcanzó la tasa de crecimiento más alta (Figura 4).

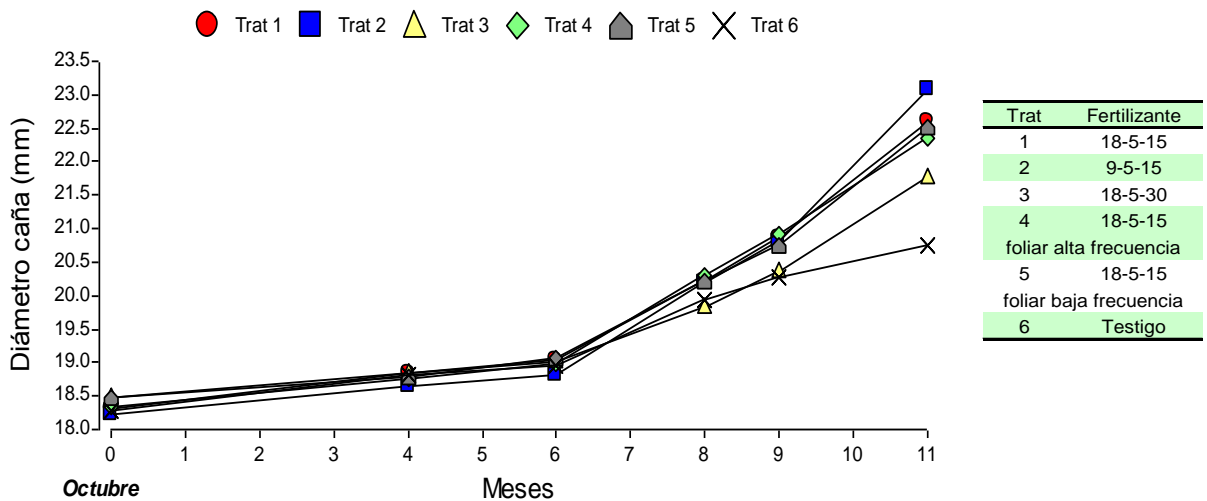


Figura 4. Tasas de crecimiento para la variable diámetro de planta (mm) en *D. marginata* con diferentes sistemas de fertilización.

4.3.1.3 Altura de tip

El análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo determinó una interacción tratamiento por fecha ($p < 0.0001$). A partir de junio se registraron diferencias para la variable altura del *tip* ($p = 0.0041$), presentando los valores de medias más bajos en T₃. Dicho comportamiento se mantuvo durante el mes de julio ($p = 0.0001$). En septiembre, se observó una menor tasa de crecimiento en T₃ seguido por T₆. Los tratamientos T₁, T₄ y T₅ resultaron ser estadísticamente similares. La mayor altura del *tip* se presentó en T₂ (Figura 5).

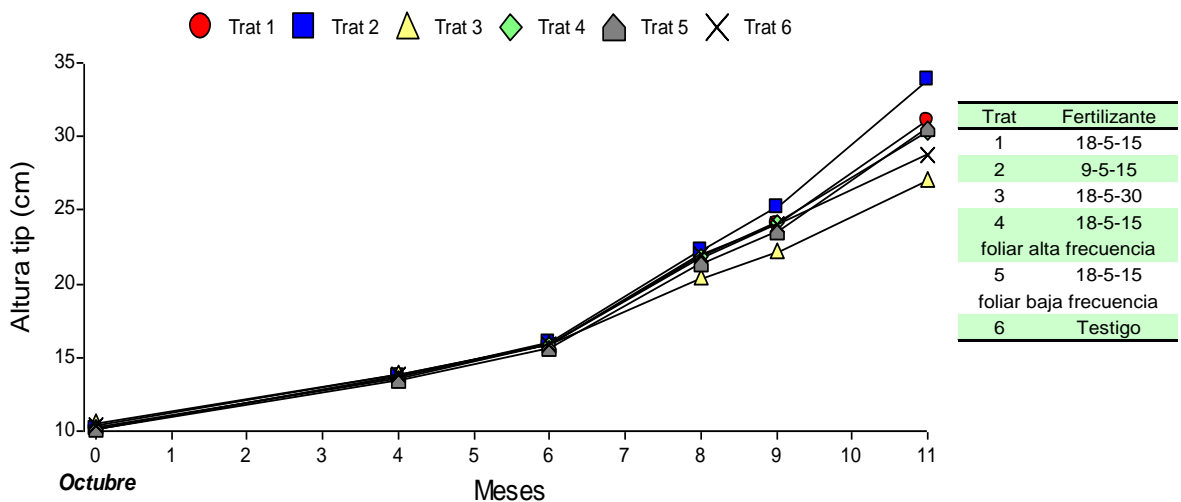


Figura 5. Tasas de crecimiento para la variable altura del *tip* (cm) en *D. marginata* con diferentes sistemas de fertilización.

4.3.1.4 Diámetro de *tip*

Al realizar el análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo se obtuvo una interacción tratamiento por fecha ($p < 0.0001$). Debido a esta interacción se analizaron los datos por fecha de muestreo. Para los meses de febrero ($p = 0.0891$) y abril ($p = 0.1369$) el diámetro de *tip* no difirió. Sin embargo, en junio ($p = 0.0004$) y julio ($p < 0.0001$) T_3 y T_6 muestran las tasas de crecimiento más bajas. En septiembre, el incremento del diámetro de *tip* fue menor en T_6 , seguido por T_3 . Los tratamientos T_1 , T_4 y T_5 son estadísticamente similares. Mientras que, T_2 presentó los valores de media más altos para la variable antes mencionada (Figura 6).

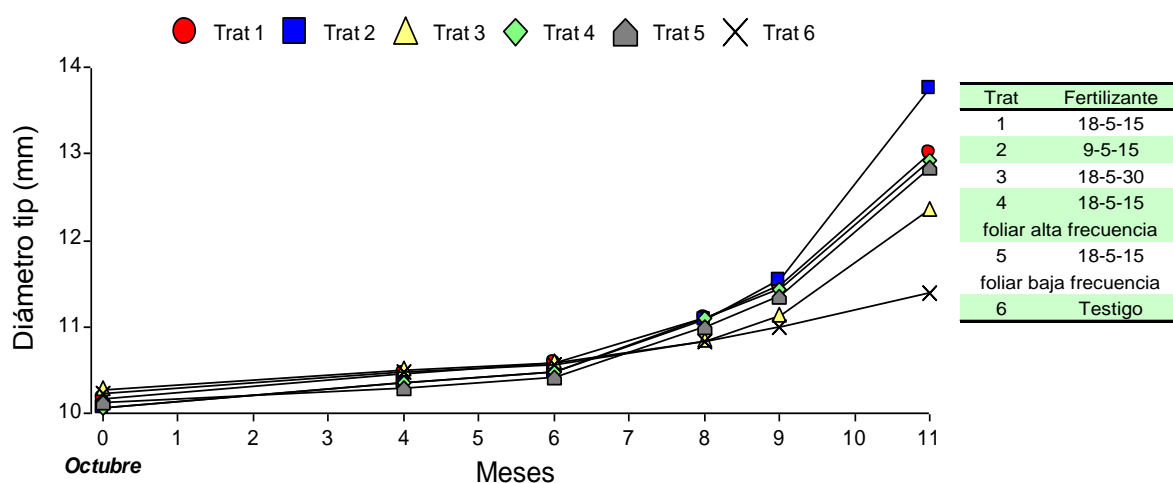


Figura 6. Tasas de crecimiento para la variable diámetro del *tip* (mm) en *D. marginata* con diferentes sistemas de fertilización.

4.3.2 Contenido de nutrientes en tejido foliar de *D. marginata* con diferentes sistemas de fertilización

4.3.2.1 Potásio

Al realizar el análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo se encontró una interacción tratamiento por fecha ($p < 0.0001$) y tejido por fecha ($p < 0.0001$). Debido a esto se llevó a cabo el análisis de los datos por fecha de muestreo, donde se determinó una interacción tratamiento por tejido solamente en el mes nueve ($p = 0.0221$), durante el cual T_6 en tejido maduro presentó una media más baja en relación con el resto de los tratamientos.

Independientemente de la fecha de muestreo, el tejido joven mantiene niveles más altos de K, $p < 0.0001$, (Figura 7).

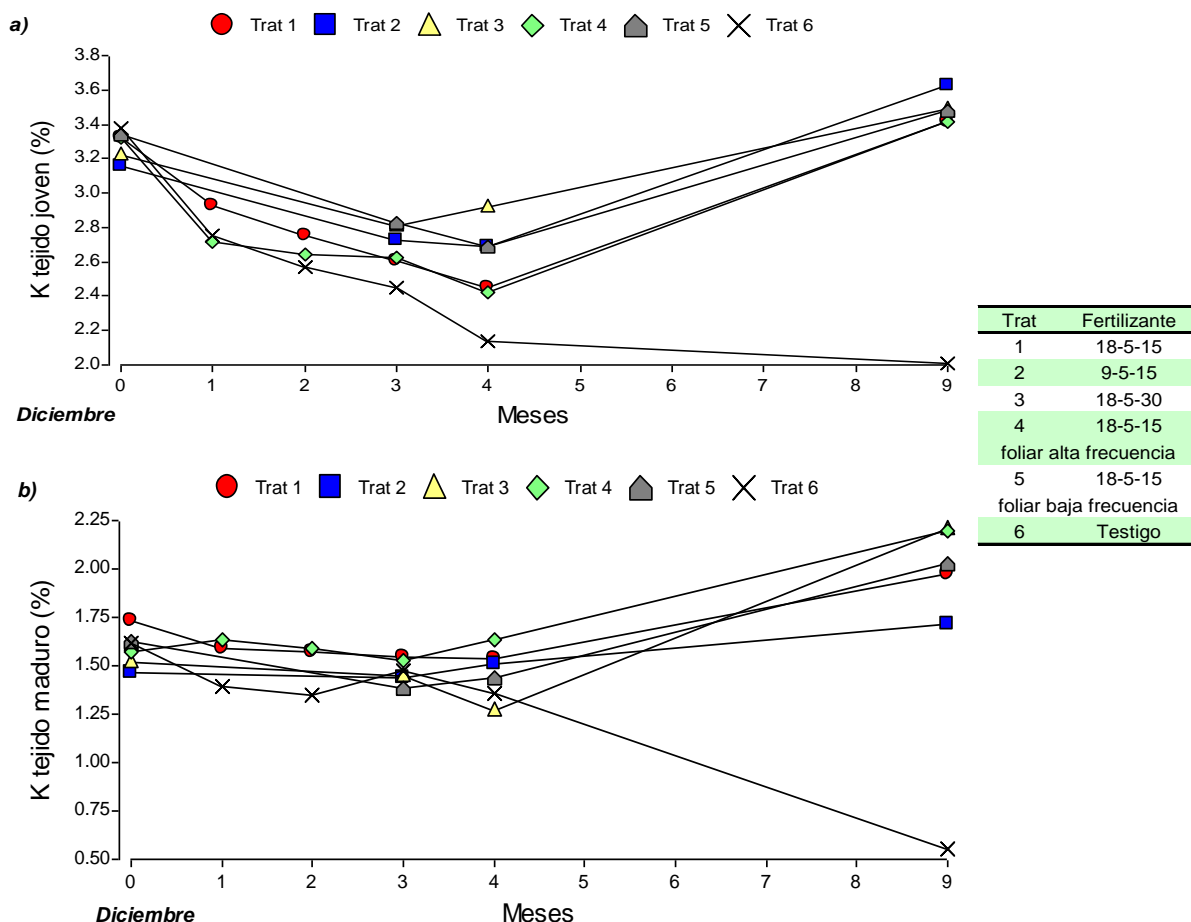


Figura 7. Porcentaje de potasio en el tejido foliar joven (a) y maduro (b) de *D. marginata* con diferentes sistemas de fertilización.

4.3.2.2 Fósforo

El análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo permitió determinar una triple interacción: tratamiento por tejido por fecha de muestreo ($p < 0.0001$). Durante los primeros cuatro meses los tratamientos no difirieron. Sin embargo, en el mes nueve se encontró que en el tejido foliar maduro, T₃ presentó los valores más bajos de dicho elemento y T₆ los valores más altos. Mientras que en el tejido joven los porcentajes de P menores se encontraron en T₃. Las medias más altas fueron las registradas en T₂ (Figura 8). Independientemente de la fecha de muestreo, el tejido joven mantiene un nivel de P más alto, con excepción de T₆ que presenta valores similares a los reportados por algunos tratamientos del tejido foliar maduro ($p < 0.0001$).

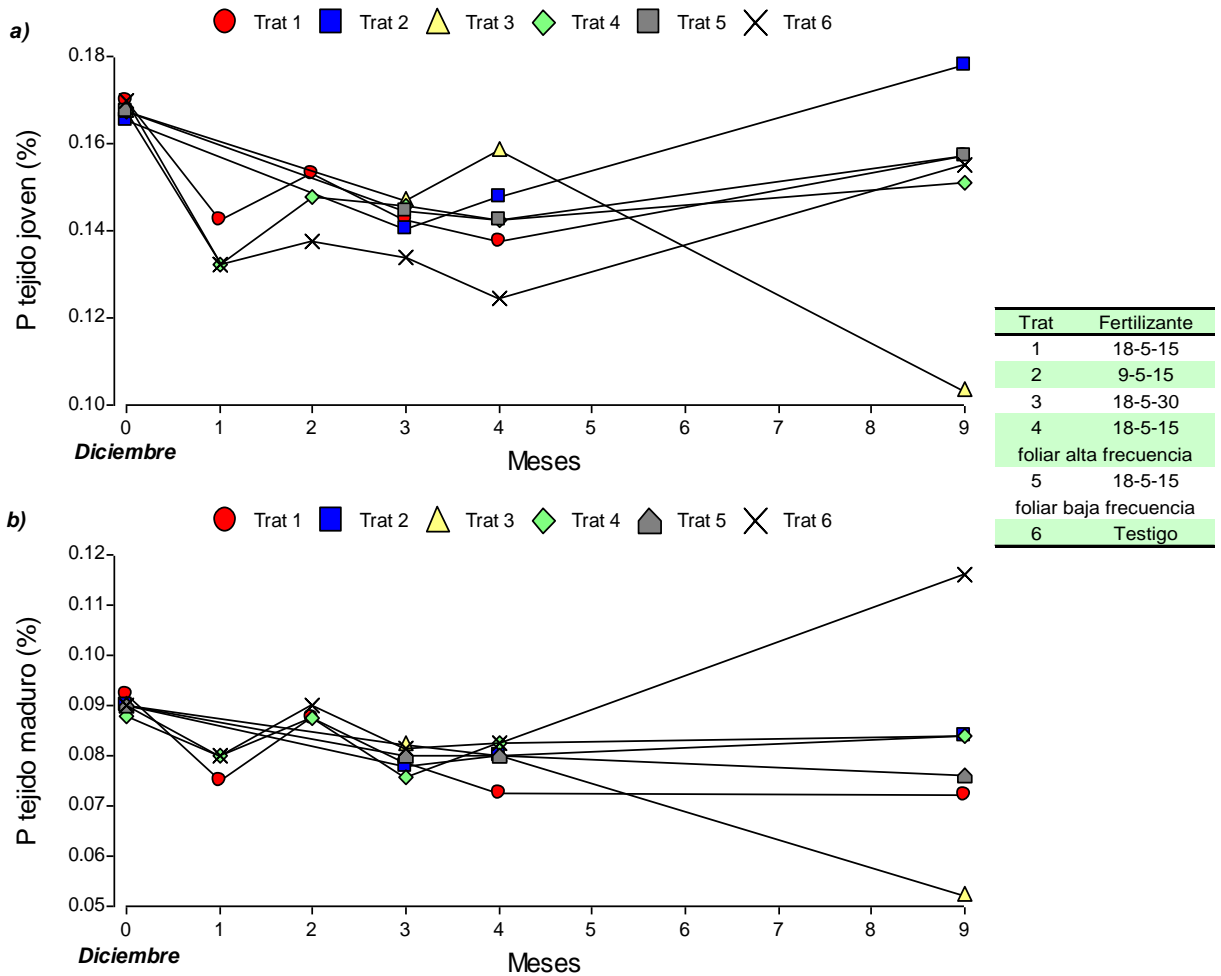


Figura 8. Porcentaje de fósforo en el tejido foliar joven (a) y maduro (b) de *D. marginata* con diferentes sistemas de fertilización.

4.3.2.3 Nitrógeno

Al realizar el análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo se encontró una interacción tratamiento por fecha ($p < 0.0001$) y tejido por fecha ($p < 0.0001$). Al realizar el análisis de varianza por fecha de muestreo, el porcentaje de N varió entre tratamientos solamente en el noveno mes ($p < 0.0001$), donde se observó que T₆, seguido por T₃ presentan los niveles más bajos de N (Figura 9). Durante los primeros cuatro meses de muestreo, el tejido joven presentó valores más altos de N con respecto al tejido maduro ($p < 0.0001$), sin embargo, en el mes nueve aunque se mantiene esta tendencia las diferencias no son significativas ($p = 0.8431$).

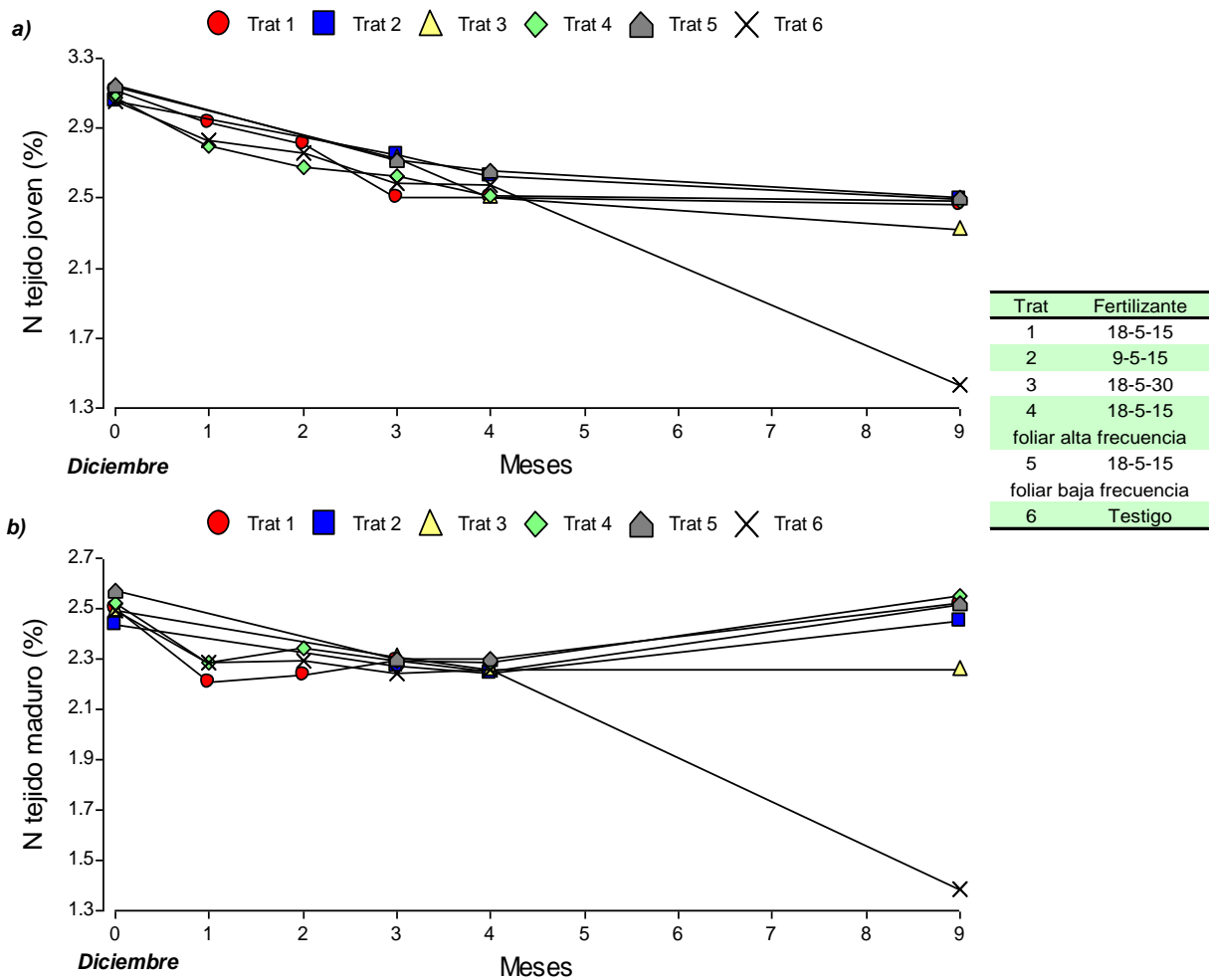


Figura 9. Porcentaje de nitrógeno en el tejido foliar joven (a) y maduro (b) de *D. marginata* con diferentes sistemas de fertilización.

4.3.2.4 Magnesio

El análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo determinó una interacción tratamiento por tejido por fecha ($p = 0.0249$). Una vez realizados los análisis por fecha de muestreo, se presentó en el mes nueve una interacción tratamiento por fecha ($p < 0.0001$). Además, se encontró que el tejido foliar joven presentó porcentajes de Mg más altos durante la toma de datos de línea base ($p < 0.0001$), el mes tres ($p < 0.0001$) y mes cuatro ($p = 0.0023$). Mientras que en el noveno mes los valores más altos de Mg se observaron en el tejido maduro (Figura 10). Sin embargo, para esta misma semana no se encontraron diferencias entre los tratamientos de tejido joven con T₆ del tejido maduro ($p < 0.0001$).

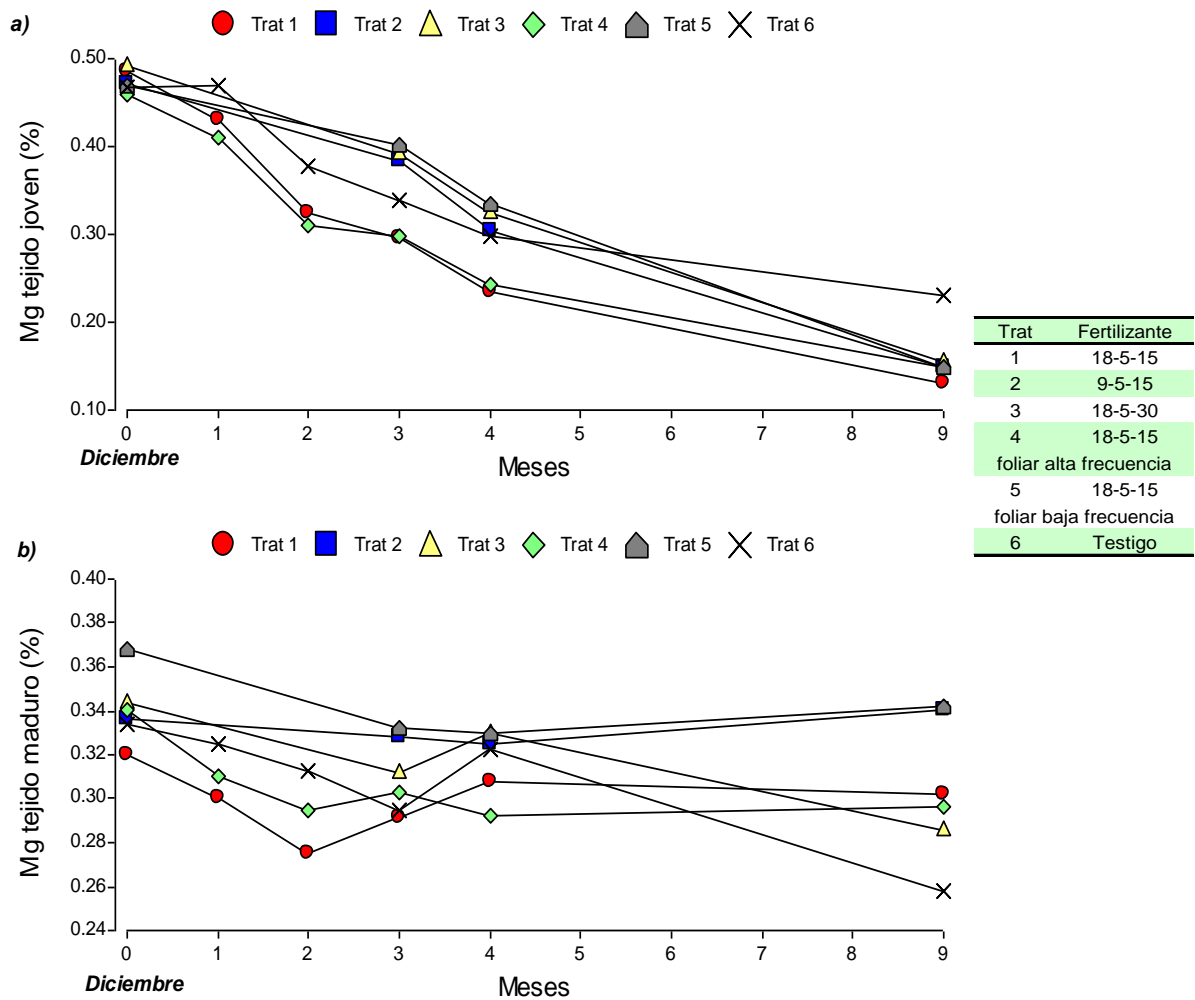


Figura 10. Porcentaje de Magnesio en el tejido foliar joven (a) y maduro (b) de *D. marginata* con diferentes sistemas de fertilización.

Además, se evaluó el efecto de fertilización sobre el contenido de Cu, Mn, Fe, Ca y Zn en el tejido foliar de *D. marginata*. Los elementos C y Zn no presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Mientras que en el resto de los elementos se encontraron diferencias en el mes nueve (Anexo 3).

4.4 Discusión

4.4.1 Tasas de crecimiento y contenido de nutrientes en tejido foliar de *D. marginata*

Las tasas de crecimiento del diámetro de planta, altura de *tip* y diámetro de *tip* difirieron entre los sistemas de fertilización utilizados. Mientras que, la variable altura de planta presentó un crecimiento muy pequeño a través del tiempo y no mostró diferencias entre tratamientos. Esto se debe a que con la poda se perdió o dañó el meristemo apical y como consecuencia los meristemos axiliares se activaron para producir nuevos brotes (*tips*) en los cuales la planta concentró sus recursos nutricionales.

Los tratamientos T₆ (sin fertilización) y T₃ (duplicación del aporte de K) registraron las menores tasas de crecimiento. Además, estos mostraron los valores más bajos de contenido de N en tejido foliar comparado con el resto de los tratamientos. Este comportamiento indica que en T₆ el suelo no aportó las cantidades necesarias de dicho elemento y a que en T₃ las altas cantidades de K aportado mediante fertilización disminuyeron las concentraciones de N, debido a que estos elementos son antagonistas (Jay y White 1974). Sin embargo, solamente T₆ presenta deficiencias de N, ya que los valores obtenidos en el mes nueve fueron menores al nivel crítico, que según Acuña et ál. (1992) para *D. marginata* es de 0.18 % de N.

El tratamiento T₆ presentó los valores más bajos de contenido de K en tejido foliar y al compararlos con los niveles óptimos recomendados para el cultivo de *D. marginata* (Acuña et ál. 1992) figuran como deficientes. Este es un factor clave que ayuda a explicar las bajas tasas de crecimiento, ya que el K es un activador de muchas enzimas utilizadas en la fotosíntesis y respiración (Salisbury y Ross 1992). Además, el contenido de K en el tejido de las plantas puede propiciar un efecto disuasivo de herbivorismo (Waring y Cobb 1992). Dicha resistencia se reduce en plantas con bajos contenidos de K. Se ha reportado que plantas de *D. marginata* sin fertilización son más atractivas para la alimentación de plagas con importancia cuarentenaria como lo es *Oncometopia clarior* (Pérez 2007).

Aunque T₃ mostró bajos contenidos de P y N el elemento limitante de crecimiento fue el P, ya que sus contenidos en el tejido vegetal fueron menores a 0.14% considerado como el nivel crítico para la planta en estudio (Acuña et ál. 1992). La deficiencia de este elemento afecta los procesos metabólicos, fotosíntesis y respiración, ya que forma parte de la estructura

química de ADP y ATP, así como también forma parte de los glucofosfatos (Salisbury y Ross 1992).

El tratamiento T₂ mostró las tasas de crecimiento más altas, lo cual permite inferir que este sistema de fertilización genera un mejor balance de nutrimentos, provocando una sinergia que se traduce en un buen desarrollo del cultivo. De acuerdo con los resultados obtenidos, se podría deducir que el agricultor aporta al cultivo una mayor cantidad de N a la requerida por la planta. Este aporte extra provoca pérdidas económicas importantes y contaminación del medio ambiente (Kyveryga et ál. 2007). La acumulación de nutrientes en el suelo provistos por la fertilización excesiva incrementa el riesgo de contaminación de fuentes acuíferas con nitritos y nitratos, los cuales pueden ser tóxicos para el ser humano (Ziadi et ál. 2007). Además, crea problemas de acidificación de los suelos, puesto que las fuentes de fertilización nitrogenada durante el proceso de nitrificación pasan de NH₄ a NO₃ liberando iones H⁺, lo cual causa la retención de nutrientes y la disponibilidad de otros capaces de provocar toxicidad (Sadzawka et ál. 2006).

Según Acuña et ál. (1992), aunque *D. marginata* cuenta con una cutícula gruesa responde de manera positiva a la aplicación de fertilización foliar. Sin embargo, los resultados de este estudio no coinciden con dicha aseveración, ya que los tratamientos T₁, T₄ y T₅ no registraron diferencias significativas en tasas de crecimiento y en contenido de nutrientes en tejido foliar. Esto se pudo deber a que el aporte de nutrientes vía foliar es muy pequeño, lo cual no demuestra estas diferencias. Investigaciones conducidas desde 1970 al año 2001 indican grandes inconsistencias en los incrementos de los rendimientos de los cultivos mediante este sistema de fertilización, ya que algunos estudios señalan un efecto positivo y en otros casos dicho efecto no es claro (Mallarino et ál. 2001). Sin embargo, en condiciones de deficiencias de nutrientes la fertilización foliar puede resultar una herramienta de corrección ventajosa, puesto que permite una incorporación inmediata de los nutrimentos a los fotosintatos y la translocación de estos a los lugares de la planta con mayor demanda (Trinidad Santos y Aguilar Manjarrez 1999). Además, podría ser utilizada eficientemente en la aplicación de micronutrientes en forma de quelatos, debido a que estos son requeridos en cantidades muy bajas.

El contenido de Mg en tejido foliar de *D. marginata* no difirió entre tratamientos. Sin embargo, se observó una clara tendencia a la disminución de dicho elemento, lo cual se debe principalmente a que dentro del sistema de fertilización no se aplicaron micronutrientes.

Además, la cantidad de este elemento en el suelo es menor a los valores óptimos [1.01 cmol(+)1]. En la continuidad del experimento, este pudo llegar a ser un factor limitante, cuyo efecto se hubiera visto reflejado directamente en el crecimiento de la planta, ya que el Mg se encuentra presente en la clorofila, se combina con el ATP permitiendo así que participe en muchas funciones y también es un activador enzimático (Salisbury y Ross 1992).

El tejido foliar joven registró una mayor cantidad de N, P y K, lo cual se debe a que los elementos mencionados se translocan de órganos maduros a órganos jóvenes mediante formas solubles. Dichos resultados han sido comprobados por gran cantidad de autores (Romero López 2006, Giraldo Castaño y Olarte Mantilla 2005, Salisbury y Ross 1992). Aunque en el análisis de los datos del elemento N en el mes nueve se observó una tendencia a la translocación, las diferencias en el contenido de nutrientes no fueron significativas lo que puede ser atribuido que el material muestreado no contara con la suficiente madurez y estuviera iniciando el proceso de translocación del nutriente.

4.5 Conclusión

El manejo de fertilización es ampliamente reconocido por su efecto en el crecimiento de los cultivos. En este ensayo se encontró variación en tasas de crecimiento de *D. marginata* según el sistema de fertilización empleado. Su adición determinó un mayor crecimiento de la planta en relación con aquellas sin fertilizar. No obstante, la aplicación de altas cantidades de K afectó de forma negativa su crecimiento. Por lo tanto, se comprueba no solo la importancia de incorporar nutrientes al suelo, sino también la necesidad de mantener un balance de los mismos. Esto se sustenta con el análisis de contenido de nutrientes, el cual difirió de acuerdo al aporte de nutrientes por fertilización, presentando deficiencias en las plantas sin fertilizar y en plantas a las cuales se aplicó altas cantidades de K.

El crecimiento de *D. marginata* fue más notable en los *tips* comparado con la caña. Así como también se presentaron variaciones en el contenido de nutrientes de tejido foliar según el estrato donde se ubican las hojas, mostrando un mayor contenido de algunos macronutrientes en tejido joven. Esto permite concluir que dicha planta presenta mayor actividad en órganos jóvenes, en los cuales concentra sus energías de crecimiento y mantiene altos niveles de algunos nutrientes, lo cual se debe tener en cuenta al realizar investigaciones en tasas de crecimiento y muestreos para la determinación de contenido de nutrientes en las plantas.

4.6 Recomendaciones

Se recomienda a los productores probar la fórmula de fertilización 9-5-15 (reducción del contenido de N) para el cultivo *D. marginata*. Vale recalcar, que dicha fórmula de fertilización no contiene micronutrientes, los cuales pueden ser incorporados a la planta mediante aplicaciones foliares en forma de quelatos. Es fundamental realizar análisis de suelos y tejido foliar, esto con el fin de adaptar la fórmula de fertilización a las condiciones de su finca y requerimientos de producción.

Para futuras investigaciones se recomienda utilizar técnicas de hidroponía, cultivo en sustrato inerte o técnica de película de nutrimento. Esto debido a que el suelo contiene nutrientes que podrían ocultar el verdadero efecto de los tratamientos. Además, es importante asegurar que la luminosidad y el riego aplicado sean suficientes, con el fin de observar con mayor facilidad los efectos de los sistemas de fertilización empleados.

4.7 Bibliografía

- Acuña, B; Jiménez, AC; Franco, JA; Murillo, G; Ramírez, J; Gamboa, J; Fernández, A. 1992. Técnicas para la producción de *Dracaena marginata* en Costa Rica. San José, CR. EUNED. 88 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2006. Estación Meteorológica CATIE. (en línea) Consultado: 28 septiembre 2006. Disponible en: www.catie.ac.cr
- Coyle, DR; Bentz, J. 2006. Effects of fertilization and irrigation on *Erythroneura lawsoni* (Homoptera: Cicadelidae) abundance and injury levels in an intensively managed American Sycamore plantation. US. University of Wisconsin. 28 p.
- Bentz, J; Reeves, J; Barbosa, P; Francis, B. 1995. Nitrogen fertilizer effect on selection, acceptance, and suitability of *Euphorbia pulcherrima* (Euphorbiaceae) as a host plant to *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Environmental Entomology* 24(1): 40-45.
- Bi, JL; Toscazo, NC; Madore, MA. 2003. Effect of urea fertilizer application on soluble protein and free amino acid content of cotton petioles in relation to silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii*) populations. *Journal of Chemical Ecology* 29(3): 747-761.

- Giraldo Castaño, G; Olarte Mantilla, SM. 2005. El análisis foliar y su uso en la nutrición vegetal, técnicas de muestreo para diferentes cultivos. (en línea). Consultado: 3 octubre 2007. Disponible en: www.drcalderonlabs.com/.../Analisis_Foliar/Metodos deMuestreo/Muestreo%20Foliar%20en%20Algunos%20Cultivos.htm - 109k -
- Gliessman, SR. 1998. Agroecology: Ecological processes in sustainable agriculture. US. Ann Arbor Press. 357 p.
- Infostat. 2007. Infostat Versión Profesional 2007. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, AR.
- Jay, E; White, JW. 1974. Potassium fertilization of *Chrysanthemums* using a constant drip fertilizer solution. *Plant and Soil* 41(2): 271-278.
- Kyveryga, PM; Blackmer, AM; Morris, TF. 2007. Alternative benchmarks for economically optimal rates of nitrogen fertilization for corn. *Agronomy Journal* 99: 1057-1065.
- Mallarino, AP; Haq, MU; Wittry, D; Bermúdez, M. 2001. Variation in soybean response to early season foliar fertilization among and within fields. *Agronomy Journal* 93:1220-1226.
- McConnell, DB; Chen, J; Henny, RJ; Everitt, KC. 2006. Cultural Guidelines for Commercial Production of Interiorscape *Dracaena*. University of Florida. (en línea). US. Consultado: 23 septiembre 2006. Disponible en: edis.ifas.ufl.edu/EP149
- Queirós, F. 2007. Impactos de la revolución verde, agricultura convencional. (en línea). Consultado: 10 noviembre 2007. Disponible en: www.ecocomunidad.org.uy/coeduca/artic/impactos_verde1.htm - 12k -
- Pérez, G. 2007. Evaluación de comportamiento de *Oncometopia clarior* (Walter) (Hemíptera:Cicadellidae) ante especies vegetales asociadas al cultivo *Dracaena marginata* (Lamarck) y su preferencia a diversos regímenes de fertilización. Tesis Mag.Sc Turrialba, CR. CATIE.
- Romero López, SA. 2006. Aporte de biomasa y reciclaje de nutrientes en seis sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica* var. Caturra) con tres niveles de manejo. Tesis Mag.Sc Turrialba, CR. CATIE.
- Saborío Valverde, R; Coto León, D. 2006. Provincia de Cartago. (en línea). Consultado: 28 septiembre 2006. Disponible en: www.cesdepu.com/org/cartago.htm

- Sadzawka, A; Carrasco, MA; Grez, R; Mora, ML. 2006. Acidificación de los suelos volcánicos de Chile. (en línea). Consultado: 3 septiembre 2007. Disponible en: www.inia.cl/platina/investigacion/congresos/docs/2006/2006-01-sadzawka.pdf
- Salisbury, F; Ross, C. 1992. Fisiología vegetal. Trad. V González Velásquez. MX. Grupo Editorial Iberoamérica. 759 p.
- Trinidad Santos, A; Aguilar Manjarrez, D. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra* 17(3): 247-255.
- Van Emden, HF. 1966. Studies on the relation of insect and host plant: A comparison of the reproduction of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphidae) on Brussels sprout plants supplied with different rates of nitrogen and potassium. *Entomologia Experimentis et Applicata* 9(3): 444-460.
- Ziadi, N; Bélanger, G; Cambouris, AN; Tremblay, N; Nolin, MC; Claessens, A. 2007. Relationship between P and N concentrations in corn. *Agronomy Journal* 99: 833-841.

5 ARTÍCULO 2:

Villalobos Araya, A. 2007. Caracterización de la vegetación asociada a *Dracaena marginata* y sus periferias. Tesis M.Sc. CATIE

5.1 Introducción

La modernización agrícola se ha dirigido a la simplificación del medio ambiente, ya que se ha apostado a la disminución de la diversidad con el establecimiento de sistemas de monocultivo, los cuales en un corto periodo de tiempo resultan ser altamente productivos. No obstante, a largo plazo dicha intensificación es la fuente causal de la transformación del paisaje, empobrecimiento de los suelos, erosión, proliferación de plagas y degradación de recursos naturales (Alan et ál. 1995). La necesidad de la aplicabilidad de prácticas y tecnologías limpias de producción basadas en el conocimiento de procesos de regulación del agroecosistema son la piedra angular para la sostenibilidad de la agricultura.

El establecimiento y manejo de cercas vivas y arvenses en los monocultivos aporta gran variedad de servicios ambientales como por ejemplo el balance de poblaciones de herbívoros. Esto se debe a que cierto tipo de diversidad confiere una estabilidad trófica en el sistema, debido a que generan fuentes de alimentación y refugio para enemigos naturales de las plagas (Norris y Kogan 2000). Sin embargo, no solo es importante mantener la densidad de estos recursos, sino también se debe asegurar su distribución espacial y temporal (Altieri 1999).

La clave para alcanzar la regulación biótica es la diversidad selectiva y su función en el ecosistema; por lo tanto, un grupo de especies de plantas al azar no basta para conseguir el objetivo de disminución de plagas (Nicholls 2007). Esta es una buena razón por la cual, antes de definir estrategias de manejo acordes a los principios de sostenibilidad se debe realizar una caracterización de la flora asociada al cultivo. Dicha caracterización debe incluir no solo la diversidad de especies y composición de la comunidad, sino también la diversidad funcional. La diversidad funcional al predecir los impactos de los organismos permitirá determinar la influencia de estos en los procesos, dinámica y estabilidad del ecosistema (Petchey y Gaston 2006).

5.2 Metodología

5.2.1 Caracterización de arvenses y cercas vivas en el cultivo *D. marginata*

5.2.1.1 Área de estudio

La investigación de la vegetación asociada al cultivo fue realizada en San Carlos y Zona Atlántica (Guápiles) de Costa Rica (Figura 11). San Carlos tiene una altitud de 170 msnm, una temperatura promedio de 25 °C, la radiación solar es de 4-6 horas luz y su precipitación promedio anual de 3500 mm. Por otra parte, Guápiles está a 246 msnm, su temperatura promedio oscila entre los 24 y 33 °C, los meses de menos lluvia son septiembre, octubre, marzo y abril, el promedio de radiación solar es de seis horas luz y su precipitación anual es de 4500 mm en promedio (IMN 2007).



Figura 11. Ubicación del área de estudio en la Zona Atlántica y San Carlos. Fuente: <http://www.guiascostarica.com/mgeo1.gif>

5.2.1.2 Selección de lotes

Se realizaron muestreos en 18 lotes de *D. marginata* var. verde en la Zona Atlántica y San Carlos, donde se evaluaron nueve lotes por zona. El criterio para la selección de los lotes fue: la permanencia de arvenses en el interior del cultivo, entrecalles, drenajes y presencia de cercas vivas en su periferia. Además, se comprobó mediante observación la incidencia de cicadélidos y huevos de cicadélidos parasitados en el cultivo.

5.2.1.3 Variables evaluadas

La vegetación asociada al cultivo y sus periferias fue caracterizada durante las dos épocas del año (seca y lluviosa). Aunque para las zonas estudiadas la época seca no se encuentra bien marcada, se tomaron registros del Instituto Meteorológico Nacional con las precipitaciones totales medias por mes y se determinaron las fechas de muestreo. Los meses de muestreo escogidos fueron abril como época seca y finales de junio principios de julio como época lluviosa. Las precipitaciones reportadas durante el mes de abril fueron de 70 mm para San Carlos y de 270 mm para la Zona Atlántica, mientras que las reportadas durante los meses de junio y julio fueron de 166 mm y de 436 mm respectivamente (IMN 2007).

La metodología empleada para la medición de las variables riqueza de especies, porcentaje de cobertura total, porcentaje de cobertura por especie y biomasa, consistió en colocar cuatro veces un marco de 50 x 50 cm en cada uno de los puntos en estudio (interior del cultivo, entrecalle y drenaje). Para el caso de las cercas vivas se midió con cinta métrica un transecto de 5 m de largo, en el cual se evaluó riqueza de especies, densidad total, densidad por especie y altura (Figura 12).

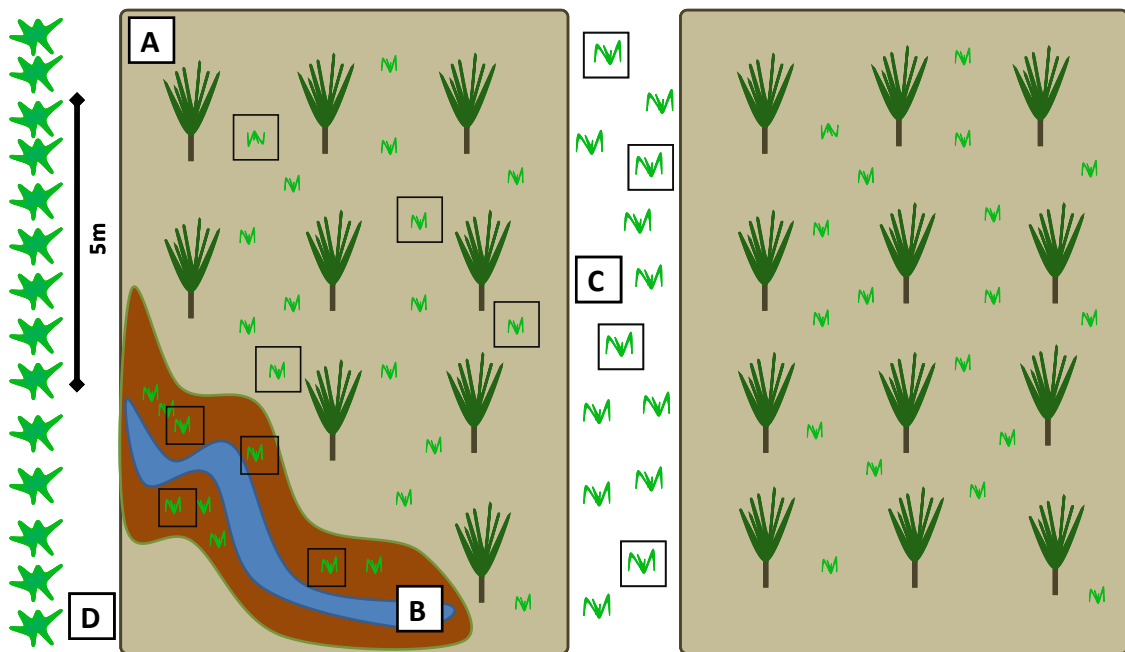


Figura 12. Método de muestreo utilizado para la caracterización de cercas vivas (D) y arvenses ubicados en el interior del cultivo (A), drenaje (B) y entrecalle (C).

En campo se tomaron muestras de la vegetación presente. Estas muestras fueron prensadas y se secaron en un horno a una temperatura de 60 °C. Posteriormente, fueron montadas para su clasificación. La clasificación se realizó mediante el uso de claves y guías de identificación (García et ál. 1975, Burger 1977, Pohl 1980, ICI 1986, Missouri Botanical Garden 1994, Vásquez et ál. 2004, Vanda Nilsson 2005). Además, se visitó el Herbario de Arvenses de la Universidad de Costa Rica y el Herbario Juvenal Valerio Rodríguez de la Universidad Nacional con el fin de verificar que la clasificación fuera correcta e identificar los especímenes faltantes.

Los rasgos funcionales de las especies encontradas fueron determinados mediante la medición u observación de cinco individuos, así como también se consultaron fuentes bibliográficas para determinar algunos rasgos difíciles de observar en campo. Los rasgos funcionales evaluados fueron: succulencia, forma de la hoja o del foliolo en caso de hojas compuestas, pubescencia, olor, fijación de N, nectarios florales, nectarios extraflorales y polinización entomófila.

La succulencia de la vegetación asociada a *D. marginata* fue determinada con el peso fresco tomado en campo y peso seco. El peso seco fue medido en el CATIE después de mantener el tejido foliar en un horno a temperatura de 60 °C hasta un peso constante. Posteriormente, se calculó el porcentaje de agua en el tejido utilizando la siguiente fórmula: $[(Pf - Ps)/Pf] * 100$. El contenido de agua de las plantas es un factor que puede limitar o favorecer el herbivorismo (Cornelissen et ál. 1996, Wilson 1999, Pérez-Harguindeguy et ál. 2003). Este es un rasgo de importancia para el estudio, ya que los cicadelidos al ser insectos chupadores se alimentan de savia de las plantas y plantas suculentas podrían ser más atractivas (Godoy 2005).

La observación de forma de la hoja o foliolo fue realizada en campo y se clasificó en linear, acicular, peltada, elíptica, orbicular, obovada, deltoide, ovada, lanceolada, cuneada, oblanceolada, digitada y acorazonada. Este es un rasgo de las plantas que puede atraer o no a los insectos para refugio. Además puede crear condiciones de microclima aptas o desfavorables para la plaga o sus enemigos naturales.

Se determinó en campo la presencia o ausencia de pubescencia y su ubicación en la planta (hoja, tallo u hoja y tallo). La pubescencia constituye un mecanismo de defensa de la planta, ya que un aumento de pilosidad molesta los procesos de establecimiento de los insectos

(Calatayud y Múnera 2007). Ranger y Hower (2002) demostraron que la presencia de tricomas glandulares en alfalfa reducen la alimentación y movimiento de ninfas de *Empoasca fabae* (Cicadellidae).

La información del rasgo olor se obtuvo mediante revisión de literatura, ya que su determinación en campo podría ser muy subjetiva. El olor de las plantas juega un papel importante en atraer o repeler a los insectos, ya que este es acarreado por el viento de modo que el insecto a cierta distancia de la fuente percibirá una serie de explosiones de olor separadas por períodos sin olor (Bernays y Chapman 1994).

La fijación de N fue determinada mediante la revisión de literatura. Plantas fijadoras de nitrógeno podrían mantener mayores concentraciones de dicho elemento en su tejido, por lo tanto podrían ser más atractivas para los insectos. De acuerdo con Cornelissen et ál. (1997), el contenido de nutrientes, especialmente N, se considera un factor dominante en la interacción planta-herbivorismo. Coyle y Bentz (2006) encontraron una correlación positiva entre el contenido foliar de nutrientes y la abundancia de *Erythroneura lawsoni* (Homoptera: Cicadellidae).

La información de nectarios extraflorales y florales fue tomada de referencias bibliográficas. Estos son rasgos de importancia para el estudio ya que la disponibilidad de azúcares permite mejorar la efectividad de control biológico de plagas mediante parasitoides (Wakers 2004). Esta fuente de alimentación aumenta la fecundidad del parasitoide, incrementa el índice de maduración de huevo y a su vez mejora la tasa de esperanza de vida reproductiva (Schmale et ál. 2001). Pocos han sido los estudios realizados sobre el efecto de la disponibilidad de nectarios extraflorales de las plantas sobre parasitismo, sin embargo, Pemberton y Lee (1996) indican que estas estructuras glandulares de las plantas, al secretar el néctar a la superficie de la planta provocan una fuente de alimentación más accesible para el parasitoide, el cual normalmente se caracteriza por tener un aparato bucal pequeño y corto.

El rasgo polinización entomófila fue tomado de información bibliográfica, ya que en campo es difícil de determinar. Este se considera de importancia para el estudio debido a que gran parte de la entomofauna benéfica obtiene aminoácidos y carbohidratos esenciales del polen. Además la presencia de polen puede incrementar los índices de vida y eficiencia reproductiva de parasitoides (Mexzón 1997).

5.2.1.4 Modelo estadístico

El modelo estadístico para el análisis corresponde a un diseño multifactorial con dos niveles para el factor estación (seca y lluviosa), dos niveles para el factor zona (Atlántico y San Carlos), nueve lotes (bloques), tres tratamientos por lote (cultivo, entrecalle y drenaje), y cuatro repeticiones dentro de lote (bloque generalizado):

$$y_{ijklm} = \mu + Z_i + L(Z)_{j(i)} + E_k + Z_i E_k + P_l + E_k P_l + Z_i P_l + Z_i E_k P_l + \varepsilon_{ijklm}$$

donde:

y_{ijklm} = variable respuesta

μ = media general

Z_i = efecto de la i -ésima zona

$L(Z)_{j(i)}$ = efecto del j -ésimo lote dentro de la i -ésima zona

E_k = efecto de la k -ésima estación

$Z_i E_k$ = interacción entre zona y estación

P_l = efecto del l -ésimo tratamiento

$E_k P_l$ = interacción entre estación y tratamiento

$Z_i P_l$ = interacción entre zona y tratamiento

$Z_i E_k P_l$ = interacción entre zona, estación y tratamiento

ε_{ijklm} = Término de error independiente supuestamente distribuido $N(0, \sigma^2)$

Para la caracterización de cercas vivas el modelo estadístico es el siguiente:

$$y_{ijklm} = \mu + Z_i + L(Z)_{j(i)} + E_k + Z_i E_k + \varepsilon_{ijklm}$$

y_{ijklm} = variable respuesta

donde:

μ = media general

Z_i = efecto de la i -ésima zona

$L(Z)_{j(i)}$ = efecto del j -ésimo lote dentro de la i -ésima zona

E_k = efecto de la k -ésima estación

$Z_i E_k$ = interacción entre zona y estación

ε_{ijklm} = Término de error independiente supuestamente distribuido $N(0, \sigma^2)$

5.2.1.5 Análisis de los datos

Se realizaron curvas de acumulación de especies utilizando el programa EstimateS 8.0 (Colwell 2006) y curvas de rango abundancia del logaritmo en base 10 de la frecuencia relativa para muestras de S especies. Además, con el fin de determinar si existen diferencias

significativas entre los tratamientos, las zonas de estudio y las estaciones climáticas se realizó un análisis de los datos mediante ANOVA. La comunidad vegetal fue caracterizada utilizando los índices de diversidad de Simpson y Shannon-Weaver así como también el índice de equitatividad de Shannon. Estos análisis fueron realizados con el programa estadístico InfoStat versión 2007 p.3 (InfoStat 2007).

La metodología empleada para el cálculo de diversidad funcional fue la descrita por Petchey y Gaston (2002 y 2006), la cual consiste en tres pasos:

1. Obtener una matriz de rasgos.
2. Convertir la matriz de rasgos a una matriz de distancias.
3. Producir un dendrograma con la matriz de distancias que muestre relaciones funcionales entre las especies.

Los datos de rasgos funcionales fueron analizados mediante el método multivariado estándar para la obtención de la matriz de rasgos, la matriz de distancias y el dendrograma. El dendrograma fue construido a partir de un análisis de conglomerados jerárquicos, utilizando el Método de Ward. Debido a la coexistencia de rasgo de naturaleza continua, discreta y categórica, se utilizó el Coeficiente de Similitud de Gower para mezclas de variables. Este coeficiente de similitud fue transformado a distancia mediante $1 - \text{ABS}$ (similitud).

5.2.2 Caracterización de poblaciones de arvenses en lotes de *D. marginata* con diferentes tamaños de corte

Este estudio fue llevado a cabo en la Zona Atlántica (Guápiles), en donde se realizó una caracterización de arvenses en lotes de *D. marginata* var. verde con material de diferente tamaño de corte (Figura 13). Se realizaron dos evaluaciones durante el año, una por cada estación climática. Se evaluaron nueve lotes (tres por tamaño de corte). Antes de caracterizar las poblaciones de arvenses, se verificó la presencia de cicadélidos y sus enemigos naturales en el cultivo. Posteriormente, se evaluaron las variables riqueza de especies, porcentaje de cobertura total, porcentaje de cobertura por especie y biomasa colocando al azar un marco de 50 x 50 cm ocho veces por lote. Además, se midieron los mismos rasgos funcionales.

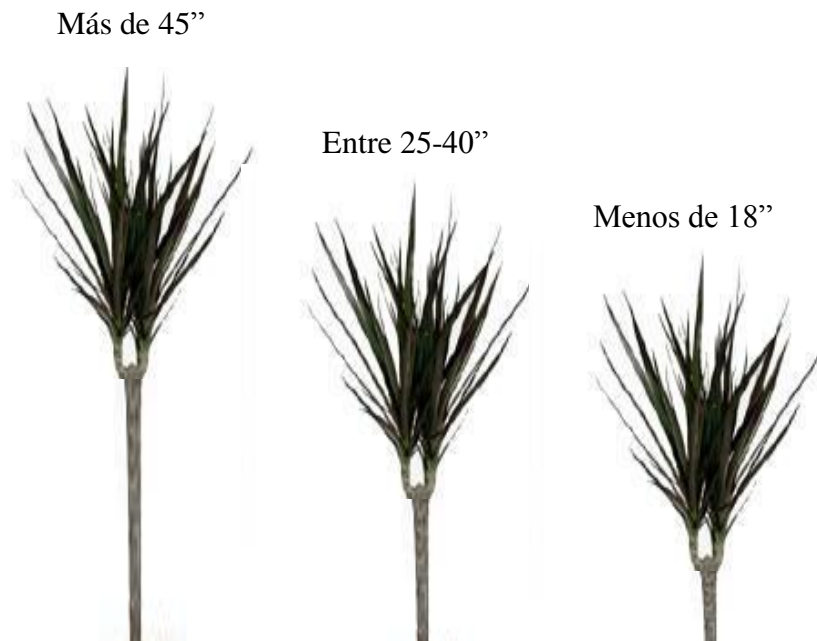


Figura 13. Tamaños de corte de *D. marginata* var verde mayor a 45 pulgadas, entre 25 y 40 pulgadas y menor a 18 pulgadas.

5.2.2.1 Modelo estadístico

El modelo estadístico para el análisis correspondiente es un diseño multifactorial con dos niveles para el factor estación (seca y lluviosa), tres lotes (bloques), tres tamaños de planta (tratamiento) y cuatro repeticiones dentro del lote (bloque generalizado):

$$y_{ijklm} = \mu + T_i + L_j + E_k + T_i E_k + \varepsilon_{ijklm}$$

donde:

y_{ijklm} = variable respuesta

μ = media general

T_i = efecto del i -ésimo tamaño

L_j = efecto del j -ésimo lote

E_k = efecto de la k -ésima estación

$T_i E_k$ = interacción entre tamaño y estación

ε_{ijklm} = Término de error independiente supuestamente distribuido $N(0, \sigma^2)$

5.2.2.2 Análisis de los datos

Se realizaron curvas de acumulación de especies utilizando el programa EstimateS 8.0 (Colwell 2006) y curvas de rango abundancia del logaritmo en base 10 de la frecuencia relativa para muestras de S especies. Con el fin de determinar si existen diferencias significativas entre los arvenses encontrados en sistemas con diferentes tamaños de corte y las estaciones climáticas se realizó un análisis de los datos mediante ANOVA. La comunidad vegetal fue caracterizada utilizando los índices de diversidad de Simpson y Shannon- Weaver así como también el índice de equitatividad de Shannon. El programa estadístico utilizado fue InfoStat Versión 2007 p.3 (InfoStat 2007). Para el análisis de diversidad funcional se siguió la metodología descrita anteriormente.

5.3 Resultados

5.3.1 Caracterización de la vegetación asociada al cultivo D. marginata y sus periferias

5.3.1.1 Composición general de la comunidad vegetal

Al realizar el muestreo de los 18 lotes en estudio, se encontraron 118 especies de plantas asociadas al cultivo *D. marginata* y sus periferias. De las 2099 plantas observadas, las diez especies más frecuentes fueron: *Eleusine indica*, *Phyllanthus amarus*, *Digitaria ciliaris*, *Impatiens walleriana*, *Laportea aestuans*, *Drymaria cordata*, *Spermacoce latifolia*, *Phenax sonneratii*, *Cyathula prostrata* y *Cyperus tenuis* (Anexo 4). Estas especies acumularon el 34.5% de la abundancia registrada en los lotes evaluados.

El total de especies encontradas en este estudio se agrupan en 44 familias, de las cuales las 12 más representativas en orden descendente fueron Asteraceae, Poaceae, Euphorbiaceae, Cyperaceae, Fabaceae, Rubiaceae, Malvaceae, Scrophulariaceae, Solanaceae, Amaranthaceae, Piperaceae y Urticaceae (Figura 14). El resto de las familias están representadas por 2 especies o menos (Anexo 5).

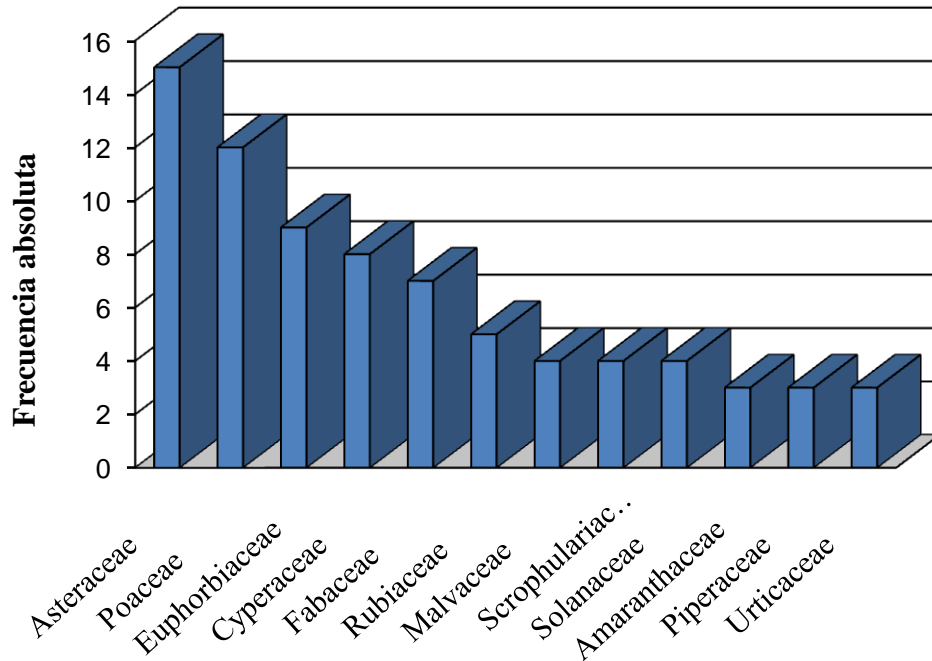


Figura 14. Familias más representativas por número de especies encontradas en el cultivo *D. marginata* y sus periferias, Costa Rica, 2007.

5.3.1.2 Composición y estructura de la comunidad vegetal por zona

Al evaluar la comunidad de la vegetación asociada a *D. marginata* se encontró que la Zona Atlántica presenta un total de 1052 individuos muestreados y San Carlos de 1047. La curva de acumulación de especies permitió determinar que San Carlos cuenta con una riqueza de 91 especies y la Zona Atlántica de 88. El patrón de acumulación de especies mostró una tendencia a la estabilización en ambas zonas, por lo tanto, el esfuerzo de muestreo logró conseguir resultados fiables (Figura 15).

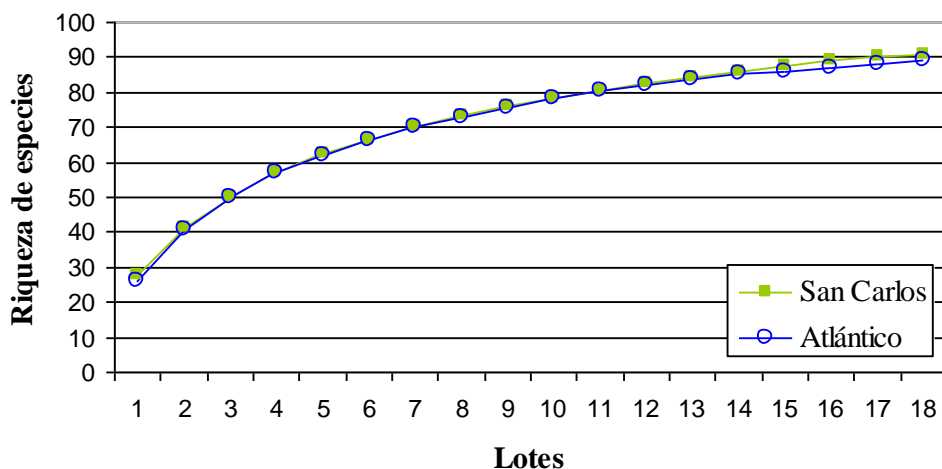


Figura 15. Curva de acumulación de especies asociadas al cultivo *D. marginata* según número de lotes muestreados en la Zona Atlántica y San Carlos, Costa Rica, 2007.

La curva de rango abundancia muestra que tanto la Zona Atlántica como San Carlos cuentan con pocas especies dominantes, pero ninguna de ellas con una dominancia muy pronunciada (Figura 16), lo cual se comprueba con los altos valores obtenidos en los índices de equitatividad de Shannon ($J = 0.84$ para San Carlos y $J = 0.86$ para la Zona Atlántica). Aunque el comportamiento para ambas zonas es similar, la composición de especies varía entre ellas. Las cinco especies más abundantes en la Zona Atlántica por orden descendente fueron: *Eleusine indica*, *Laporteia aestuans*, *Drymaria cordata*, *Axonopus sp* y *Peperomia pellucida*; mientras que en San Carlos fueron: *Impatiens walleriana*, *Phyllanthus amarus*, *Spananthe paniculata*, *Spermacoce assurgens* y *Digitaria ciliaris* (Anexo 6). En San Carlos se observó un mayor número de especies raras representadas por un solo individuo.

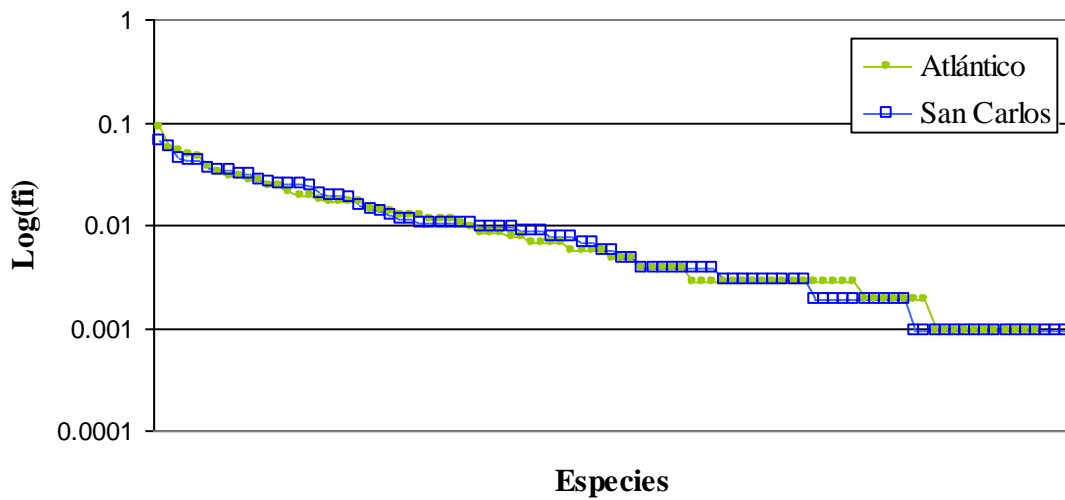


Figura 16. Curva de rango abundancia del logaritmo de la abundancia relativa de especies asociadas al cultivo *D. marginata* en la Zona Atlántica y San Carlos, Costa Rica, 2007.

Al evaluar el porcentaje de cobertura total de la vegetación asociada a *D. marginata*, se encontraron diferencias entre zonas ($p = 0.0202$). La Zona Atlántica presentó una media de 64% y San Carlos de 49%. Además, el porcentaje de cobertura total difirió entre los lotes evaluados dentro de las zonas ($p = 0.0075$). Para la variable biomasa total no encontraron diferencias significativas entre zonas ($p = 0.7264$) pero si entre los lotes evaluados dentro de las zonas ($p = 0.0026$).

Los índices de Shannon- Weaver y de Simpson mostraron una mayor diversidad de especies y de porcentaje de cobertura en San Carlos. Por otra parte, la diversidad en el contenido de biomasa tiende a ser menor en la Zona Atlántica, sin embargo, esta diferencia no es muy marcada (Cuadro 4).

Cuadro 4. Índices de diversidad de especies, porcentaje de cobertura y biomasa para la Zona Atlántica y San Carlos, Costa Rica, 2007.

	Índice de Shannon		Índice de Simpson	
	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
% Cobertura				
Atlántico	2.78	3.69	0.04	0.21
San Carlos	3.66	3.84	0.03	0.04
Biomasa				
Atlántico	3.41	3.63	0.04	0.07
San Carlos	3.51	3.65	0.04	0.05
Presencia-Ausencia				
Atlántico	3.72	3.86	0.03	0.04
San Carlos	3.85	3.91	0.03	0.03

5.3.1.3 Composición y estructura de la comunidad vegetal por época del año

Durante la época lluviosa se muestrearon 1073 individuos, los cuales fueron clasificados en 107 especies. Por otra parte, en la época seca de los 1026 individuos observados se encontraron 98 especies. En todos los lotes evaluados, la época lluviosa mostró una mayor riqueza. Con la curva de acumulación de especies se comprobó que el esfuerzo de muestreo fue apropiado, ya que dicha curva tiende a la estabilización (Figura 17).

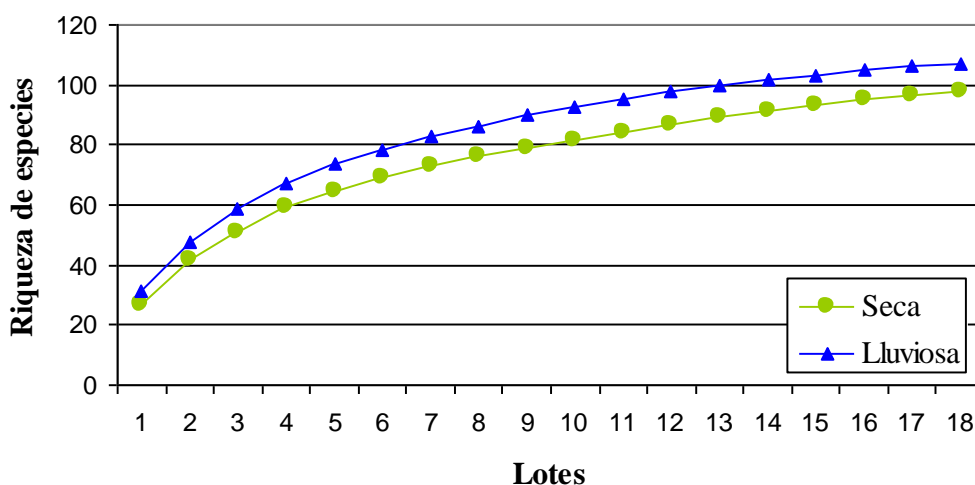


Figura 17. Curva de acumulación de especies asociadas al cultivo *D. marginata* según número de lotes muestreados durante la época seca y lluviosa, Costa Rica, 2007.

Mediante la curva de rango abundancia se logró determinar que la época seca registró un mayor número de especies dominantes comparado con la época lluviosa. Sin embargo, para ambas épocas del año, esta dominancia no es muy pronunciada, lo cual se logró comprobar con los índices de equitatividad de Shannon que mostraron valores altos ($J = 0.85$ para la época seca y $J = 0.87$ para la época lluviosa). Las especies dominantes son poco variables entre épocas. Las cinco especies más abundantes en la época lluviosa fueron: *Eleusine indica*, *Phyllanthus amarus*, *Spermacoce latifolia*, *Digitaria ciliaris* y *Drymaria cordata*. En la época seca fueron: *Eleusine indica*, *Phyllanthus amarus*, *Digitaria ciliaris*, *Laportea aestuans* y *Impatiens walleriana*. Las especies raras son más comunes durante la época seca (Figura 18).

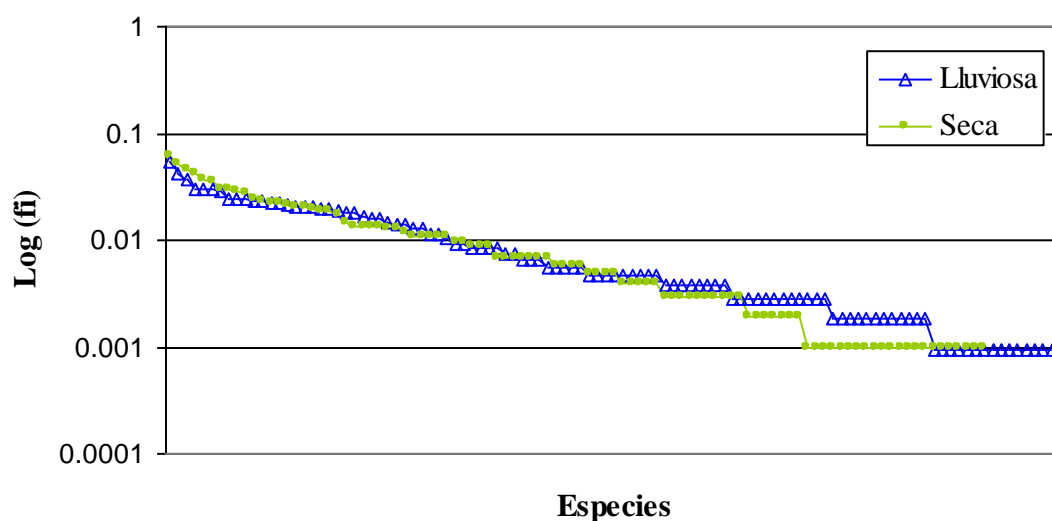


Figura 18. Curva de rango abundancia del logaritmo de la abundancia relativa de especies asociadas al cultivo *D. marginata* durante la época seca y lluviosa, Costa Rica, 2007.

El porcentaje de cobertura total de la vegetación asociada difiere entre épocas del año ($p = 0.0024$), presentándose los valores más altos en la época lluviosa. En este estudio durante la época seca se encontró una media de 49.1% y en la lluviosa de 64.2%. Además, no se presentó interacción entre las épocas del año y zonas evaluadas ($p = 0.4213$). La variable biomasa total, no mostró diferencia entre épocas ($p = 0.2214$) y tampoco interacciones con las zonas ($p = 0.8312$).

La época lluviosa registró mayor diversidad de especies, diversidad en los porcentajes de cobertura y diversidad en el contenido de biomasa. Sin embargo, en la Zona Atlántica al comparar los índices de Shannon- Weaver y Simpson obtenidos para la variable diversidad del

porcentaje de cobertura no se encontraron diferencias significativas, pero si una tendencia a ser mayor durante la época lluviosa (Cuadro 5).

Cuadro 5. Índices de diversidad en especies, porcentaje de cobertura y biomasa durante la época seca y lluviosa, Costa Rica, 2007.

% Cobertura	Índice de Shannon		Índice de Simpson	
	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
Seca	3.77	3.81	0.4	0.4
Lluviosa	4.04	4.07	0.2	0.3
Atlántico Seca	1.73	3.21	0.07	0.24
Atlántico Lluviosa	2.41	3.65	0.04	0.01
San Carlos Seca	3.22	3.59	0.04	0.05
San Carlos Lluviosa	3.43	3.77	0.03	0.05
Biomasa				
Seca	2.86	2.87	0.13	0.13
Lluviosa	2.9	2.91	0.13	0.13
Atlántico Seca	3.05	3.18	0.04	0.07
Atlántico Lluviosa	3.49	3.66	0.04	0.04
San Carlos Seca	3.32	3.4	0.05	0.06
San Carlos Lluviosa	3.44	3.6	0.05	0.06
Presencia-Ausencia				
Seca	3.84	3.95	0.02	0.03
Lluviosa	4	4.12	0.02	0.02
Atlántico Seca	3.43	3.53	0.04	0.04
Atlántico Lluviosa	3.69	3.85	0.03	0.03
San Carlos Seca	3.66	3.73	0.03	0.03
San Carlos Lluviosa	3.81	3.89	0.02	0.03

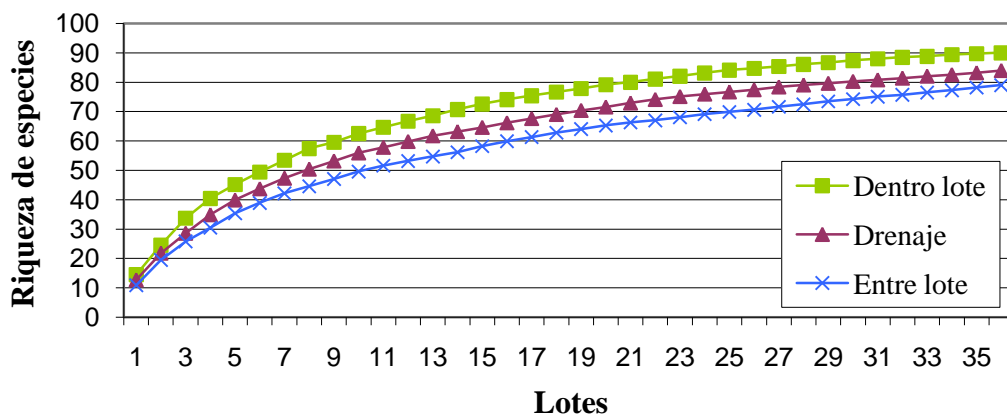
5.3.1.4 Composición y estructura de la comunidad vegetal por punto muestreado

Dentro del lote, entre lote y drenajes:

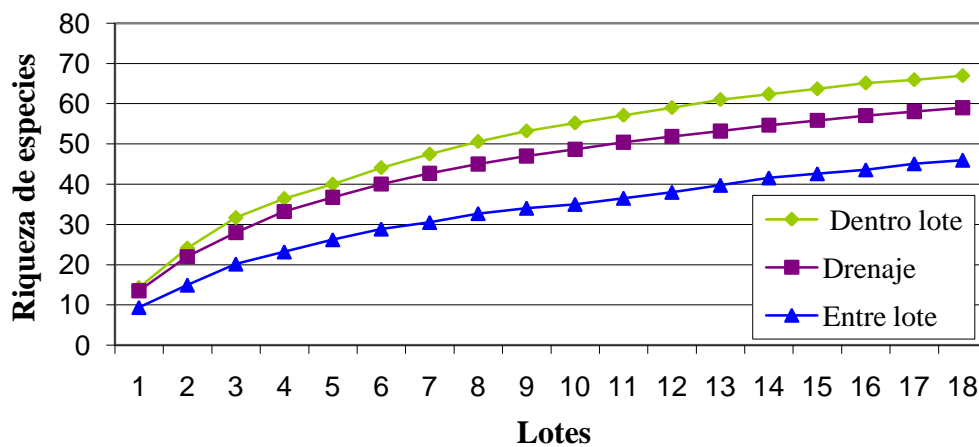
Se presentaron diferencias en el número de especies por punto muestreado ($p = 0.001$). La mayor riqueza y abundancia de especies asociadas a *D. marginata* fue registrada dentro de los lotes ($n = 808$, $S = 90$), seguida de las áreas de drenaje ($n = 623$, $S = 84$) y entre lotes ($n = 601$, $S = 79$). Sin embargo, al comparar la riqueza por puntos dentro de las zonas, se encontró que en San Carlos el número de especies encontradas no varía entre drenajes, dentro del lote y entre lotes ($S = 64$), por lo tanto, existe un efecto solamente en la Zona Atlántica. Además, San Carlos mostró una mayor abundancia dentro de los lotes y entre lotes.

Con la curva general de acumulación de especies se observó una tendencia a la estabilización en las áreas de drenaje y dentro del lote, mientras que, en los entre lotes dicho comportamiento no es muy claro. Al comparar las curvas de acumulación de especies de los puntos de muestreo por zona, se observó que en San Carlos existe una mayor probabilidad de aumentar el registro de especies nuevas en drenajes, entre lotes y dentro del lote, esto si se incrementa el esfuerzo de muestreo (Figura 19).

General



Atlántico



San Carlos

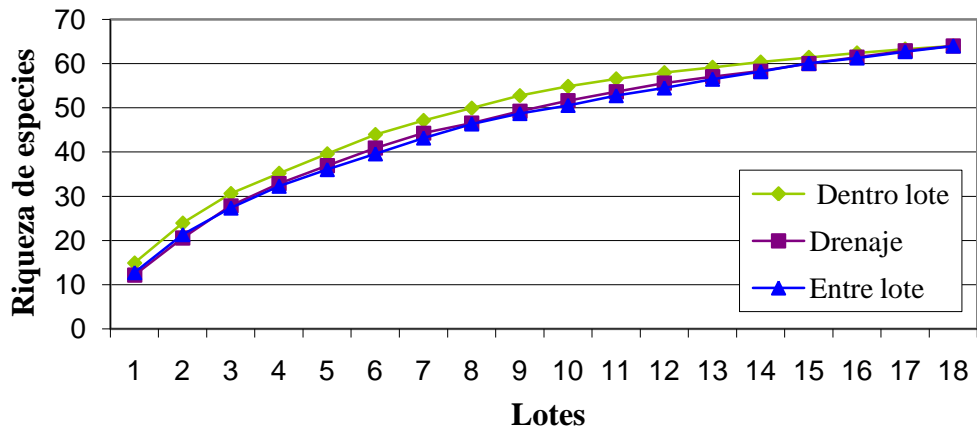
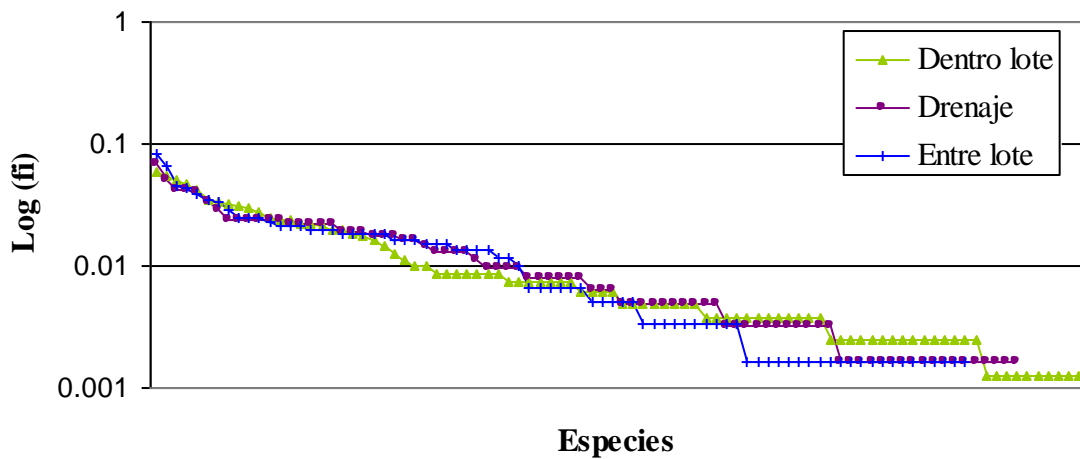
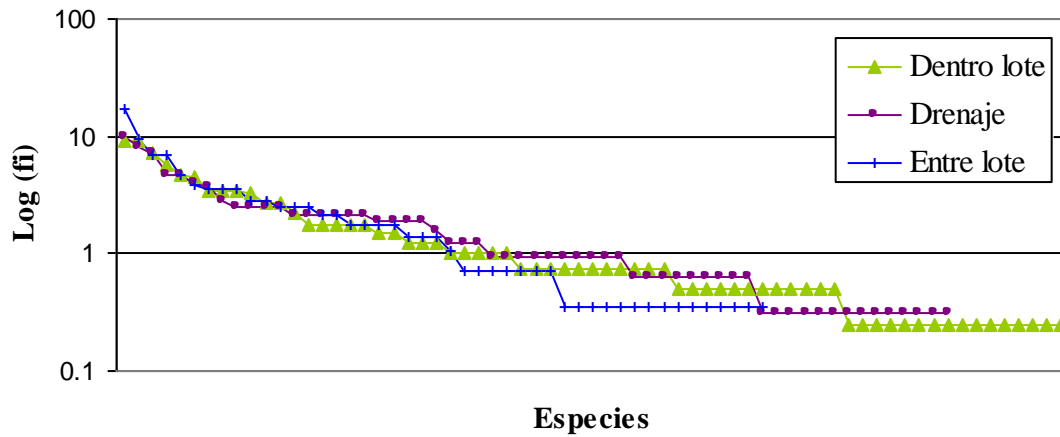


Figura 19. Curva de acumulación de especies asociadas al cultivo *D. marginata* según número de lotes muestreados en los drenajes (Dr), entre lotes (EL) y dentro del lote (DL), en la Zona Atlántica y San Carlos, Costa Rica, 2007.

General



Atlántico



San Carlos

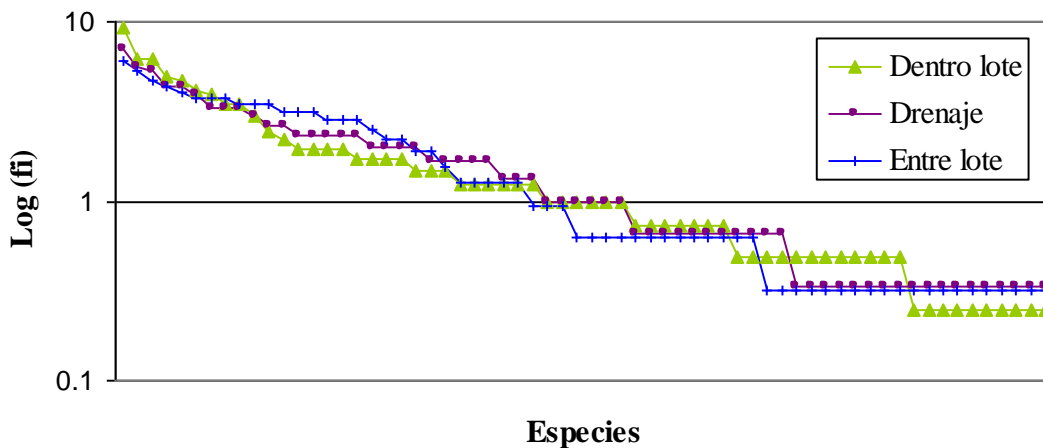


Figura 20. Curva de rango abundancia del logaritmo de la abundancia relativa de especies asociadas al cultivo *D. marginata* en las áreas de drenaje, dentro del lote y entre lotes, en la Zona Atlántica y San Carlos, Costa Rica, 2007.

Las curvas de rango abundancia mostraron que dentro del lote se encuentra un mayor número de especies dominantes comparado con los entre lotes y drenajes. Sin embargo, la dominancia es más pronunciada en los entre lotes, lo cual fue comprobado con los índices de equitatividad de Shannon, ya que los entre lotes presentaron los valores más bajos ($J = 0.85$ para las áreas dentro del lote, $J = 0.86$ para los drenajes y $J = 0.73$ para los entre lotes). Al

comparar las curvas de rango abundancia de los puntos de muestreo por zona, se encontró que en San Carlos, la dominancia es más marcada dentro del lote, seguida por los drenajes y entre lotes (Figura 20).

La composición de especies dominantes varía entre los diferentes puntos muestreados. Dentro del lote las cinco especies más abundantes fueron: *Phyllanthus amarus*, *Laportea aestuans*, *Eleusine indica*, *Impatiens walleriana* y *Drymaria cordata*; en los entre lotes: *Axonopus* sp, *Eleusine indica*, *Mecardonia procumbens*, *Phyllanthus amarus* y *Digitaria ciliaris*. Para el caso de las áreas de drenaje, las especies con mayor número de individuos fueron: *Eleusine indica*, *Digitaria ciliaris*, *Drymaria cordata*, *Peperomia pellucida* y *Phyllanthus amarus* (Anexo 7).

Las áreas de drenaje presentaron una media de biomasa vegetal total menor a las áreas de los entre lotes y dentro del lote ($p = 0.0011$). El porcentaje de cobertura no difirió entre los puntos muestreados ($p = 0.5795$). Vale recalcar que no se encontraron interacciones entre épocas del año y los puntos muestreados para las variables biomasa y cobertura total ($p = 0.2848$ y $p = 0.3476$ en su respectivo orden). Así como tampoco se presentaron interacciones entre los puntos muestreados dentro de las zonas para porcentaje de cobertura total ($p = 0.0586$) y contenido de biomasa ($p = 0.2463$).

Las áreas de drenaje y dentro del lote no mostraron diferencias en los índices de diversidad de especies y porcentaje de cobertura. Mientras que la diversidad del contenido de biomasa fue más alta dentro del lote, seguido de los drenaje y los entre lotes. Para las tres variables en estudio (diversidad de especies, porcentaje de cobertura y contenido de biomasa) la menor diversidad se presentó en los entre lotes. Sin embargo, al analizar los datos por zonas, San Carlos registró una mayor diversidad en el porcentaje de cobertura de drenajes y entre lotes. Es importante mencionar que para esta misma zona no se reportaron diferencias en diversidad de especies dentro del lote, drenajes y entre lotes (Cuadro 6).

Cuadro 6. Índices de diversidad en especies, porcentaje de cobertura y biomasa en los puntos drenajes (Dr), entre lotes (EL) y dentro del lote (DL) del cultivo *D. marginata*, Costa Rica, 2007.

% Cobertura	Índice de Shannon		Índice de Simpson	
	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
Dentro Lote	3.8	3.85	0.03	0.03
Entre Lote	3.15	3.22	0.11	0.12
Drenaje	3.8	3.84	0.03	0.03
Atlántico DL	3.43	3.5	0.05	0.05
Atlántico EL	2.18	2.27	0.27	0.3
Atlántico Dr	3.43	3.49	0.05	0.05
San Carlos DL	3.5	3.56	0.04	0.05
San Carlos EL	3.56	3.62	0.03	0.04
San Carlos Dr	3.6	3.65	0.04	0.04
Biomasa				
Dentro Lote	3.71	3.72	0.04	0.04
Entre Lote	3.48	3.49	0.06	0.06
Drenaje	3.62	3.63	0.04	0.05
Atlántico DL	3.32	3.34	0.07	0.07
Atlántico EL	2.69	2.71	0.17	0.17
Atlántico Dr	3.26	3.28	0.07	0.07
San Carlos DL	3.46	3.48	0.05	0.05
San Carlos EL	3.34	3.36	0.06	0.06
San Carlos Dr	3.38	3.4	0.06	0.06
Presencia-Ausencia				
Dentro Lote	3.85	3.98	0.02	0.03
Entre Lote	3.71	3.85	0.03	0.03
Drenaje	3.82	3.97	0.02	0.03
Atlántico DL	3.44	3.65	0.03	0.05
Atlántico EL	2.99	3.28	0.05	0.08
Atlántico Dr	3.43	3.62	0.03	0.05
San Carlos DL	3.54	3.72	0.03	0.04
San Carlos EL	3.56	3.74	0.03	0.03
San Carlos Dr	3.59	3.76	0.03	0.03

Cercas vivas:

La abundancia total de las cercas vivas fue de 266 individuos, con una riqueza de 18 especies. La Zona Atlántica registró la mayor abundancia y riqueza de cercas vivas ($n = 143$, $S = 11$) comparado con San Carlos ($n = 123$, $S = 9$). La curva general de acumulación de especies presenta una leve tendencia a la estabilización. Sin embargo, al observar las curvas de cada una de las zonas en estudio se muestra que al aumentar el esfuerzo de muestreo existe

una gran posibilidad de encontrar nuevas especies en San Carlos; caso contrario sucede en la Zona Atlántica (Figura 21).

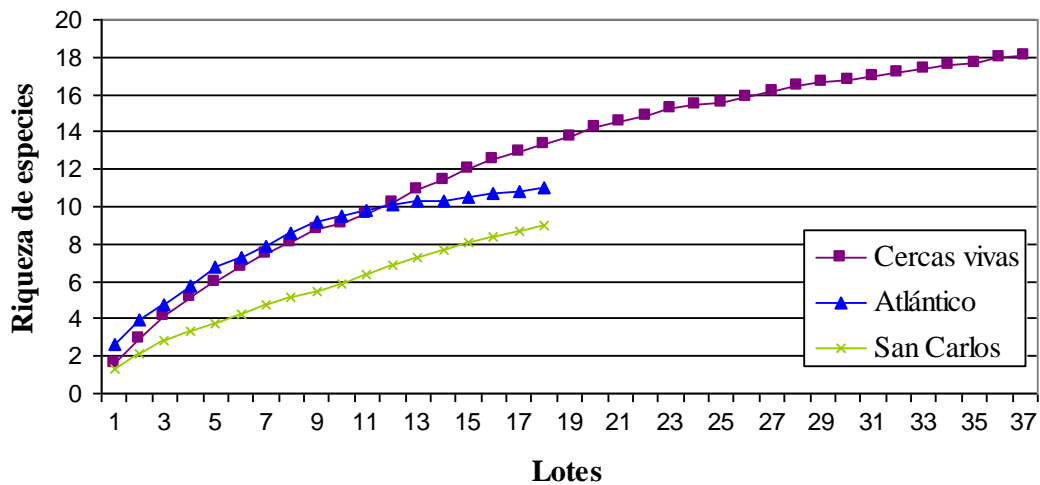


Figura 21. Curva de acumulación de especies asociadas al cultivo *D. marginata* según número de lotes muestreados en las cercas vivas, Costa Rica, 2007.

Mediante la curva de rango abundancia se determinó que tanto la Zona Atlántica como San Carlos cuentan con una especie muy dominante, sin embargo, esta dominancia es más marcada en San Carlos (Figura 22), esto se pudo comprobar con el índice de equitatividad de Shannon, cuyos valores registrados fueron menores en San Carlos ($J = 0.74$ para las cercas vivas de la Zona Atlántica y $J = 0.6$ para las cercas vivas de San Carlos). Además, la composición de especies entre zonas es muy diferente. Para la Zona Atlántica, las cinco especies más abundantes fueron: *Erythrina* sp, *Malvaviscus arboreus*, *Dracaena massageana*, *Melanthera nivea* y *Ficus benjamina*; mientras que en San Carlos fueron: *Dracaena massageana*, *Yucca guatemalensis*, *Chamaedorea* sp, *Codiaeum variegatum* y *Dracaena pomelo* (Anexo 7).

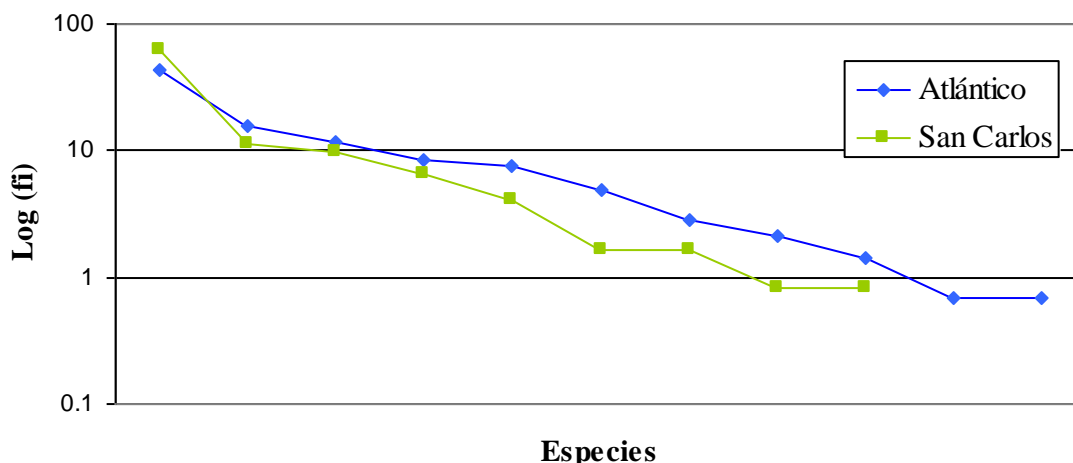


Figura 22. Curva de rango abundancia del logaritmo de la abundancia relativa de especies asociadas al cultivo *D. marginata* en las cercas vivas, Costa Rica, 2007.

Los índices de Shannon- Weaver y Simpson muestran diferencias en la diversidad de especies entre las zonas estudiadas. La Zona Atlántica registró un valor del Índice de Shannon más alto y un valor de Simpson más bajo a los reportados para San Carlos, por lo tanto, presenta una mayor diversidad de especies (Cuadro 7).

Cuadro 7. Índices de diversidad de especies encontradas en las cercas vivas del cultivo *D. marginata*, las cuales se localizan en la Zona Atlántica y San Carlos, Costa Rica, 2007.

Diversidad de especies	Índice de Shannon		Índice de Simpson	
	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
Cercas vivas total	1.88	2.29	0.14	0.31
Atlántico	1.66	1.91	0.18	0.31
San Carlos	0.85	1.79	0.22	0.76

5.3.1.5 Diversidad funcional de la vegetación asociada a *D. marginata* y sus periferias

Al caracterizar la vegetación asociada a *D. marginata* y sus periferias por rasgos funcionales relacionados con cicadélidos y sus enemigos naturales, se definieron cinco grupos mediante el análisis de conglomerados (Figura 23). El único rasgo en el cual no se encontró independencia fue en succulencia $p = 0.2225$ (Cuadro 8).

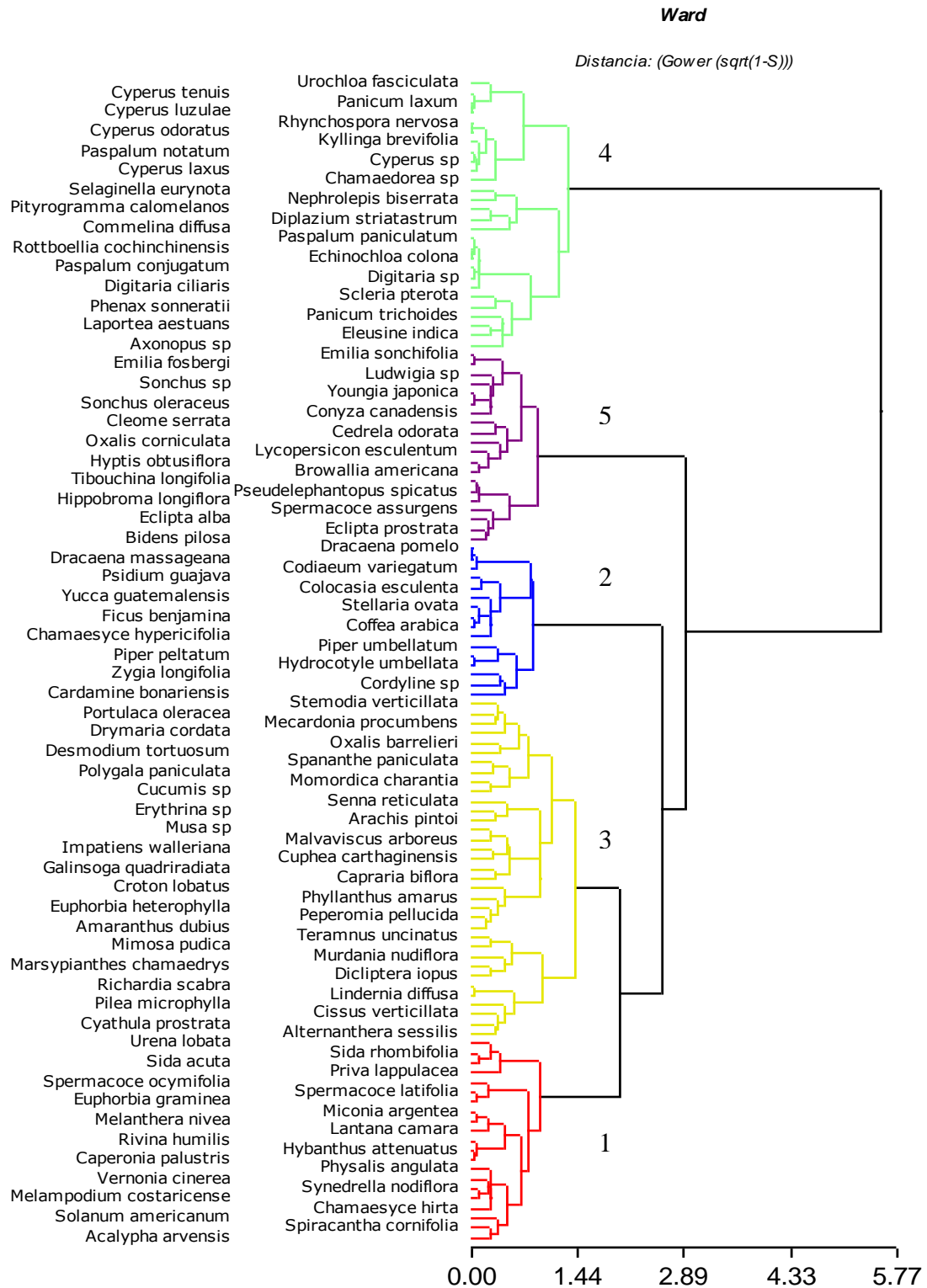


Figura 23. Dendrograma (Análisis de conglomerados) obtenido mediante el Método de Ward y Distancia de Gower para la vegetación asociada a *D. marginata* caracterizada con rasgos funcionales relacionados a cicadélidos y sus enemigos naturales, Costa Rica, 2007.

Cuadro 8. Tablas de contingencia con el valor p del estadístico Chi cuadrado de Pearson para los rasgos funcionales de la vegetación asociada a D. marginata según la clasificación de las especies por los cinco grupos funcionales definidos con el análisis de conglomerados.

Rasgo funcional	Categorías de rasgo	Porcentaje de especies por grupo funcional					p
		1	2	3	4	5	
Suculencia (contenido de agua en el tejido)	45-50%	4.46	6.25	0	3.57	0	0.2225
	56-65%	4.77	0	2.86	7.14	0	
	66-75%	23.81	56.25	31.43	35.71	22.22	
	76-85%	61.9	18.75	45.71	46.43	61.11	
	86-95%	4.77	18.75	20	7.14	16.67	
Forma de hoja o foliolo	Acicular linear	0	25	8.57	75	0	<0.0001
	Cuneada	0	0	2.86	0	0	
	Acorazonada	0	0	0	0	5.56	
	Deltoide	4.76	6.25	8.57	0	0	
	Digitada	0	0	5.71	0	0	
	Elíptica-ovada-obovada	95.23	37.5	62.86	10.71	0	
	Lanceolada-oblancoada	0	12.5	2.86	14.29	94.44	
Peltada-orbicular	0	18.75	8.57	0	0		
Pubescencia	Hoja	9.52	0	14.28	21.43	11.11	<0.0001
	Hoja-Tallo	90.48	6.25	25.71	39.29	88.89	
	Sin pubescencia	0	93.75	42.86	35.71	0	
Aroma	Ausencia	90.48	56.25	62.86	100	72.22	0.0009
	Presencia	9.52	43.75	37.14	0	27.78	
Fijación de N	Ausencia	100	93.75	82.86	100	100	0.0165
	Presencia	0	6.25	17.14	0	0	
Nectarios extraflorales	Ausencia	66.67	93.75	71.43	100	94.44	0.0023
	Presencia	33.33	6.25	28.57	0	5.56	
Nectarios florales	Ausencia	0	6.25	5.71	96.43	0	<0.0001
	Presencia	100	93.75	94.28	3.57	100	
Polinización Entomófila	Ausencia	0	6.25	8.57	96.43	5.56	<0.0001
	Presencia	100	93.75	91.43	3.57	94.44	

El grupo uno está compuesto por especies con tallo erguido, no fijadoras de nitrógeno, el porcentaje promedio de contenido de agua en el tejido vegetal es de 75.3%. Un 10% de estas plantas son aromáticas. El 52% son de hábito anual, el 33% son anuales o perennes y el 14% perennes. Además, un 10% de las especies presenta pubescencia en la hoja y el 90% en hoja y tallo. El 5% de las especies tienen hojas deltoides y el resto elípticas-ovadas-obovadas. Este grupo cuenta con nectarios florales y solo el 33% presenta nectarios extraflorales, son entomófilas y el color de flor de las especies que conforman este conglomerado está en la gama del amarillo (29%), azul (4%), blanco (43%), morado (5%), rojo (14%) y verde (5%).

El grupo dos está constituido por especies de tallo erguido, en su mayoría perennes (94%) y unas pocas fijadoras de nitrógeno (6%). Cerca del 44% cuentan con aceites aromáticos y el promedio de contenido de agua en el tejido vegetal es de 75.56%. Las plantas que conforman este grupo presentan gran variedad en la forma de las hojas o folíolos, ya que se clasificaron en acicular-linear (25%), deltoide (5%), elíptica-ovada-obovada (38%), lanceolada-oblancheolada (13%), y peltada-orbicular (19%). Un 94% de las plantas son no pubescentes y las restantes cuentan con pubescencia en hoja y tallo. Sus flores son de color blanquecino, con nectarios florales (93%) y unas cuantas con nectarios extraflorales (6%). El 94% de las especies son polinizadas por insectos.

Las plantas del grupo tres presentaron un promedio de agua en el tejido vegetal de 79.25%. Un 46% de las especies son de tallo erguido, un 37% son suberectas, un 11% enredaderas y un 6% rastreras. El 37% de las especies cuenta con aceites esenciales y un 17% son fijadoras de nitrógeno. En su mayoría son anuales, pero también se registró un 14% de especies con hábito anual o perenne y 29% perennes. La forma de la hoja o folíolo de este grupo de plantas es muy variado, ya que se clasificaron en acicular-linear (9%), cuneada (3%), deltoide (8%), digitada (6%), elíptica-ovada-obovada (63%), lanceolada-oblancheolada (3%) y peltada-orbicular (8%). Además, un 43% de las especies son no pubescentes, un 14% presentaron pubescencia en la hoja, un 26% en hoja y tallo y un 17% en tallo. La mayoría de las especies tienen nectarios florales (94%), mientras que, solamente el 29% presenta nectarios extraflorales. Un 91% son polinizadas por insectos y sus flores varían entre las gamas de amarillo (17%), blanco (26%), morado (17%), rojo (20%) y verde (20%).

El grupo cuatro está compuesto por un 86% de especies con tallo erguido, 11% rastreras y un 3% suberectas. Estas no son fijadoras de nitrógeno y tampoco contienen aceites esenciales. En su mayoría son perennes, pero se encontró un 5% de especies con hábito perenne y anual y un 10% anual. El porcentaje promedio de contenido de agua en el tejido vegetal fue de 75.14%. La forma de las hojas o folíolos de las plantas que conforman este grupo varía entre acicular-linear (75%), elíptica-ovada-obovada (11%) y lanceolada-oblancheolada (14%). Un 36% de las especies son no pubescentes, un 21% cuenta con pubescencia en la hoja, un 39% en hoja y tallo y un 4% en tallo. Son especies en su mayoría sin nectarios florales (96%) y sin nectarios extraflorales, no son polinizadas por insectos (96%). Sus flores o inflorescencias son de color verde (75%), morado (7%) o azul (4%) y un 14% no presentan flor.

Las plantas del grupo cinco son de tallo erguido, no fijadoras de nitrógeno y solamente un 28% presenta aceites aromáticos. Estas cuentan con un promedio de contenido de agua en tejido foliar de 80.55%. En su mayoría son anuales, sin embargo, un 16% son de hábito perenne y un 5% anual y perenne. La forma de la hoja de las plantas de este grupo es acorazonada (6%) y lanceolada-oblancoada (94%). Un 11% presenta pubescencia en la hoja (11%) y las restantes en hoja y tallo. Las especies de este grupo son entomófilas, con nectarios florales y un 6% con nectarios extraflorales. Los colores de sus flores están en la gama de amarillo (33%), café (6%), rojo (11%), verde (5%) y blanco (44%).

Con el análisis de conglomerados de la vegetación asociada a *D. marginata* se encontró que el grupo tres cuenta con un mayor número de especies representadas ($S = 35$), seguido del grupo cuatro ($S = 28$), grupo uno ($S = 21$), grupo cinco ($S = 18$) y grupo dos ($S = 16$). Al contrastar la diversidad funcional entre las zonas evaluadas, se registró una mayor funcionalidad en la Zona Atlántica ($FD = 1$) comparada con San Carlos ($FD = 0.96$). Además, se observó que San Carlos presenta un mayor número de especies en los grupos dos y cinco a los registrados en la Zona Atlántica (Figura 24A).

Durante la época lluviosa se registró un valor más alto de diversidad funcional (lluviosa $FD = 1$, seca $FD = 0.89$) independientemente de la zona de evaluación. Así como también, en esta época se presentó un mayor número de especies por grupo (Figura 24B). Al calcular los índices de diversidad funcional por punto de muestreo, se encontró un FD de 0.32 para las cercas vivas, de 0.87 para los entre lotes, de 0.95 para los drenajes y de 1 dentro del lote. Vale recalcar, que los valores de los índices de diversidad de entre lotes y dentro de los lotes fueron más altos en San Carlos comparados a los obtenidos en la Zona Atlántica. Además, se observó que gran parte de las plantas encontradas en las cercas vivas fueron agrupadas en el conglomerado dos. Mientras que, el grupo cuatro está representado solamente por una especie de cerca viva y el cinco por ninguna. Las especies observadas en los entre lotes, drenajes y dentro del lote fueron distribuidas en los cinco grupos funcionales, presentando el mayor número de especies en los grupos 3 y 4 (Figura 24C).

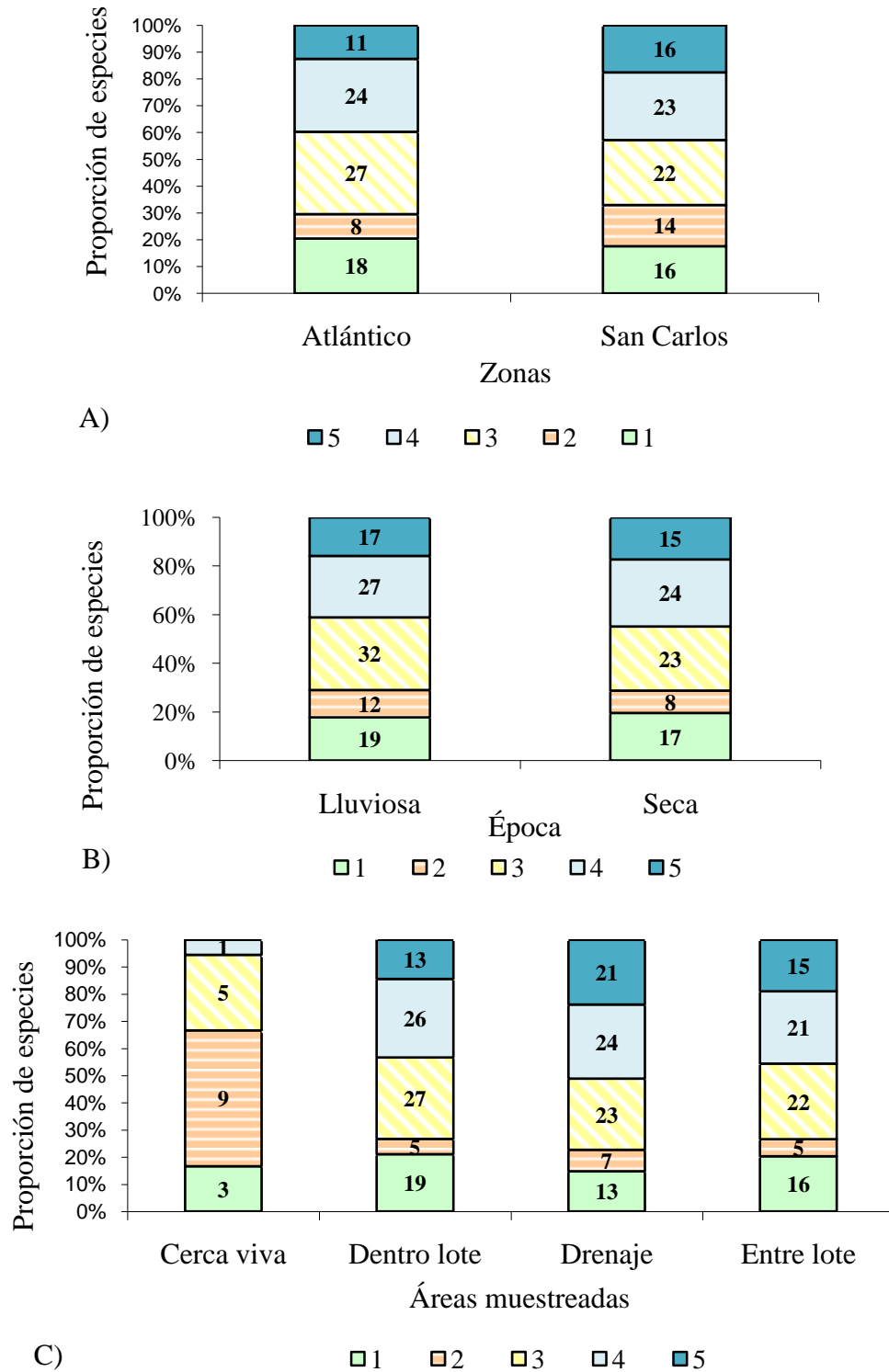


Figura 24. Proporción y frecuencia de especies encontradas A) por zona de estudio, B) época del año y C) punto de muestreo, en los cinco grupos funcionales definidos tomando en cuenta rasgos relacionados a cicadélidos y sus enemigos naturales, Costa Rica, 2007.

5.3.2 Caracterización de poblaciones de arvenses en lotes de *D. marginata* con diferentes tamaños de corte

5.3.2.1 Composición y estructura de la comunidad de arvenses en lotes con diferentes tamaños de corte

De acuerdo con los resultados obtenidos, se encontró que los lotes con tamaño de corte de *D. marginata* mediano presentaron un valor mayor de riqueza total de especies ($S = 51$), seguido por los de corte grande ($S = 50$) y los pequeños ($S = 39$). Sin embargo, la riqueza de especies por lote fue mayor en aquellos destinados a la producción de *tips* grandes. Las curvas de acumulación de especies no mostraron una clara tendencia a la estabilización. Se observó que en los lotes con tamaño de corte pequeño existe una menor probabilidad de encontrar especies nuevas al compararlo con los lotes con tamaño de corte mediano y grande (Figura 25).

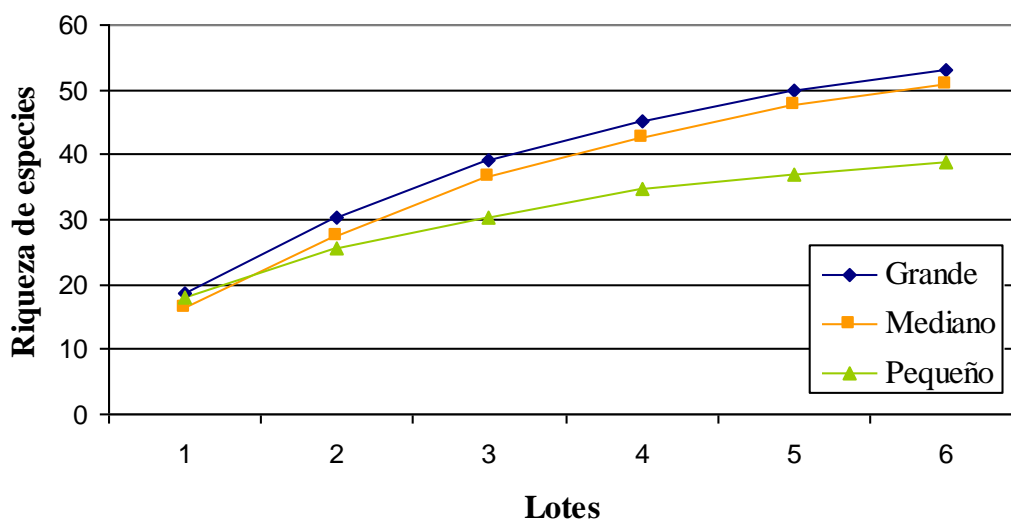


Figura 25. Curva de acumulación de especies de arvenses en lotes con diferentes tamaños de corte de *D. marginata*, Costa Rica, 2007.

Los lotes con cortes pequeños registraron la mayor abundancia ($n = 223$) comparado con los lotes con cortes medianos ($n = 212$) y grandes ($n = 200$). Además, con las curvas de rango abundancia se observó que las comunidades de especies en los lotes con diferente tamaño de corte son similares. Sin embargo, los lotes con corte pequeño y mediano mostraron un mayor número de especies dominantes. Así como también, se observó una dominancia más pronunciada en los lotes destinados a la producción de *tips* grandes, lo cual fue corroborado con los índice de equitatividad de Shannon ($J = 0.86$ para lotes con *tips* grandes, $J = 0.88$ para lotes con *tips* medianos y $J = 0.87$ para lotes con *tips* pequeños). Vale recalcar que los lotes con cortes pequeños presentan una mayor cantidad de especies raras (Figura 26). Las especies *Laportea aestuans*, *Drymaria cordata* y *Peperomia pellucida* fueron las más abundantes en los tres tratamientos evaluados.

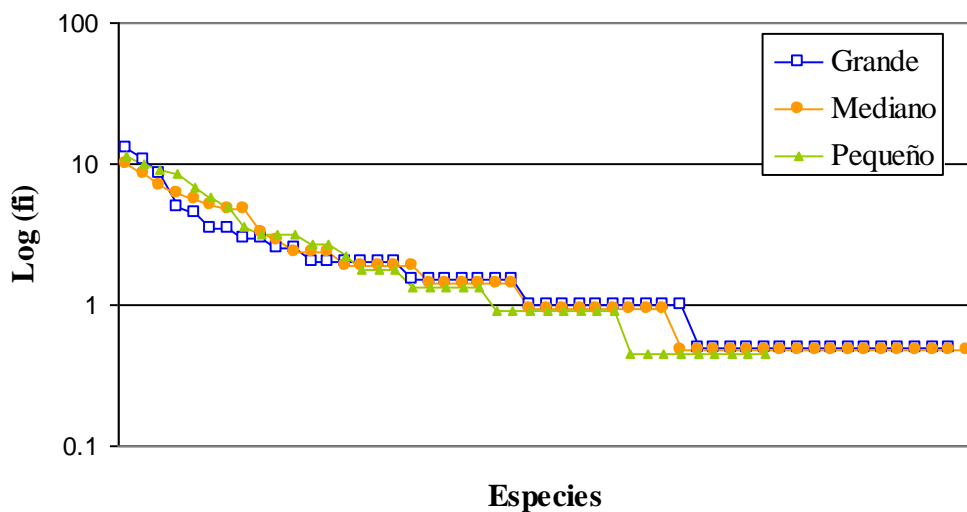


Figura 26. Curva de rango abundancia del logaritmo de la abundancia relativa de especies de arvenses en lotes destinados a la producción de diferentes tamaños de corte de *D. marginata*, Costa Rica, 2007.

Al realizar el análisis de varianza, se encontró que el porcentaje de cobertura total ($p = 0.9808$) y biomasa total ($p = 0.3797$) de arvenses no difirió entre lotes destinados a la producción de distintos tamaños de corte. Sin embargo, los lotes con tamaño de corte pequeño presentaron una menor diversidad de porcentaje de cobertura, de biomasa y de especies (Cuadro 9).

*Cuadro 9. Índices de diversidad de porcentaje de cobertura, biomasa y especies de arvenses encontradas en lotes de *D. marginata* con diferente tamaño de corte, Costa Rica, 2007.*

% Cobertura	Índice de Shannon		Índice de Simpson	
	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
Grande	3.09	3.41	0.04	0.07
Mediano	3.31	3.36	0.05	0.06
Pequeño	2.82	3.06	0.06	0.09
Biomasa				
Grande	3.15	3.36	0.05	0.07
Mediano	3.2	3.28	0.05	0.1
Pequeño	2.86	2.96	0.07	0.07
Presencia-Ausencia				
Grande	3.26	3.49	0.04	0.06
Mediano	3.4	3.49	0.04	0.04
Pequeño	3.14	3.24	0.05	0.06

5.3.2.2 Diversidad funcional de los arvenses encontrados en lotes con diferentes tamaños de corte de *D. marginata*

Los arvenses encontrados en lotes de *D. marginata* con diferentes tamaños de corte se agruparon en cinco grupos (Figura 23). Los rasgos succulencia y fijación de N no presentaron independencia (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis de tablas de contingencia con el valor p del estadístico Chi cuadrado de Pearson para los rasgos funcionales de los arvenses encontrados en lotes destinados a la producción de diferentes tamaños de corte de D. marginata según la clasificación de las especies por los cinco grupos funcionales definidos con el análisis de conglomerados.

Rasgo funcional	Categoría de rasgo	Porcentaje de especies por grupo funcional					p
		1	2	3	4	5	
Suculencia (contenido de agua en el tejido)	50-65	13.33	0	0	11.11	0	0.6962
	66-75	26.67	25.00	36.84	33.33	8.33	
	76-85	53.33	50.00	42.11	44.44	66.67	
	86-95	6.67	25.00	21.05	11.11	25.00	
Forma de la hoja o foliolo	Acicular-linear	0	0	10.53	72.22	0	<0.0001
	Cuneada	0	0	5.26	0	0	
	Deltoide	0	25	15.79	0	0	
	Digitada	0	0	10.53	0	0	
	Elíptica-ovada-obovada	100	25	42.11	11.11	0	
	Lanceolada-oblanceolada	0	0	5.26	16.67	100	
	Peltada-orbicular	0	50	10.53	0	0	
Pubescencia	Hoja	6.67	0	26.32	27.78	25	0.0003
	Hoja y Tallo	93.33	25	21.05	50	75	
	No	0	75	52.63	22.22	0	
Aroma	Ausencia	93.33	25	57.89	100	83.33	0.0007
	Presencia	6.67	75	42.11	0	16.67	
Fijación de N	Ausencia	100	100	89	100	100	0.2566
	Presencia	0	0	10.53	0	0	
Nectarios extraflorales	Ausencia	66.67	100	73.68	100	91.67	0.05
	Presencia	33.33	0	26.32	0	8.33	
Nectarios florales	Ausencia	0	0	5.26	100	0	<0.0001
	Presencia	100	100	94.74	0	100	
Polinización entomófila	Ausencia	0	25	0	94.44	16.67	<0.0001
	Presencia	100	75	100.00	5.56	83.33	

El grupo uno está compuesto por especies de tallo erguido, no fijadoras de nitrógeno y con un promedio de contenido de agua en tejido vegetal de 74%. Solamente un 7% presenta aceites esenciales. Sus hojas son elípticas-ovadas-obovadas. La mayoría de las especies de este grupo cuenta con pubescencia en hoja y tallo (93%) y unas cuantas con pubescencia únicamente en la hoja (7%). El 75% son entomófilas, con nectarios florales y sin nectarios extraflorales. Sus flores son de color blanco (47%), amarillo (27%), morado (7%), rojo (13%) o verde (6%). Un 53% son anuales, un 33% anuales o perennes y un 14% perennes.

El grupo dos está conformado por plantas perennes de crecimiento erguido, no fijadoras de N, con una succulencia de 81% y un 75% presenta aceites esenciales. La forma de la hoja o foliolo fue clasificada en peltada-orbicular (50%), deltoide (25%), elíptica-ovada-

obovada (25%). La mayoría no presenta pubescencia (75%) y un 25% cuenta con pubescencia en hoja y tallo. Son plantas con flor de color blanco, polinizadas por insectos, sin nectarios extraflorales y con nectarios florales.

Las plantas del grupo tres cuenta con un 42% de plantas suberectas, un 37% erectas, un 10.5% rastreras y un 10.5% enredaderas. El 42% son aromáticas, un 10.5% fijadoras de nitrógeno, con polinización entomófila, un 26% presenta nectarios extraflorales y un 95% florales. En su mayoría anuales (68%) y unas pocas perennes (16%). Presentan un promedio de contenido de agua en el tejido vegetal de 79%. La forma de las hojas o folíolos es muy variada y se observan hojas deltoides (16%), digitadas (11%), elípticas-ovadas-obovadas (42%), lanceolada-oblancheolada (5%), acicular-linear (11%), cuneada (5%) y peltada-orbiculares (11%). El 53% no presenta pubescencia, un 26% presenta pubescencia en las hojas y el resto en hoja y tallo. Las especies de este grupo tienen flores de color verde (32%), blanco (21%), morado (16%) o rojo (5%).

El grupo cuatro cuenta con una media de contenido de agua en tejido vegetal de 76%. Está compuesto principalmente por plantas de tallo erguido (83%), rastreras (11%) y suberectas (6%). No presentan aceites esenciales. La forma de las hojas o folíolos de las especies de este grupo se clasificaron en lanceolada-oblancheolada (17%), elíptica-ovada-obovada (11%) y acicular-linear (72%). Un 22% son no pubescentes, mientras que, un 50% cuenta con pubescencia en hoja y tallo y un 28% solamente en la hoja. Estas son plantas con nectarios florales y sin nectarios extraflorales. Un 11% no tiene flor y las restantes se caracterizan por presentar flores con coloraciones en las gamas del azul (6%), morado (6%) o verde (77%). En su mayoría son especies perennes (78%), pero también se encontraron especies con hábito anual (17%) y anual o perenne (5%). Un 6% de las especies de este grupo son polinizadas por insectos.

El grupo cinco cuenta con plantas de tallo erguido con hojas o folíolos lanceolados-oblancheolados. No son fijadoras de nitrógeno y solamente un 17% presenta aceites esenciales. El promedio de contenido de agua en el tejido vegetal fue de 83%. Un 75% de las plantas cuentan con pubescencia en hoja y tallo y las restante solamente en la hoja. Son especies con nectarios florales y un 8% cuenta con nectarios extraflorales. El 83% son polinizadas por insectos. Los colores de sus flores son verde (8%), rojo (17%), café (8%) o blanco (42%). En su mayoría son anuales (75%), sin embargo se presentan unas cuantas de hábito anual o perenne (8%) y perennes (17%).

Con el análisis de conglomerados se encontró que el grupo funcional con mayor número de especies fue el tres ($S = 19$), seguido del cuatro ($S = 18$), el uno ($S = 15$), el cinco ($S = 12$) y el dos ($S = 4$). Sin embargo, esta distribución varía entre lotes con diferente tamaño de corte (Figura 27).

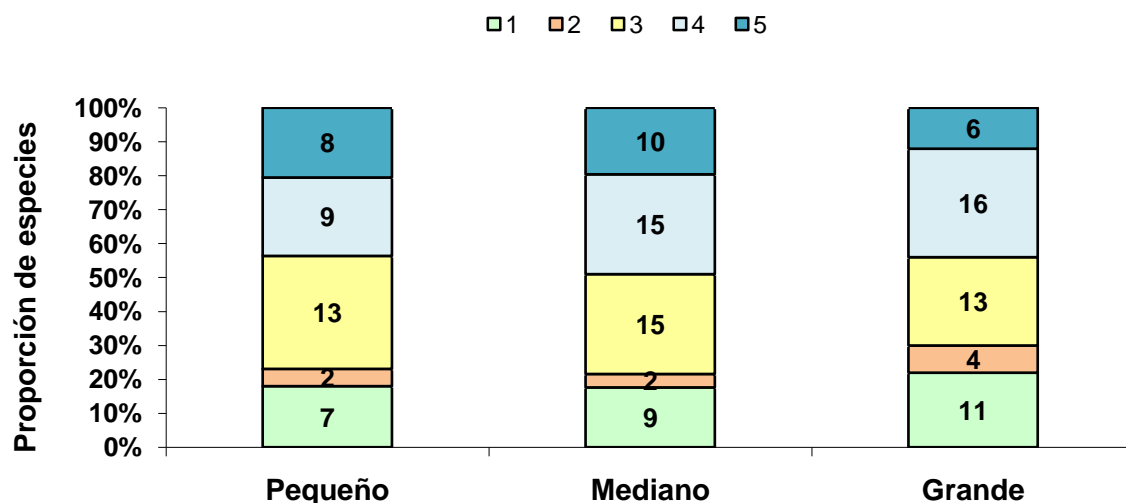


Figura 27. Distribución de las especies de arvenses encontradas en lotes con diferentes tamaños de corte de *D. marginata*, por grupos funcionales definidos tomando en cuenta rasgos relacionados a cicadélidos y sus enemigos naturales, Costa Rica, 2007.

Al calcular los índices de diversidad funcional, se encontró una mayor funcionalidad en lotes con tamaños de corte de *D. marginata* mediano ($FD = 1$), seguido de los de corte grande ($FD = 0.99$) y los de corte pequeño ($FD = 0.83$). Sin embargo, durante la estación seca los lotes con corte grande presentaron los índices más bajos de diversidad funcional y en la estación lluviosa, los más altos.

5.4 Discusión

5.4.1 *Caracterización de la vegetación asociada al cultivo D. marginata y sus periferias*

5.4.1.1 Caracterización general

Al caracterizar la vegetación asociada a *D. marginata* y sus periferias, se registraron 118 especies, de las cuales, un 40% ya habían sido reportadas como especies de importancia en los cultivos de plátano, piña, tiquisque y yuca en la zona de San Carlos (Alán y Barrantes 1989). De las especies asociadas a *D. marginata*, cuatro se encuentran dentro del listado de las 15 arvenses más problemáticas en el ámbito mundial, estas son: *Echinochloa colona*, *Eleusine indica*, *Rottboelia cochinchinensis* y *Portulaca oleraceae* (García Torres y Fernández-Quintanilla 1991). El éxito de colonización de dichas arvenses se debe a la plasticidad, la cual les permite adaptarse a variadas condiciones ambientales y de suelo, afectando los rendimientos de cultivos. Además, son altamente competitivas debido a su efectiva dispersión, prolongada viabilidad y a las reservas acumuladas en sus órganos de propagación, que les facilita el desarrollo de follaje y raíces para así maximizar el aprovechamiento de los recursos.

Las familias representadas con un mayor número de especies fueron Asteraceae, Poaceae, Euphorbiaceae, Cyperaceae, Fabaceae, Rubiaceae y Malvaceae. Estas familias son reconocidas por la gran cantidad de géneros y especies que las conforman. De acuerdo con Mexzón (1997), las especies de Asteraceae, Euphorbiaceae, Fabaceae y Malvaceae son comúnmente visitadas por insectos benéficos debido a que son fuente de polen y nectar. Sin embargo, también se ha encontrado que especies de las familias Poaceae y Cyperaceae son hospederas de organismos plaga como lo son los cicadélidos (Novotny 1995). Vale mencionar, que de las diez especies más abundantes en los campos de cultivo estudiados *Laportea aestuans*, *Phyllanthus amarus*, *Eleusine indica*, *Cyathula prostrata* e *Impatiens walleriana* han sido reportadas como atractivas para la alimentación de *Oncometopia clarior* (Pérez 2007).

5.4.1.2 Caracterización por zona de estudio, época del año y puntos de muestreo

Las diferencias obtenidas en la caracterización de la vegetación asociada a *D. marginata* fueron atribuidas básicamente a factores de estabilidad de hábitat, prácticas agrícolas y condiciones climáticas. Las variaciones entre zonas de estudio, épocas del año y

puntos de muestreo en riqueza de la vegetación demuestran que hábitat más perturbados tienden a mantener un menor número de especies (Sosnoskie y Herms 2005, Menalled et ál. 2001). Además, la diversidad se encuentra estrechamente relacionada con la estabilidad de los ecosistemas, ya que esta puede generar más diversidad (Palmer y Maurer 1997). Así como también, interviene en la dinámica poblacional de insectos herbívoros y sus enemigos naturales, puesto que la fauna benéfica es más abundante en arvenses (Schellhorn y Sork 1997, Shelton y Edwards 1983). Por ejemplo, se ha observado que la diversificación de hábitat produce incrementos en la abundancia de depredadores generalistas, como es el caso de las arañas, esto producto al incremento de la disponibilidad de recursos (Sunderland y Samu 2000).

La aplicación de índices de diversidad en comunidades vegetales son un indicador válido del nivel de estrés o disturbio generado en un sistema de cultivo (Legere et ál. 2005). Según los resultados obtenidos las comunidades más diversas fueron observadas en San Carlos, durante la época lluviosa y en las áreas de drenaje y dentro de los lotes, lo cual permite aseverar que la diversidad de las comunidades evaluadas varía por un efecto de condiciones climáticas y manejo. Se considera, que los entre lotes presentaron bajos índices de diversidad a causa del constante disturbio provocado por el paso de los peones y al manejo de cultivos de cobertura como *Axonopus* sp. No obstante, la baja diversidad presentada en la época seca fue ocurrida debido a la disminución del recurso agua. La presencia de una menor diversidad en la Zona Atlántica fue generada por la intensificación del sistema de producción, que incluye la constante aplicación de insumos de fertilización y herbicidas. Investigaciones realizadas en el cultivo de cebada demostraron que la diversidad de arvenses fue afectada por prácticas agrícolas, ya que de acuerdo al tipo, dosis y frecuencia de aplicación de herbicidas se genera una presión de selección (Legere et ál. 2005).

El porcentaje de cobertura de la vegetación asociada a *D. marginata* fue mayor en la Zona Atlántica y durante la época lluviosa. Aunque, gran parte de las plantas que se registraron en este estudio cuentan con una enorme capacidad para adaptarse a los recursos disponibles en el medio, los resultados indicaron que bajo condiciones de alta humedad, estas plantas tienden a establecerse con profusión, ya que mantienen a su disposición la cantidad de agua necesaria para realizar una actividad fisiológica óptima y facilita el proceso de absorción de nutrientes, lo cual las hace más efectivas en la colonización del territorio. El análisis de varianza del porcentaje de cobertura difirió entre lotes evaluados por zona. Además, se

encontró que las áreas de entre lotes y dentro de los lotes presentan un mayor contenido de biomasa vegetal al reportado en las áreas de drenaje, lo cual indica que los productores de *D. marginata* dentro de las zonas y dentro de las fincas cuentan con diferentes prácticas de manejo de arvenses y frecuencias de aplicación de las mismas.

La composición de la comunidad de especies difirió principalmente entre zonas y puntos de muestreo. Esto debido a la influencia de condiciones ecológicas, puesto que factores climáticos, edáficos y de microclima influyen en la composición florística de una comunidad (Dieleman et ál. 2000, García Torres y Fernández-Quintanilla 1991). La presencia, abundancia y distribución de especies asociadas a *D. marginata* se puede relacionar con la cantidad de luz, agua, humedad, temperatura y las características estacionales de ellos, ya que entre zonas y entre puntos de muestreo dichas condiciones varían, siendo este un factor determinante en el establecimiento y colonización de las especies.

El análisis de la relación entre condiciones ambientales y composición de la comunidad vegetal ha sido ampliamente estudiado, principalmente para definir sistemas de manejo de arvenses en los agroecosistemas. Así por ejemplo, Andreasen et ál. (1991), al evaluar la composición de arvenses a escala regional encontraron que el contenido de arcilla en los suelos explicó la variación de la presencia de 37 especies de plantas. Similares estudios han demostrado la influencia de las propiedades del lugar en la comunidad vegetal (Almekinders et ál. 1995, Cambardella et ál. 1994, Dale et ál. 1965). Sin embargo, dicho tópico cuenta con grandes vacíos en el área y cultivo en estudio.

Con las curvas de rango abundancia de las especies encontradas por zona, época del año y punto de muestreo, se determinó que la comunidad de la vegetación asociada a *D. marginata* cuenta con pocas especies dominantes. Esto se logró constatar con los índices de equitatividad de Shannon, cuyos valores fueron altos, lo cual indica una buena distribución de especies en la comunidad. Al realizar las curvas de los puntos de muestreo por zonas se encontró que en el Atlántico la dominancia es más marcada en los entre lotes, mientras que en San Carlos es más pronunciada dentro de los lotes.

Las especies dominantes se caracterizan por su capacidad de competencia y de colonización de nichos, por esta razón, muchas veces ocasionan problemas en los cultivos (Kikvidze y Ohsawa 2002, García Torres y Fernández-Quintanilla 1991). Sin embargo, como en las plantaciones de *D. marginata* la dominancia no es tan pronunciada se facilita su manejo. No obstante, el productor debe de mantener especial cuidado con la ecología de la comunidad

de arvenses de su finca, debido a que como los cultivos de ornamentales son relativamente jóvenes, posiblemente en este momento la presión de selección de los herbicidas no es tan evidente, pero podría llegar a serlo si no se cuenta con un sistema de control adecuado.

La mayor parte de las especies que conforman la vegetación asociada a *D. marginata* son especies secundarias, cuya densidad y cobertura es menor a la de las especies dominantes. Así como también, se encontraron especies raras, principalmente durante la época seca y en la zona de San Carlos. La contribución de cada especie rara al ecosistema es usualmente mínima, pero a nivel colectivo pueden jugar un rol tan importante para el funcionamiento ecosistémico como el de las especies comunes y dominantes (Tscharntke et ál. 2005). Debido a que en esta investigación se reportó un grupo considerable de especies raras, su papel en el ecosistema no debe ser ignorado.

5.4.1.3 Caracterización de las cercas vivas

Con la caracterización de la vegetación asociada a *D. marginata* se pudo determinar que la utilización de cercas vivas para la división de lotes y principalmente linderos de finca es una práctica tradicional en los productores de dicho cultivo. Tanto en la Zona Atlántica como en San Carlos, las cercas vivas presentan una especie dominante, la cual varía según la ubicación. En el Atlántico, la especie que prevalece es *Erythrina* sp y en San Carlos *Dracaena massageana*. Similares resultados se encontraron en Sarapiquí, donde un un 83% de las cercas vivas están compuestas por *Erythrina* sp (Villacís 2003). Mientras que, en San Carlos al evaluar las cercas vivas de sistemas agropecuarios se observó que el 85% está compuesto por *Gliricidia sepium* y *Erythrina* sp (Souza de Adreu et ál. 2000).

El estudio identificó otras especies con menor abundancia, las cuales son reconocidas por su valor ornamental, de follaje, generadoras de fibra, alimenticias, fijadoras de nitrógeno, medicinales, de importancia apícola o empleadas como abono verde (CATIE 2007). Además, de sus múltiples usos, esta vegetación cumple funciones ecosistémicas importantes y permiten la conservación del medio ambiente. Así por ejemplo, están asociadas con la protección y mejoramiento del suelo, secuestro de carbono, incremento de la diversidad, entre otras (Villanueva et ál. 2007).

Al determinar la diversidad de especies de las cercas vivas se encontró que esta varía entre las zonas, siendo el Atlántico más diverso que San Carlos. Cuando se compararon los índices de diversidad obtenidos en este estudio con los alcanzados en una investigación de

cercas vivas localizadas en Nicaragua, se determinó que las cercas vivas de la Zona Atlántica son diversas, mientras que, las de San Carlos son monoespecíficas. Las cercas vivas diversas fueron definidas como aquellas que presentan un índice promedio de Simpson inferior a 0.29 y las monoespecíficas superior a 0.37 (Ramírez 2007).

5.4.1.4 Caracterización de poblaciones de arvenses en lotes de *D. marginata* con diferentes tamaños de corte

Al comparar los arvenses encontrados en lotes de *D. marginata* destinados a la producción de *tips* con diferentes tamaños de corte, se encontró que en lotes con cortes pequeños hay menor riqueza de especies. Sin embargo, con la curva de acumulación se comprobó que el esfuerzo de muestreo realizado no fue suficiente. Por lo tanto, los lotes con cortes pequeños cuentan con una mayor probabilidad de aumentar sus registros con nuevas especies.

La composición de especies, porcentaje de cobertura y contenido de biomasa en lotes destinados a la producción de *tips* de diferente tamaño de corte es muy similar, lo cual se puede deber a que todos los lotes se encuentran dentro de una misma finca y reciben igual manejo. No obstante, los lotes con *tips* grandes mostraron un menor número de especies dominantes comparado con lotes donde se producen *tips* medianos y pequeños. Además, la dominancia de *Laportea aestuans* es más marcada en lotes de *tips* grandes. Esto se puede deber a que *Laportea aestuans* es más competitiva en condiciones de humedad, ya que debido a la cantidad de follaje del cultivo se mantiene un microclima más húmedo y fresco generando un ambiente apto para su desarrollo y reproducción que le permiten una mejor colonización de nichos (Vanda Nilsson et ál. 2005).

Es interesante observar la variación de la comunidad de arvenses a lo largo del desarrollo del cultivo, ya que cuando las plantas de *D. marginata* son pequeñas, la abundancia de plantas silvestres es mayor y con forme aumenta la madurez, la población de arvenses se reduce. A este fenómeno se le llama plasticidad poblacional y se describe como el “establecimiento de poblaciones iniciales altas, las cuales disminuyen al pasar el tiempo, hasta mantener un número de arvenses vigorosas a un nivel óptimo para su desarrollo” (Alemán 2004).

Al comparar la diversidad de especies entre lotes destinados a la producción de *tips* con diferente tamaño de corte, se encontró que los lotes con *tips* pequeños son menos diversos que

el resto, lo cual indica que la elevada luminosidad puede ser un factor limitante para el desarrollo de algunas especies de arvenses. Sin embargo, al confrontar los resultados obtenidos en los Índices de Shannon (H') con estudios de comunidades de arvenses en monocultivos, se observó que la diversidad de plantas silvestres acompañantes del cultivo *D. marginata* es considerada como diversa. Esto se debe a que según Legere et ál. (2005), comúnmente H' en comunidades de arvenses es < 2.0 .

5.4.1.5 Diversidad funcional

De acuerdo con Seelman et ál. (2007), los rasgos funcionales de las plantas son significativamente determinantes en la ocurrencia y abundancia de herbívoros y sus enemigos naturales. Estudios realizados indican que el contenido de nutrientes en el tejido vegetal, especialmente nitrógeno es un factor clave en la interacción planta-herbivoría y planta-herbívoro-parasitismo (Pérez-Harguindeguy et ál. 2003, Cornelessen et ál. 1997, Garnier et ál. 1997). El alto contenido de este elemento en la planta incrementa las tasas de crecimiento y supervivencia de los insectos (Schetino-Bastos et ál. 2007, Hartvigsen et ál. 1995, Elden y Kenworthy 1994), así como también las tasas de parasitismo. Las plantas fijadoras de N mantienen un contenido alto de este nutriente en su tejido. Es importante mencionar que con el análisis de conglomerados de la vegetación asociada a *D. marginata* se encontró que las plantas fijadoras de N forman parte de los grupos 2 y 3.

Las plantas de los grupos 1 y 2 presentaron los valores medios más bajos de porcentaje de agua en tejido vegetal. Anteriores investigaciones indican que contenidos de agua bajos en el tejido foliar son una limitante para la herbivoría (Pérez-Harguindeguy et ál. 2003). Se considera que las plantas de dichos grupos pueden resultar poco atractivas para la alimentación de cicadélidos, ya que estos son insectos chupadores de savia del xilema y floema, los cuales mediante su estilete bombean grandes cantidades de líquido para extraer los nutrientes necesarios (Godoy 2005).

La pubescencia de las plantas también juega un importante rol en la escogencia del hospedero de un insecto, ya que puede facilitar o entorpecer el establecimiento, alimentación y movilidad de los mismos. Por ejemplo, se ha documentado la preferencia de *Empoasca fabae* en plantas sin pubescencia (Calatayud y Múnera 2007, Seelmann et ál. 2007, Ranger y Hower 2002, Zvereva et ál. 1998). Para este estudio se encontró que los grupos 2, 3 y 4 presentan plantas con hojas y tallos glabros, lo cual podría hacerlas atractivas para plagas.

Los grupos 1, 2, 3 y 5 comparten la característica de mantener un porcentaje de plantas aromáticas, las cuales de acuerdo con la literatura repelen insectos plaga y atraen insectos benéficos (Finch y Collier 2000, Patt et ál. 1997). Además, estos grupos cuentan con un alto potencial para la atracción de entomofauna benéfica y enemigos naturales de los cicadélidos, facilitándoles recursos alimenticios como lo son fuentes de polen y néctar.

De acuerdo con Ward et ál. (2003) y Novotny (1995), una gran cantidad de especies de cicadélidos cuentan con plantas hospederas de la familia Cyperaceae y principalmente Poaceae. Normalmente, estas familias están compuestas por plantas con hojas aciculares o lineares y los grupos 4, 2 y 3 presentan plantas con estas características.

A nivel general, los grupos 1, 2, 3 y 5 cuentan con rasgos que podrían favorecer la fauna benéfica, ya que están compuestos por algunas especies aromáticas y en su mayoría productoras de néctar y polen. Así como también, los grupos 1, 2, 3 y 4 son potenciales hospederos de cicadélidos, debido a la presencia de algunas plantas con características que las hacen atractivas como lo son fijación de N, ausencia de pubescencia, suculentas y hojas aciculares. Vale retomar, que la riqueza de especies por grupo varía principalmente por zona y punto de muestreo, lo cual es atribuido a las diferencias en condiciones climáticas de microclima y manejo. Un ejemplo son las cercas vivas, en las cuales no se presentaron individuos del grupo cinco y los grupos 4, 1 y 3 fueron representados por un pequeño número de especies, lo cual se pudo deber a un factor de selección antropogénica, puesto que el agricultor normalmente busca especies aptas para dicho fin y que proporcionen beneficios secundarios como lo son producción de madera, forraje, ornamento, entre otros.

Los cinco tipos funcionales fueron representados en los lotes con diferente tamaño de corte. Sin embargo, la riqueza y composición de los mismos varía entre lotes con *tips* grandes, medianos y pequeños. De acuerdo con Mayfield et ál. (2006) esas diferencias pueden ser explicadas por factores de microambiente como por ejemplo cantidad de luz, temperatura, humedad, entre otras. Debido a que los grupos funcionales están compuestos por varias especies redundantes, ante una determinada situación, la eliminación de alguna no afectaría los procesos ecosistémicos (Díaz y Cabido 2001).

Debido a que las tasas y magnitudes de los procesos ecosistémicos son asociadas con la riqueza de especies, se contrastó la diversidad funcional con el número de especies encontradas por zona de estudio. Dichos resultados permitieron resaltar la complementariedad de especies de la Zona Atlántica, ya que esta cuenta con menor riqueza y mayor diversidad

funcional comparada con San Carlos (Owen y Gaston 2002, Díaz y Cabido 2001). El aumento de la complementariedad de especies es un mecanismo que permite no solo el cumplimiento de las funciones ecosistémicas sino también la coexistencia de las especies. Esto se debe a que podría ser un indicativo de utilización de distintos nichos y diferentes recursos, lo cual permite que organismos en diferentes niveles de organización interactúen con su medio ambiente a distintas escalas espacio-temporales (Gross et ál. 2007).

Al comparar la riqueza de especies de arvenses en lotes con diferentes tamaños de corte con el índice de diversidad funcional se observó que en los lotes con mayor riqueza de especies los valores de diversidad funcional son más altos. Por lo tanto, los lotes con *tips* medianos cuentan con mayor riqueza y diversidad funcional, seguidos por los lotes con *tips* grandes y finalmente los pequeños, lo cual indica poca complementariedad entre especies. Dicha correlación positiva entre riqueza y diversidad funcional ya había sido documentada por Cardinale et ál. (2000). Pocas investigaciones han considerado la relación entre diversidad de plantas y diversidad en la estructura de niveles tróficos más altos como son los insectos. Sin embargo, Symstad et ál. (2000) proponen que la composición y riqueza de especies de los grupos funcionales de la comunidad vegetal puede afectar la composición y diversidad de herbívoros y parasitoides, ya que la variedad de recursos permitiría soportar una gran diversidad de consumidores.

5.5 Conclusión

Las características de la vegetación asociada a *D. marginata* y sus periferias presentaron algunas variaciones según época del año, zona de estudio, punto de muestreo y tamaño de corte de caña del cultivo. Esto debido a un efecto de estabilidad de hábitat, prácticas agrícolas empleadas y condiciones de clima y microclima. Dichas diferencias en la vegetación asociada pueden afectar directa o indirectamente las comunidades de herbívoros y sus enemigos naturales, puesto que influyen en la disponibilidad de recursos necesarios para su sobrevivencia como lo son refugio, alimentación y zonas de ovoposición.

Con la definición de los cinco grupos funcionales de la vegetación asociada a *D. marginata* se creó una herramienta de simplificación de la información, la cual permite un mejor entendimiento del agroecosistema. Además, puede ser utilizada como un método de predicción del tipo de comunidad insectil que se encuentra en el cultivo. No obstante, presenta

la limitante que se deben conocer muy bien las necesidades y preferencias de los insectos de interés, las cuales han sido poco estudiadas y difieren entre géneros de una misma familia. Así por ejemplo, en este estudio se evaluó la diversidad funcional de la vegetación asociada a *D. marginata* tomando en cuenta rasgos funcionales relacionados con cicadélidos, de los cuales el género *Empoasca* presenta dificultades de establecimiento en hospederos con pubescencia, mientras que para los del género *Oncometopia* la presencia de tricomas no es una característica limitante.

Esta investigación podría ser utilizada para la elaboración de estrategias de manejo de arvenses acordes con la agricultura ecológica, la cual permite una sostenibilidad del sistema. La permanencia de una comunidad de arvenses en un cultivo es esencial debido a los múltiples servicios ecosistémicos que genera como lo son: mantenimiento de la humedad del suelo, ciclaje de nutrientes, incremento de materia orgánica, incorporación de nitrógeno al agroecosistema, reducción de la erosión, facilita la eliminación de residuos de agroquímicos del suelo, reduce riesgos de contaminación de aguas, control de poblaciones de plagas y otros. Sin embargo, un grupo de plantas al azar no facilitaría el manejo y reducción de problemas del agroecosistema, por lo tanto es importante conocer la funcionalidad de la vegetación asociada al mismo.

5.6 Recomendaciones

A los productores se les recomienda un uso regulado de herbicidas en los agroecosistemas, puesto que su intensificación provoca selección de arvenses altamente agresivos, generando problemas de manejo a mediano o largo plazo. Además, es importante mantener la diversidad, ya que esta permite el equilibrio y regulación del agroecosistema. Con el conocimiento de la diversidad funcional de las especies inmersas en el cultivo se recomienda crear estrategias de control de herbivorismo, dentro de las cuales se incluyen la aplicación de insecticidas u hongos entomopatógenos en plantas atractivas a las plagas e inducir el desarrollo y establecimiento de vegetación que permita la disponibilidad de recursos necesarios para enemigos naturales.

A los organismos gubernamentales que regulan las medidas fitosanitarias se recomienda revisar los registros de las prácticas agrícolas empleadas por los productores, ya que estos les servirán de guía para determinar cuales lotes y fincas están más propensos a la infestación de plagas.

Para futuras investigaciones se recomienda estudiar el efecto de los grupos funcionales en las poblaciones de plagas y sus enemigos naturales. Además, se podría determinar si algunas de las especies encontradas o un grupo de ellas cuentan con características deseables como cultivo de cobertura.

5.7 Bibliografía

- Alan, E; Barrantes, U; Soto, A; Agüero, R. 1995. Elementos para el manejo de malezas en agroecosistemas tropicales. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, CR. 223 p.
- Alan, E; Barrantes, U. 1989. Cuantificación de las malezas en cultivos comerciales de piña, plátano, tiquisque y yuca en dos distritos de San Carlos, Costa Rica. *Revista Interamericana de Ciencias Agrícolas*. 39(1): 1-9.
- Alemán, F. 2004. Manejo de arvenses en el Trópico. 2 ed. Managua, NI. 179 p.
- Almekinders, CJ; Fresco, LO; Struik, PC. 1995. The need to study and manage variation in agro-ecosystems. *Netherlands Journal Agricultural Science* 43:127–142.
- Altieri, MA.1999. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. New York, US. 338 p.
- Altieri, MA; Nicholls, CI. 2004. Biodiversity and pest management in agroecosystems. 2 ed. New York, US. 25 p.
- Andreasen, C; Streibig, CJ; Haas, H. 1991. Soil properties affecting the distribution of 37 weed species in Danish fields. *Weed Research* 31: 181–187.
- Bernays, R; Chapman, F. 1994. Host-plant selection by phytophagous insects. New York, US. 97 p.
- Burger, W. 1977. *Fieldiana botany: Flora costaricensis*. Chicago, US. 291p.
- Calatayud, PA; Múnera, DF. 2007. Capítulo 14: Defensas naturales de la yuca a las plagas de artrópodos. (en línea). Consultado: 19 septiembre 2007. Disponible en: www.clayuca.org/PDF/libro_yuca/capitulo14.pdf -
- Cambardella, CA; Moorman, TB; Novak, JM; Parkin, TB; Karlen, DL; Turco, RF; Konopka, AE. 1994. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal* 58: 1501–1511.
- Cardinale, BJ; Nelson, K; Palmer, MA. 2000. Linking species diversity to the functioning of ecosystems: on the importance of environmental context. *OIKOS* 91: 175-183.
- CATIE. 2007. Cercas vivas. (en línea). Consultado: 1 noviembre 2007. Disponible en: web.catie.ac.cr/silvopastoril/folleto/cercasvivas.pdf -
- Colwell, R. 2006. Estatistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. (en línea). Consultado: 10 abril 2007. Disponible en: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>

- Cornelissen, JH; Castro-Díez, P; Hunt, R. 1996. Seedling growth, allocation and leaf attributes in a wide range of woody plant species and types. *Journal Ecology* 84: 755–765.
- Cornelissen, JH; Werger, MJ; Castro-Díez, P; Van Rheenen, JW; Rowland, AP. 1997. Foliar nutrients in relation to growth, allocation and leaf traits in seedlings of a wide range of woody plant species and types. *Oecologia* 111: 460–469.
- Coyle, DR; Bentz, J. 2006. Effects of fertilization and irrigation on *Erythroneura lawsoni* (Homoptera: Cicadellidae) abundance and injury levels in an intensively managed American Sycamore plantation. US. University of Wisconsin. 28 p.
- Dale, HM; Harrison, PJ; Thomson, GW. 1965. Weeds as indicators of physical site characteristics in abandoned pastures. *Canadian Journal of Botany* 43: 1319–1327.
- Díaz, S; Cabido, M. 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution* 16(11): 646-655.
- Dieleman, JA; Mortensen, DA; Buhler, DD; Ferguson, RB. 2000. Identifying associations among site properties and weed species abundance: Hypothesis generation. *Weed Science* 48(5): 576-587.
- Elden, TC; Kenworthy, WJ. 1994. Foliar nutrient concentrations of insect susceptible and resistant soybean germoplasm. *Crop Science* 34: 695-699.
- Finch, S; Collier, RH. 2000. Host-plant selection by insects- a theory based on 'appropriate/inappropriate landings' by pest insects of cruciferous plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 96: 91-102.
- García, JG; Macbryde, B; Molina, AR; Herrera-Macbryde, O. 1975. Malezas prevalentes de América Central. San Salvador, SV. 161 p.
- García Torres, L; Fernández-Quintanilla, C. 1991. Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Madrid, ES. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 348 p.
- Garnier, E; Cordonnier, P; Guillerm, JL; Sonnié, L. 1997. Specific leaf area and leaf nitrogen concentration in annual and perennial grass species growing in Mediterranean oldfields. *Oecologia* 111: 490–8.
- Godoy. 2005. Familia Cicadellidae (en línea). San José, CR. Consultado: 7 enero 2006. Disponible en <http://www.inbio.ac.cr>
- Gross, N; Suding, KN; Lavorel, S; Roumet, C. 2007. Complementarity as a mechanism of coexistence between functional group grasses. *Journal of Ecology* 95: 1296-1305.

- Hartvigsen, G; Wait, DA; Coleman, JS. 1995 Tri-trophic interactions influenced by resource availability: predator effects on plant performance depend on plant resources. *Oikos*, 74: 463-468.
- ICI (Imperial Chemical Industries). 1986. Manual de malezas. CU. 128 p.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional). 2007. Información climatológica. (en línea). Consultado: 8 enero 2007. Disponible en: www.imn.ac.cr
- Kikvidze, Z; Ohsawa, M. 2002. Measuring the number of co-dominants in ecological communities. *Ecological Research* 17: 519-525.
- Legere, A; Stevenson, FC; Benoit, DL. 2005. Diversity and assembly of weed communities: contrasting responses across cropping systems. *Weed Research* 45: 303–315.
- Mayfield, MM; Ackerly, D; Daily, GC. 2006. The diversity and conservation of plant reproductive and dispersal functional traits in human-dominated tropical landscapes. *Journal of Ecology* 94: 522-536.
- Menalled, FD; Gross, KL; Hammond, M. 2001. Weed aboveground and seedbank community responses to agricultural management systems. *Applied Ecology* 11: 1586–1601.
- Mexzón, R. 1997. Pautas de manejo de las malezas para incrementar las poblaciones de insectos benéficos en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacquin). *Agronomía Mesoamericana* 8(2): 21-32.
- Missouri Botanical Garden. 1994. Flora Mesoamericana: Alismataceae a Cyperaceae. G Davidse; M Sousa; A Chater. MX. V.6, 38p.
- Nicholls, CI. 2007. Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. (en línea). Consultado: 8 agosto 2007. Disponible en: www.um.es/ojs/index.php/agroecologia/article/viewPDFInterstitial/19/7 -
- Norris, R; Kogan, M. 2000. Interactions between weeds, arthropod pest, and their natural enemies in managed ecosystems. *Weed Science* 48: 94-158.
- Novotny, V. 1995. Relationships between life histories of leafhoppers (Auchenorrhyncha-Hemiptera) and their host plants (Juncaceae, Cyperaceae, Poaceae). *Oikos* 73(1): 33-42.
- Owen, LP; Gaston, KJ. 2002. Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology Letters* 5: 402-411.

- Palmer, MW; Maurer, TA. 1997. Does diversity beget diversity? A case study of crops and weeds. *Journal of Vegetation Science* 8: 235–240.
- Patt, JM; Hamilton, GC; Lashomb, JH. 1997. Foraging success of parasitoid wasps on flowers: interplay of insect morphology, floral architecture and searching behavior. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 83: 21-31.
- Pemberton, RW; Lee, JH. 1996. The influence of extrafloral nectaries on parasitism of an insect herbivore. *American Journal of Botany* 83(9): 1187-1194.
- Pérez, G. 2007. Evaluación de comportamiento de *Oncometopia clarior* (Walter) (Hemíptera:Cicadellidae) ante especies vegetales asociadas al cultivo *Dracaena marginata* (Lamarck) y su preferencia a diversos regímenes de fertilización. Tesis Mag.Sc Turrialba, CR. CATIE.
- Pérez-Harguindeguy, N; Díaz, S; Vendramini, F; Cornelissen, JH; Gurvich, DE; Cabido, M. 2003. Leaf traits and herbivore selection in the field and in cafeteria experiments. *Austral Ecology* 28: 642–650.
- Petchey, O; Gaston, KJ. 2002. Functional Diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology Letters* 5: 402-411.
- Petchey, O; Gastón, KJ. 2006. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters* 9(6): 741-758.
- Pohl, RW. *Fieldiana botany: Flora costaricensis gramineae*. US. 608 p.
- Ramírez, LR. 2007. Efecto de la diversidad de la vegetación arbórea y la conexión al bosque de las cercas vivas sobre la comunidad de aves en Matiguás, Nicaragua. Tesis M.Sc. CATIE.
- Ranger, CM; Hower, AA. 2002. Glandular trichomes on perennial alfalfa affect host-selection behavior of *Empoasca fabae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 105: 71–81.
- Schellhorn, NA; Sork, VL. 1997. The impact of weed diversity on insect population dynamics and crop yield in collards, *Brassica oleracea* (Brassicaceae). *Oecologia* 111: 233–240.
- Schetino-Bastos, C; Cardoso, JC; Coutinho, M; Gomes, PR; Cecón, PR. 2007. Nutrient content affecting *Spodoptera frugiperda* and *Dalbulus maidis* occurrence in corn. *Insect Science* 14: 117-123.
- Schmale, I; Wackers, FL; Cardona, C; Dorn, S. 2001. Control potential of three hymenopteran parasitoid species against the bean weevil in stored beans: the effect of adult parasitoid nutrition on longevity and progeny production. *Biological Control* 21: 134–139.

- Seelmann, L; Auer, A; Hoffmann, D; Schausberger, P. 2007. Leaf pubescence mediates intraguild predation between predatory mites. *Oikos* 116: 807-817.
- Shelton, MD; Edwards, CR. 1983. Effects of weeds on the diversity and abundance of insects in soybeans. *Environmental Entomology* 12: 296–298.
- Sosnoskie, LM; Herms, CP. 2005. Weed seedbank community composition in a 35-yr-old tillage and rotation experiment. *Weed Science* 54(2): 263-273.
- Souza de Abreu, M; Ibrahim, M.; Harvey, C.; Jiménez, F. 2000. Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de La Fortuna de San Carlos, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 7(26): 53 -56.
- Sunderland, K; Samu, F. 2000. Effect of agricultural diversification on the abundance, distribution, and pest control potential of spiders: a review. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 95: 1-13.
- Symstad, AJ; Siemann, E; Haarstad, J. 2000. An experimental test of the effect of plant functional group diversity on arthropod diversity. *Oikos* 89: 243-253.
- Tscharntke, T; Klein AM; Kruess, A; Steffan-Dewenter, I; Thies, C. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecological Letter* 8: 857-874.
- Vanda Nilsson, L; Sánchez-Vindas, P; Manfredi, R. 2005. Hierbas y arbustos comunes en cafetales y otros cultivos: Guía para su identificación. UNA. Heredia, CR. 246 p.
- Vásquez, R; Rojas, R. 2004. Plantas de la Amazonía Peruana: Clave para identificar las familias de Gymnospermae y Angiospermae. Trujillo, PE. 261 p.
- Villacís, J. 2003. Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frío, Costa Rica. Tesis Mag.Sc Turrialba, CR. CATIE.
- Villanueva, C; Ibrahim, M; Casasola, F; Arguedas, R. 2007. Cercas vivas. (en línea). Consultado: 1 noviembre 2007. Disponible en: https://www.grupoice.com/esp/ele/manejo_cuencas/docs/fol_cerca.pdf
- Wakers, FL. 2004. Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoid food sources: flower attractiveness and nectar accessibility. *Biological Control* 29:307-314.
- Ward, LK; Hackshaw, A; Clarke, RT. 2003. Do food-plant preferences of moern families of phytophagous insects and mites reflect past evolution with plants? *Biological Journal of the Linnean Society* 78: 51-83.

- Wilson, PJ; Thompson, K; Hodgson, JG. 1999. Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. *New Phytologist* 143: 55–162.
- Zvereva, EL; Mikhail, VK; Niemela, P. 1998. Effects of leaf pubescence in *Salix borealis* on host-plant choice and feeding behavior of the beetle *Melasoma lapponica*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 89: 297-303.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

El sector ornamental cuenta con pocos años de trayectoria en Costa Rica y existen muchos vacíos de conocimiento en el área de producción. Por lo tanto, en este estudio al evaluar el efecto de fertilización y caracterización de la vegetación asociada a *D. marginata* se generaron conocimientos y herramientas que facilitan la elaboración de programas de manejo adecuados a las necesidades del productor, ya que gran parte de los fracasos en la agricultura se deben a la utilización de paquetes tecnológicos que no se adaptan a las características de la finca y requerimientos de producción. La información generada permite un mayor entendimiento del agroecosistema y todos los procesos e interacciones que suceden en él, de forma tal que el productor deberá investigar y comprender su finca.

Debido a las múltiples pérdidas generadas por intercepciones de material de exportación infestado con plagas cuarentenarias y a la posibilidad de la apertura comercial de *Dracaenas* mayores a 18 pulgadas y con edades superiores a los dos años, las autoridades de fitoprotección de Costa Rica podrían utilizar esta investigación para mejorar el programa de inspección de material propagativo. Dichas autoridades deberán revisar los registros con las prácticas agrícolas que emplearon los productores y determinar cuales lotes y fincas cuentan con mayor riesgo de infestación de plagas cuarentenarias y a su vez les permitirá establecer el esfuerzo de muestreo que deben aplicar a cada lote o finca.

La aplicación de esta información permitirá producir material propagativo de *D. marginata* de calidad, vigor y libre de plagas cuarentenarias, el cual le dará a Costa Rica una ventaja comparativa en el mercado norteamericano. Así como también, motiva al agricultor a utilizar un sistema de producción amigable con el ambiente, el cual promueve la sostenibilidad mediante la reducción de agroquímicos y genera un sin número de servicios ecosistémicos que permiten mantener la producción a un largo plazo.

La investigación científica en el área de ornamentales se encuentra en un proceso inicial y gran parte de los conocimientos que se han generado no se encuentran a disposición de los pequeños productores. Por lo tanto, la continuación de este tipo de trabajos es indispensable. Así como también, es preponderante que el agricultor adopte un papel de investigador en su propia finca.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis químico de suelo utilizado en el ensayo de fertilización.

Sitio: Invernadero Clean Stock Program CATIE

Fecha de muestreo: 27 de octubre, 2006

Método de análisis: Extracción en Olsen modificado pH 8.5 para determinación de Cu, Zn, Mn, Fe, K y P. Extracción en Cloruro de Potasio 1N para determinación de Ca, Mg y Acidez Extraíble.

Profundidad	pH	Acidez	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Mn	Fe	CT	N
cm	agua	-----	cmol(+)l	-----	-----	-----	mg/l	-----				%
0-20	5.09	1.67	4.89	1.01	0.26	27	20.8	6.4	9.9	385	5.4	0.45

Anexo 2. Procedimiento de digestión de la muestra de tejido vegetal para determinación de cobre, zinc, manganeso, hierro, calcio, magnesio, potasio, fósforo y azufre.

La muestra de tejido vegetal previa a digestión se secó a 70 °C. Luego fue molida y tamizada por una malla de 1 mm (18/ASTM). Una vez obtenidos los extractos, se utilizaron para el análisis de Calcio, Magnesio, Potasio, Fósforo, Cobre, Zinc, Manganeso, Hierro y Azufre.

El procedimiento empleado para este análisis fue: se pesaron 0.50 g del material vegetal en un erlenmeyer pyrex de 125 ml de capacidad, se adicionaron 10 ml de la mezcla digestiva Nítrico-Perclórica 5:1, se agregaron perlas de ebullición y se colocó en el embudo de condensación. Se mantuvo en reposo durante 12 horas. Posteriormente se inició la digestión a baja temperatura durante dos horas y poco a poco se fue aumentando la temperatura. La digestión finalizó cuando desaparecieron los humos densos de coloración blanquecina.

Al completar el proceso de digestión se bajaron los erlenmeyers de la plantilla y se adicionaron aproximadamente 25 ml de H₂O destilada. Nuevamente se colocaron en la plantilla hasta hervir (para disolver sales). Se transfirió la solución del erlenmeyer a un balón aforado de 100 ml con H₂O destilada caliente utilizando un embudo con papel filtro Whatman No. 2 o equivalente. Se dejó enfriar y se aforó a 100 ml con H₂O destilada. El filtrado se utilizó para el análisis.

Del extracto anterior se leyó directamente Cu, Zn, Mn y Fe, en Espectrofotómetro de Absorción Atómica (Equipo A Analysis 100, Perkin Elmer). De una alícuota del extracto se determinó Ca, Mg, K en Espectrofotómetro de Absorción Atómica (Equipo A Analysis 100, Perkin Elmer). El P fue determinado por método colorimétrico desarrollando color azul de molibdeno (Molibdato de amonio y Cloruro Estañoso). Se leyó en el Espectrofotómetro UV/V a una longitud de onda de 660 nm. El nitrógeno total en material vegetal fue determinado por el método de combustión total.

Bibliografía

- Association of Official Agricultural Chemists. 1984. Official Methods of Analysis. 14 ed. Association of Official Agricultural Chemists. US. p. 40.
- Bateman, J. 1976. Nutrición animal: manual de métodos analíticos. Herrero Hermanos Sucesores S.A. MX. p. 289-291.
- Díaz Romeu, R; Hunter, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, CR.
- Mills, HA; Jones, JB. 1996. Plant Analysis Handbook II. MicroMacro Publishing. Georgia, US.

Anexo 3. Contenido de carbono, cobre, manganeso, hierro, calcio, en el tejido foliar del cultivo *Dracaena marginata*.

Carbono

El análisis de la varianza con medidas repetidas en el tiempo determinó una interacción tejido por fecha ($p < 0.0001$). Sin embargo, no se encontraron diferencias entre tratamientos en el contenido de C ($p = 0.4013$). Con el análisis de los datos por fecha se encontraron diferencias entre tipos de tejido solamente en el mes nueve ($p = 0.0278$). El tejido maduro, presenta los niveles más altos de C. Mientras que la tendencia de T₆ es aumentar el porcentaje de C, la del resto de los tratamientos es la reducción del mismo (Figura 1).

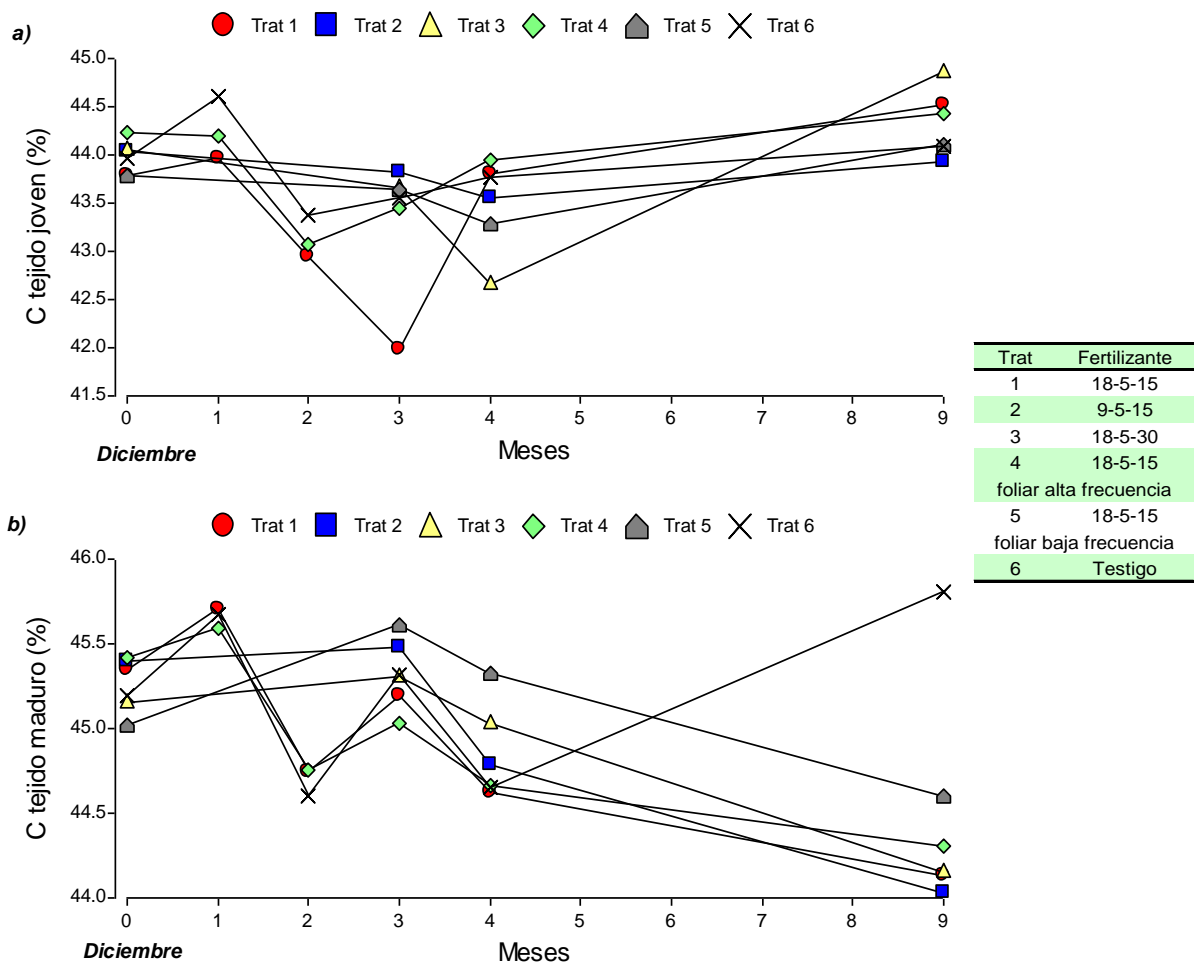


Figura 1. Porcentaje de carbono en el tejido foliar joven (a) y maduro (b) de *D. marginata* con diferentes sistemas de fertilización.

Cobre

Se encontró una interacción tratamiento por fecha ($p < 0.0001$) y tejido por fecha ($p = 0.0222$). Al realizar el análisis de varianza por fecha, el mes nueve mostró una interacción tratamiento por tejido ($p = 0.0087$) donde en el tejido maduro T_2 presenta los niveles más altos de Cu. Mientras que, T_6 y T_3 los más bajos, ya que en ambos tratamientos se observa un comportamiento decreciente del contenido de dicho elemento. En el tejido joven, T_2 registró los valores de media más altos y difirió del resto de los tratamientos (Figura 2). El tejido foliar joven reporta una media más alta a la del tejido, maduro independientemente de la fecha de muestreo.

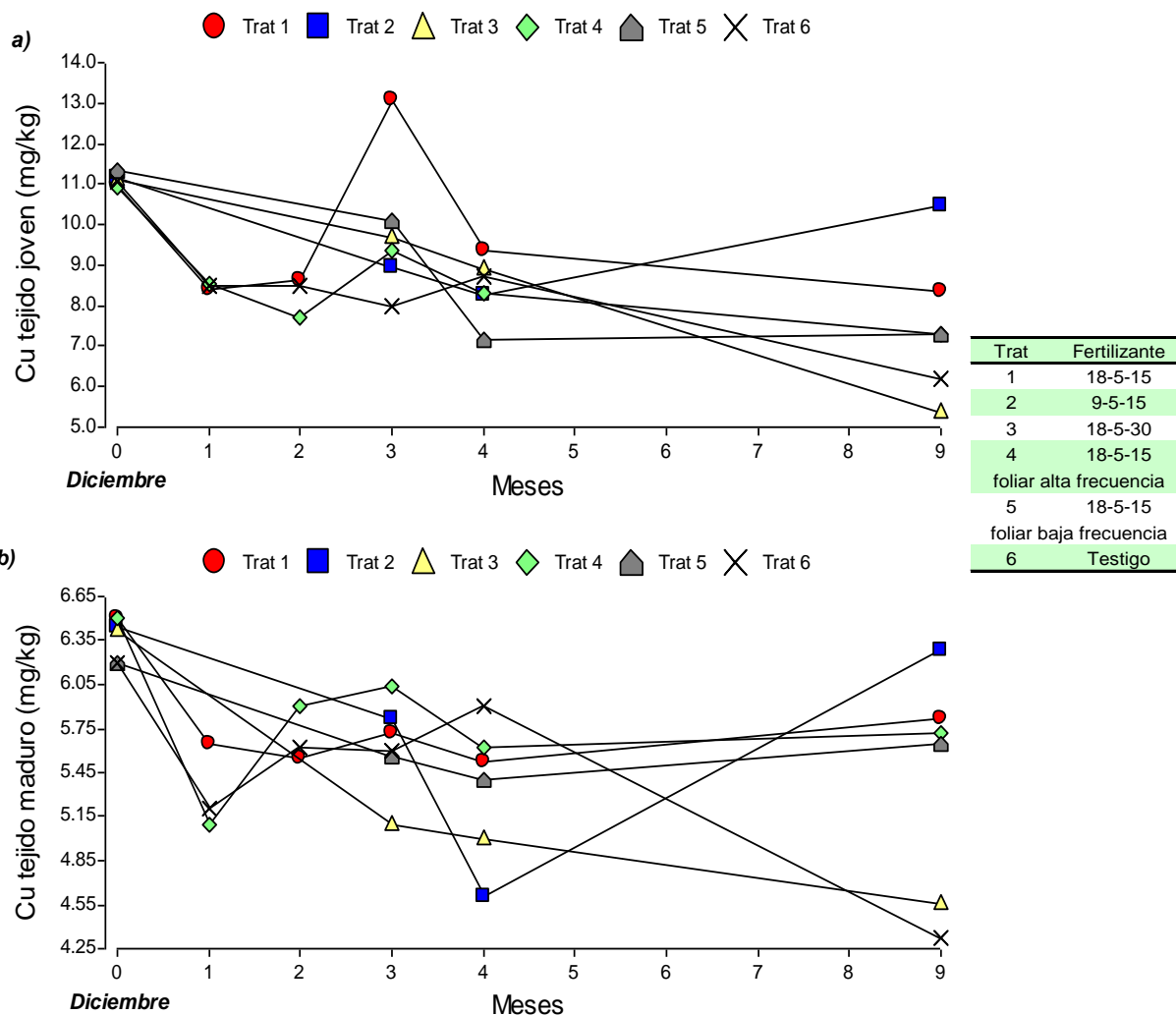


Figura 2. Contenido de cobre (mg/kg) en el tejido foliar joven (a) y maduro (b) de *D. marginata* con diferentes sistemas de fertilización.

Manganeso

Al realizar el análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo se encontró una interacción entre tratamiento, tejido y fecha ($p < 0.0001$). Debido a dicha interacción, se llevó a cabo un análisis de varianza por fecha de muestreo, el cual registró diferencias en el contenido de Mn entre tratamientos solamente en el mes nueve ($p < 0.0001$). En el tejido foliar maduro, T₅, T₁, T₄ y T₂ presentaron mayor cantidad de Mn seguido de T₃; T₆ mostró los valores más bajos de dicho elemento. En el tejido joven la cantidad de Mn fue más alta en T₃ seguido de T₄, T₅ y T₁. Las medias más bajas se reportaron por orden descendente en T₂ y T₆ (Figura 3).

Durante los primeros cuatro meses el tejido foliar joven presentó un contenido de Mn más alto comparado con el tejido maduro. Sin embargo, en el mes nueve se encontró una interacción tejido por tratamiento ($p < 0.0001$), ya que T₂ y T₆ de tejido foliar joven presentan valores similares a los reportados en el tejido maduro.

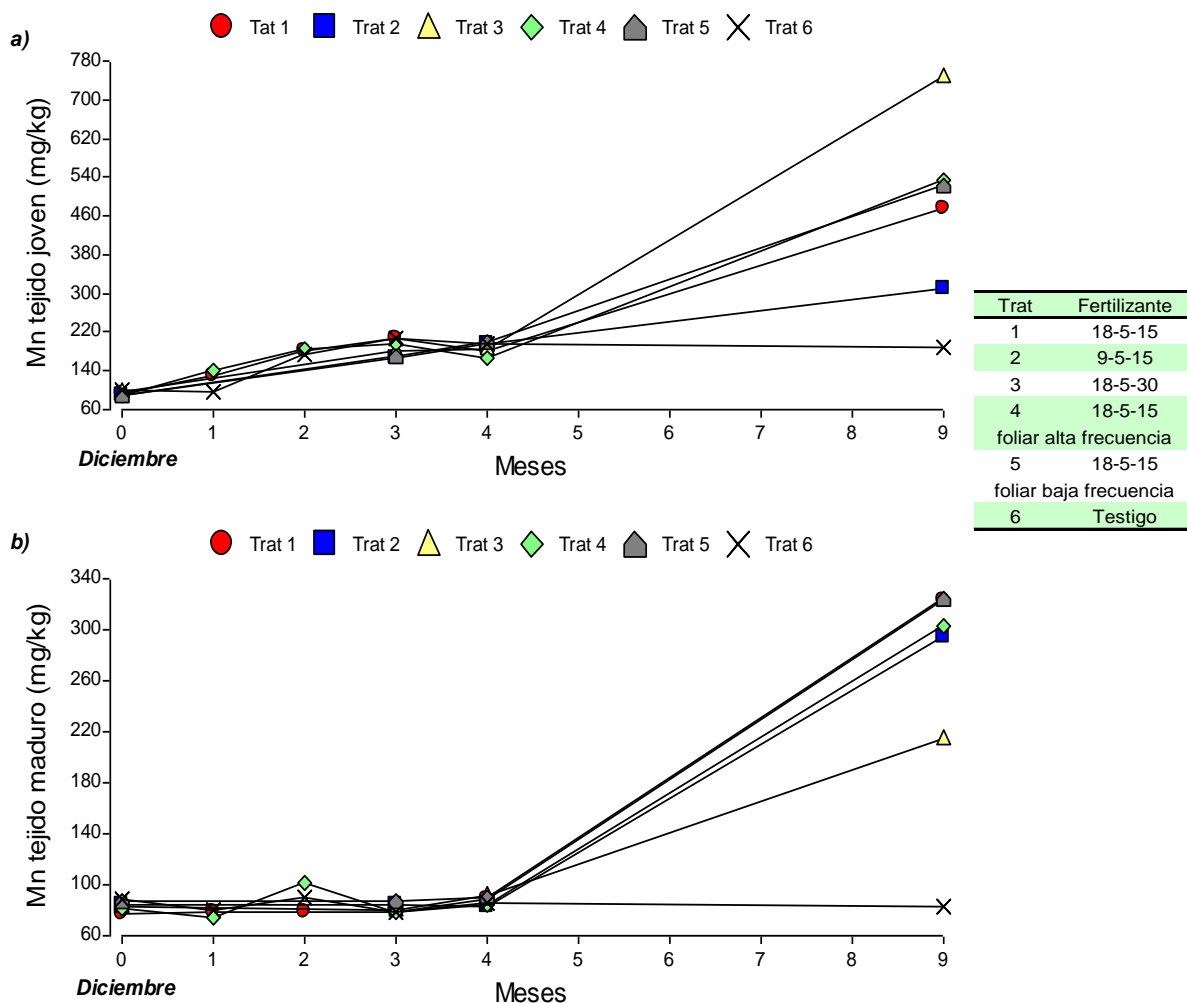


Figura 3. Contenido de manganeso (mg/kg) en el tejido foliar joven (a) y maduro (b) de *D. marginata* con diferentes sistemas de fertilización.

Hierro

Al realizar el análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo, se presentaron interacciones entre tratamiento por tejido por fecha ($p = 0.0445$). Con el análisis de los datos por muestreo, se registraron diferencias entre tratamientos solamente en el mes nueve ($p = 0.0014$). En el tejido maduro T₆ y T₃ presentan una menor cantidad de Fe comparado con el resto de los tratamientos. Mientras que, en el tejido joven T₂ difiere del resto de los

tratamientos presentando un valor de media más alto (Figura 4). Durante todas las fechas de muestreo el tejido foliar maduro registró contenidos de Fe más altos a los reportados en el tejido joven; aunque en el mes tres estas diferencias no fueron significativas, se mantuvo dicho comportamiento.

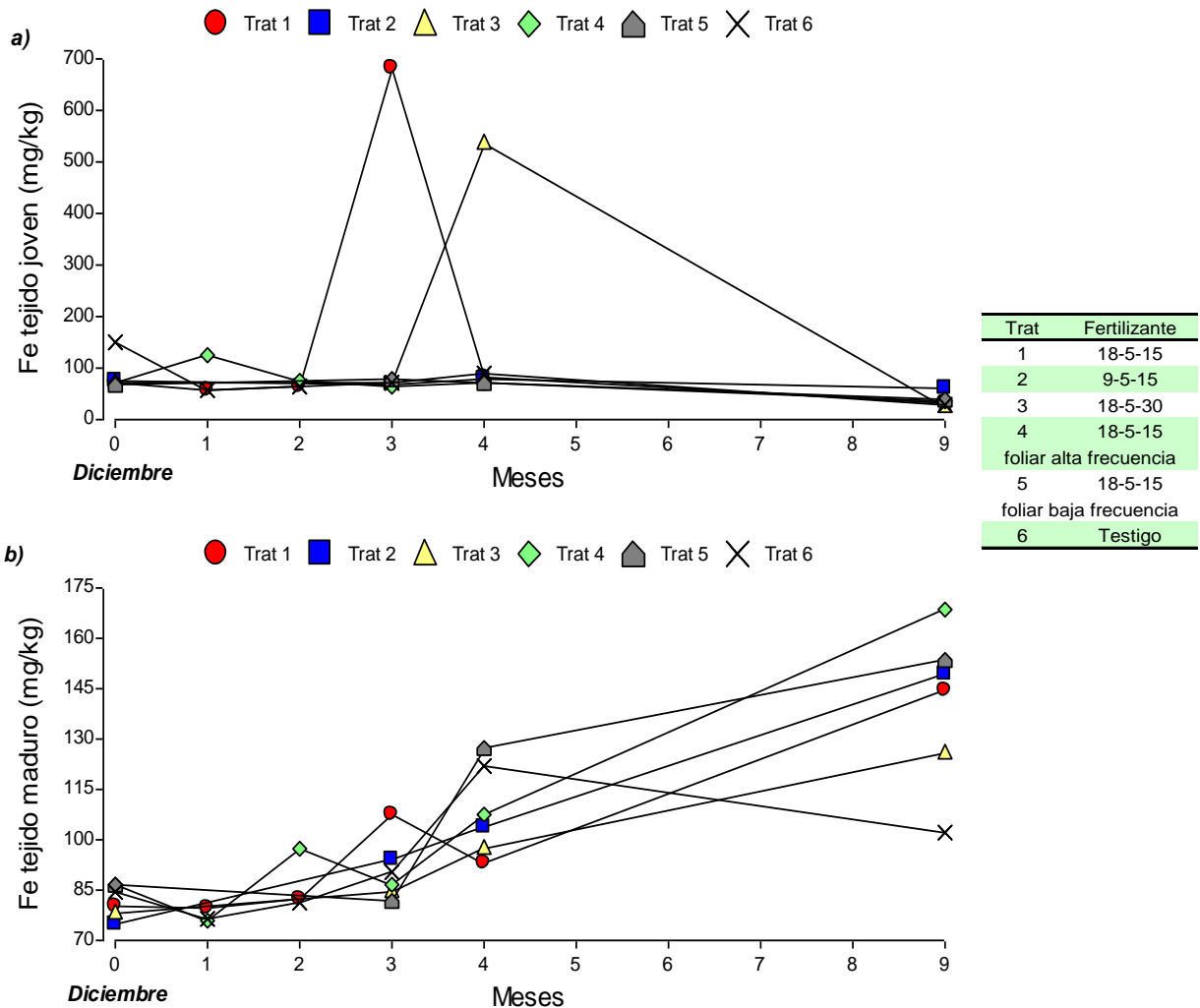


Figura 4. Contenido de hierro (mg/kg) en el tejido foliar joven (a) y maduro (b) de *D. marginata* con diferentes sistemas de fertilización.

Calcio

En el análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo se determinó una interacción tratamiento por tejido por fecha ($p < 0.0001$). Debido a dicha interacción, se realizó un análisis de varianza por cada una de las fechas de muestreo y se encontró que durante los primeros cuatro meses no hay diferencias entre tratamientos. Sin embargo, en el mes nueve se presentaron variaciones entre tratamientos de acuerdo con el tipo de tejido

($p < 0.0001$). En el tejido foliar maduro el porcentaje de Ca aumentó en los tratamientos T₂, T₅, T₁, T₄ y en menor cantidad en T₃; mientras que, se observó una disminución en T₆. Las medias más altas en el contenido de Ca se presentaron en T₂, seguido de T₅, T₁ y T₄. Los valores más bajos de este elemento fueron los obtenidos en T₃ y T₆. En el tejido foliar joven, se encontró un comportamiento de disminución de los porcentajes de Ca y T₃ presentó los valores de media más bajos, seguido por T₁ (Figura 5).

Al comparar el contenido de Ca entre el tejido foliar joven y el maduro no se registraron diferencias significativas en el muestreo de línea base ($p = 0.2953$) y el muestreo realizado en el mes tres ($p = 0.3327$). En el mes cuatro, el tejido joven mostró valores más altos ($p < 0.0001$). Mientras que en el mes nueve las medias más altas se presentaron en el tejido foliar maduro ($p < 0.0001$).

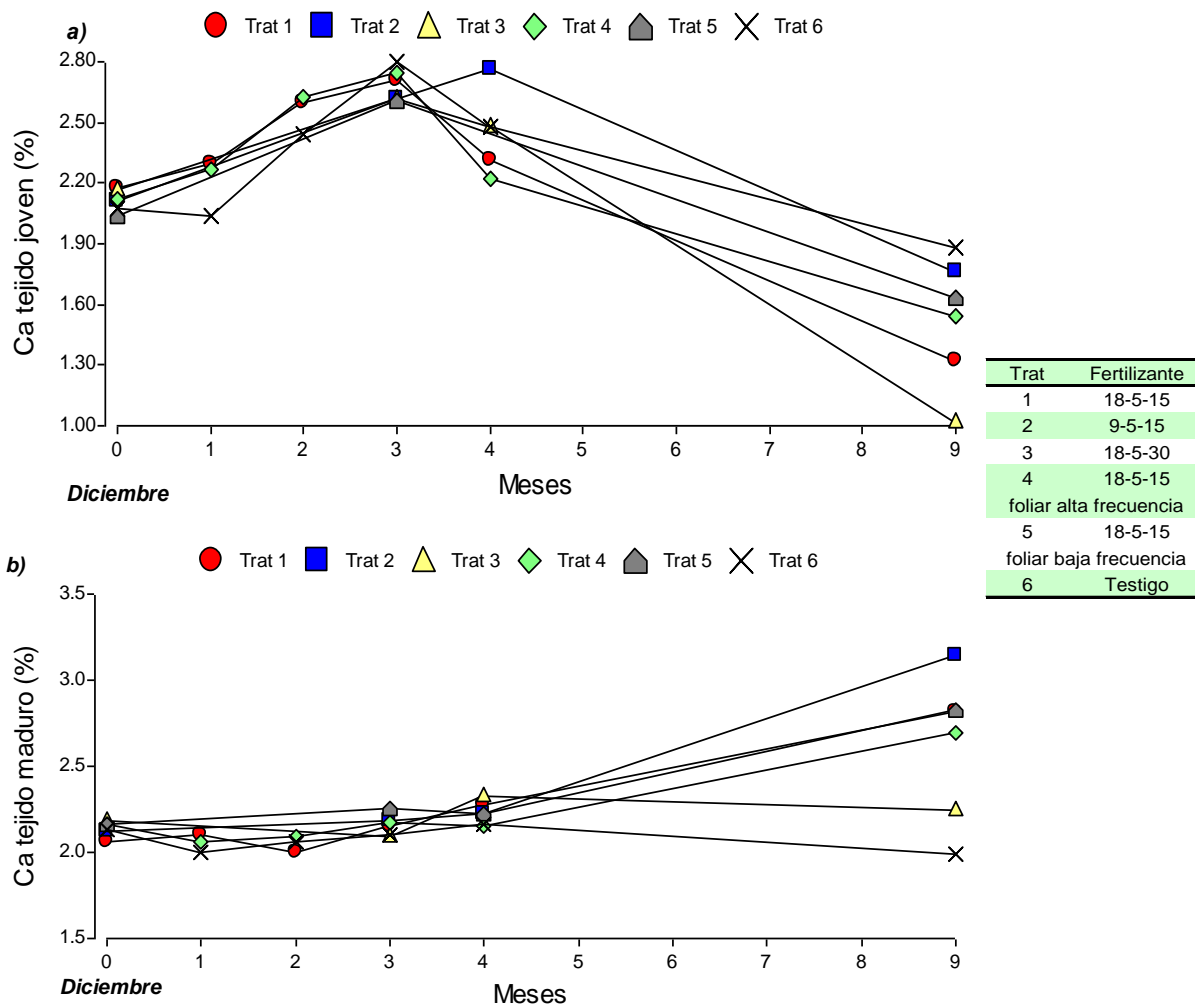


Figura 5. Porcentaje de calcio en el tejido foliar joven (a) y maduro (b) de *D. marginata* con diferentes sistemas de fertilización.

Zinc

Al realizar el análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo se encontró una interacción tejido por fecha y tratamiento por fecha ($p < 0.0001$). En el noveno mes se observó que el tejido maduro de T₅ y T₁ presentan los niveles más altos de Zn y T₆ los niveles más bajos. En el tejido joven los porcentajes más altos del elemento en estudio se registran en T₂ y T₅ (Figura 6). El contenido de Zn es mayor en tejidos viejos que en tejidos jóvenes independientemente de la fecha de muestreo, aunque en el mes cuatro esta diferencia no fue significativa ($p = 0.7564$) se mantuvo la tendencia.

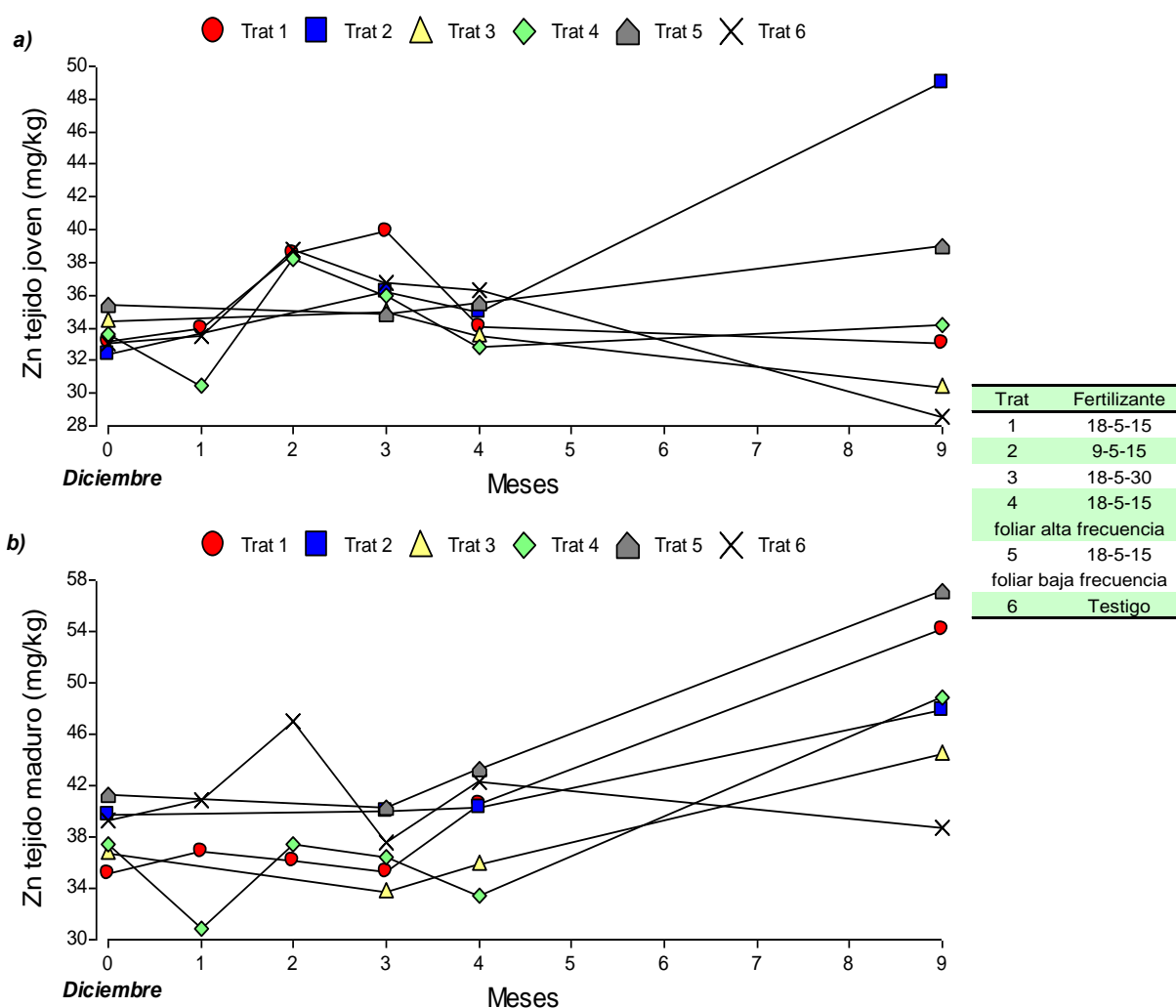


Figura 6. Contenido de Zinc (mg/kg) en el tejido foliar joven (a) y maduro (b) de *D. marginata* con diferentes sistemas de fertilización.

Anexo 4. Tabla de frecuencias absolutas (ni) y frecuencias relativas (fi) de la vegetación asociada al cultivo *Dracaena marginata* en Costa Rica.

Especies	ni	fi	Especies	ni	fi
Eleusine indica	122	5.81	Rhynchospora nervosa	9	0.43
Phyllanthus amarus	99	4.72	Tibouchina longifolia	9	0.43
Digitaria ciliaris	79	3.76	Cedrela odorata	9	0.43
Impatiens walleriana	70	3.33	Melanthera nivea	8	0.38
Laportea aestuans	70	3.33	Sonchus sp	8	0.38
Drymaria cordata	68	3.24	Urena lobata	7	0.33
Spermacoce latifolia	58	2.76	Richardia scabra	6	0.29
Phenax sonneratii	54	2.57	Piper umbellatum	6	0.29
Cyperus tenuis	52	2.48	Sida rhombifolia	6	0.29
Cyathula prostrata	52	2.48	Euphorbia graminea	5	0.24
Spermacoce assurgens	51	2.43	Scleria pterota	5	0.24
Axonopus sp	50	2.38	Cyperus odoratus	5	0.24
Peperomia pellucida	49	2.33	Euphorbia heterophylla	5	0.24
Oxalis barrelieri	46	2.19	Marsypianthes chamaedrys	5	0.24
Spananthe paniculata	46	2.19	Amaranthus dubius	4	0.19
Emilia fosbergi	45	2.14	Urochloa fasciculata	4	0.19
Hippobroma longiflora	42	2	Lantana camara	4	0.19
Mecardonia procumbens	39	1.86	Conyza canadensis	4	0.19
Stellaria ovata	38	1.81	Momordica charantia	4	0.19
Rottboellia cochinchinensis	36	1.72	Rivina humilis	3	0.14
Mimosa pudica	35	1.67	Portulaca oleracea	3	0.14
Diplazium striatastrum	35	1.67	Teramnus uncinatus	3	0.14
Panicum trichoides	34	1.62	Priva lappulacea	3	0.14
Digitaria sp	32	1.52	Yucca guatemalensis	3	0.14
Cardamine bonariensis	29	1.38	Croton lobatus	3	0.14
Lindernia diffusa	29	1.38	Dicliptera iopus	3	0.14
Youngia japonica	28	1.33	Ficus benjamina	3	0.14
Kyllinga brevifolia	27	1.29	Hyptis obtusiflora	3	0.14
Cuphea carthaginensis	27	1.29	Lycopersicon esculentum var. cerasiforme	3	0.14
Stemodia verticillata	26	1.24	Alternanthera sessilis	3	0.14
Spermacoce ocyimifolia	24	1.14	Browallia americana	3	0.14
Paspalum conjugatum	23	1.1	Capraria biflora	3	0.14
Chamaesyce hirta	22	1.05	Chamaedorea sp	3	0.14
Miconia argentea	22	1.05	Colocasia esculenta	3	0.14
Cyperus laxis	20	0.95	Malvaviscus arboreus	3	0.14
Vernonia cinerea	20	0.95	Nephrolepis biserrata	3	0.14
Sonchus oleraceus	20	0.95	Pilea microphylla	3	0.14
Paspalum paniculatum	19	0.91	Cucumis sp	2	0.1
Erythrina sp	18	0.86	Spiracantha cornifolia	2	0.1
Panicum laxum	16	0.76	Desmodium tortuosum	2	0.1
Cissus verticillata	15	0.71	Pityrogramma calomelanos	2	0.1
Dracaena massageana	15	0.71	Polygala paniculata	2	0.1
Ludwigia sp	14	0.67	Paspalum notatum	2	0.1
Pseudelephantopus spicatus	14	0.67	Echinochloa colona	2	0.1
Hybanthus attenuatus	14	0.67	Galinsoga quadriradiata	2	0.1
Cyperus sp	14	0.67	Hydrocotyle umbellata	2	0.1
Bidens pilosa	13	0.62	Murdania nudiflora	2	0.1
Piper peltatum	12	0.57	Selaginella eurynota	2	0.1
Eclipta prostrata	11	0.52	Physalis angulata	1	0.05
Arachis pintoi	11	0.52	Senna reticulata	1	0.05
Synedrella nodiflora	11	0.52	Dracaena pomelo	1	0.05
Caperonia palustris	11	0.52	Melampodium costaricense	1	0.05
Cyperus luzulae	11	0.52	Zygia longifolia	1	0.05
Acalypha arvensis	11	0.52	Codiaeum variegatum	1	0.05
Chamaesyce hypericifolia	10	0.48	Musa sp	1	0.05
Solanum americanum	10	0.48	Emilia sonchifolia	1	0.05
Sida acuta	10	0.48	Cordyline sp	1	0.05
Commelina diffusa	10	0.48	Psidium guajava	1	0.05
Oxalis corniculata	10	0.48	Coffea arabica	1	0.05

Anexo 5. Tabla de frecuencias absolutas (ni) y frecuencias relativas (fi) de las familias encontradas en el cultivo *Dracaena marginata* en Costa Rica.

Familias	ni	fi
Asteraceae	15	12.82
Poaceae	12	9.40
Euphorbiaceae	9	7.69
Cyperaceae	8	6.84
Fabaceae	7	5.98
Rubiaceae	5	4.27
Malvaceae	4	3.42
Scrophulariaceae	4	3.42
Solanaceae	4	3.42
Amaranthaceae	3	2.56
Piperaceae	3	2.56
Urticaceae	3	2.56
Apiaceae	2	1.71
Caryophyllaceae	2	1.71
Commelinaceae	2	1.71
Cucurbitaceae	2	1.71
Dracaenaceae	2	1.71
Lamiaceae	2	1.71
Melastomataceae	2	1.71
Oxalidaceae	2	1.71
Verbenaceae	2	1.71
Acanthaceae	1	0.85
Agavaceae	1	0.85
Araceae	1	0.85
Arecaceae	1	0.85
Asteliaceae	1	0.85
Balsaminaceae	1	0.85
Brassicaceae	1	0.85
Campanulaceae	1	0.85
Lythraceae	1	0.85
Meliaceae	1	0.85
Moraceae	1	0.85
Musaceae	1	0.85
Myrtaceae	1	0.85
Oleandraceae	1	0.85
Onagraceae	1	0.85
Phytolaccaceae	1	0.85
Polygalaceae	1	0.85
Portulacaceae	1	0.85
Pteridaceae	1	0.85
Selaginellaceae	1	0.85
Violaceae	1	0.85
Vitaceae	1	0.85
Woodsiaceae	1	0.85

Anexo 6. Tabla de frecuencias absolutas (ni) y frecuencias relativas (fi) de las especies encontradas en el cultivo *Dracaena marginata* por zona de estudio, Costa Rica.

Especies Zona Atlántica	ni	fi	Especies Zona Atlántica	ni	fi
<i>Eleusine indica</i>	95	0.09	<i>Spermacoce assurgens</i>	6	0.006
<i>Laporteia aestuans</i>	58	0.06	<i>Cyperus odoratus</i>	5	0.005
<i>Drymaria cordata</i>	56	0.05	<i>Panicum trichoides</i>	5	0.005
<i>Axonopus sp</i>	50	0.05	<i>Synedrella nodiflora</i>	5	0.005
<i>Peperomia pellucida</i>	49	0.05	<i>Amaranthus dubius</i>	4	0.004
<i>Phyllanthus amarus</i>	39	0.04	<i>Cyperus sp</i>	4	0.004
<i>Digitaria ciliaris</i>	35	0.03	<i>Dracaena massageana</i>	4	0.004
<i>Spermacoce latifolia</i>	32	0.03	<i>Lantana camara</i>	4	0.004
<i>Cyperus tenuis</i>	31	0.03	<i>Scleria pterota</i>	4	0.004
<i>Mecardonia procumbens</i>	29	0.03	<i>Alternanthera sessilis</i>	3	0.003
<i>Stellaria ovata</i>	29	0.03	<i>Arachis pintoii</i>	3	0.003
<i>Emilia fosbergii</i>	25	0.02	<i>Croton lobatus</i>	3	0.003
<i>Lindernia diffusa</i>	25	0.02	<i>Euphorbia heterophylla</i>	3	0.003
<i>Stemodia verticillata</i>	22	0.02	<i>Ficus benjamina</i>	3	0.003
<i>Kyllinga brevifolia</i>	20	0.02	<i>Ludwigia sp</i>	3	0.003
<i>Oxalis barrelieri</i>	20	0.02	<i>Lycopersicon esculentum</i>	3	0.003
<i>Phenax sonneratii</i>	19	0.02	<i>Malvaviscus arboreus</i>	3	0.003
<i>Cardamine bonariensis</i>	18	0.02	<i>Momordica charantia</i>	3	0.003
<i>Cyperus laxus</i>	18	0.02	<i>Nephrolepis biserrata</i>	3	0.003
<i>Erythrina sp</i>	18	0.02	<i>Pilea microphylla</i>	3	0.003
<i>Paspalum paniculatum</i>	18	0.02	<i>Portulaca oleracea</i>	3	0.003
<i>Cyathula prostrata</i>	15	0.01	<i>Priva lappulacea</i>	3	0.003
<i>Diplazium striatastrum</i>	15	0.01	<i>Rivina humilis</i>	3	0.003
<i>Pseudelephantopus spicatus</i>	14	0.01	<i>Sida acuta</i>	3	0.003
<i>Digitaria sp</i>	13	0.01	<i>Sida rhombifolia</i>	3	0.003
<i>Hybanthus attenuatus</i>	13	0.01	<i>Teramnus uncinatus</i>	3	0.003
<i>Spermacoce ocymifolia</i>	13	0.01	<i>Cucumis sp</i>	2	0.002
<i>Cissus verticillata</i>	12	0.01	<i>Cuphea carthaginensis</i>	2	0.002
<i>Paspalum conjugatum</i>	12	0.01	<i>Echinochloa colona</i>	2	0.002
<i>Piper peltatum</i>	12	0.01	<i>Mimosa pudica</i>	2	0.002
<i>Sonchus oleraceus</i>	11	0.01	<i>Murdania nudiflora</i>	2	0.002
<i>Eclipta prostrata</i>	10	0.01	<i>Pityrogramma calomelanos</i>	2	0.002
<i>Commelina diffusa</i>	9	0.01	<i>Youngia japonica</i>	2	0.002
<i>Hippobroma longiflora</i>	9	0.01	<i>Caperonia palustris</i>	1	0.001
<i>Vernonia cinerea</i>	9	0.01	<i>Conyza canadensis</i>	1	0.001
<i>Chamaesyce hirta</i>	8	0.01	<i>Desmodium tortuosum</i>	1	0.001
<i>Melanthera nivea</i>	8	0.01	<i>Euphorbia graminea</i>	1	0.001
<i>Acalypha arvensis</i>	7	0.01	<i>Musa sp</i>	1	0.001
<i>Cedrela odorata</i>	7	0.01	<i>Panicum laxum</i>	1	0.001
<i>Cyperus luzulae</i>	7	0.01	<i>Piper umbellatum</i>	1	0.001
<i>Urena lobata</i>	7	0.01	<i>Rhynchospora nervosa</i>	1	0.001
<i>Chamaesyce hypericifolia</i>	6	0.01	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	1	0.001
<i>Miconia argentea</i>	6	0.01	<i>Senna reticulata</i>	1	0.001
<i>Solanum americanum</i>	6	0.01	<i>Yucca guatemalensis</i>	1	0.001

Anexo 6 (Continuación). Tabla de frecuencias absolutas (ni) y frecuencias relativas (fi) de las especies encontradas en el cultivo *Dracaena marginata* por zona de estudio, Costa Rica.

Especies San Carlos	ni	fi	Especies San Carlos	ni	fi
<i>Impatiens walleriana</i>	70	0.067	<i>Marsypianthes chamaedrys</i>	5	0.005
<i>Phyllanthus amarus</i>	60	0.057	<i>Piper umbellatum</i>	5	0.005
<i>Spananthe paniculata</i>	46	0.044	<i>Acalypha arvensis</i>	4	0.004
<i>Spermacoce assurgens</i>	45	0.043	<i>Chamaesyce hypericifolia</i>	4	0.004
<i>Digitaria ciliaris</i>	44	0.042	<i>Cyperus luzulae</i>	4	0.004
<i>Cyathula prostrata</i>	37	0.035	<i>Euphorbia graminea</i>	4	0.004
<i>Phenax sonneratii</i>	35	0.033	<i>Lindernia diffusa</i>	4	0.004
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	35	0.033	<i>Solanum americanum</i>	4	0.004
<i>Hippobroma longiflora</i>	33	0.032	<i>Stemodia verticillata</i>	4	0.004
<i>Mimosa pudica</i>	33	0.032	<i>Urochloa fasciculata</i>	4	0.004
<i>Panicum trichoides</i>	29	0.028	<i>Browallia americana</i>	3	0.003
<i>Eleusine indica</i>	27	0.026	<i>Capraria biflora</i>	3	0.003
<i>Oxalis barrelieri</i>	26	0.025	<i>Chamaedorea sp</i>	3	0.003
<i>Spermacoce latifolia</i>	26	0.025	<i>Cissus verticillata</i>	3	0.003
<i>Youngia japonica</i>	26	0.025	<i>Colocasia esculenta</i>	3	0.003
<i>Cuphea carthaginensis</i>	25	0.024	<i>Conyza canadensis</i>	3	0.003
<i>Cyperus tenuis</i>	21	0.020	<i>Dicliptera iopus</i>	3	0.003
<i>Diplazium striatastrum</i>	20	0.019	<i>Hyptis obtusiflora</i>	3	0.003
<i>Emilia fosbergii</i>	20	0.019	<i>Sida rhombifolia</i>	3	0.003
<i>Digitaria sp</i>	19	0.018	<i>Cedrela odorata</i>	2	0.002
<i>Miconia argentea</i>	16	0.015	<i>Cyperus laxus</i>	2	0.002
<i>Panicum laxum</i>	15	0.014	<i>Euphorbia heterophylla</i>	2	0.002
<i>Chamaesyce hirta</i>	14	0.013	<i>Galinsoga quadriradiata</i>	2	0.002
<i>Bidens pilosa</i>	13	0.012	<i>Hydrocotyle umbellata</i>	2	0.002
<i>Drymaria cordata</i>	12	0.011	<i>Paspalum notatum</i>	2	0.002
<i>Laporteia aestuans</i>	12	0.011	<i>Polygala paniculata</i>	2	0.002
<i>Cardamine bonariensis</i>	11	0.011	<i>Selaginella eurynota</i>	2	0.002
<i>Dracaena massageana</i>	11	0.011	<i>Spiracantha cornifolia</i>	2	0.002
<i>Ludwigia sp</i>	11	0.011	<i>Yucca guatemalensis</i>	2	0.002
<i>Paspalum conjugatum</i>	11	0.011	<i>Codiaeum variegatum</i>	1	0.001
<i>Spermacoce ocymifolia</i>	11	0.011	<i>Coffea arabica</i>	1	0.001
<i>Vernonia cinerea</i>	11	0.011	<i>Commelina diffusa</i>	1	0.001
<i>Caperonia palustris</i>	10	0.010	<i>Cordyline sp</i>	1	0.001
<i>Cyperus sp</i>	10	0.010	<i>Desmodium tortuosum</i>	1	0.001
<i>Mecardonia procumbens</i>	10	0.010	<i>Dracaena pomelo</i>	1	0.001
<i>Oxalis corniculata</i>	10	0.010	<i>Eclipta prostrata</i>	1	0.001
<i>Sonchus oleraceus</i>	9	0.009	<i>Emilia sonchifolia</i>	1	0.001
<i>Stellaria ovata</i>	9	0.009	<i>Hybanthus attenuatus</i>	1	0.001
<i>Tibouchina longifolia</i>	9	0.009	<i>Melampodium costaricense</i>	1	0.001
<i>Arachis pintoii</i>	8	0.008	<i>Momordica charantia</i>	1	0.001
<i>Rhynchospora nervosa</i>	8	0.008	<i>Paspalum paniculatum</i>	1	0.001
<i>Sonchus sp</i>	8	0.008	<i>Physalis angulata</i>	1	0.001
<i>Kyllinga brevifolia</i>	7	0.007	<i>Psidium guajava</i>	1	0.001
<i>Sida acuta</i>	7	0.007	<i>Scleria pterota</i>	1	0.001
<i>Richardia scabra</i>	6	0.006	<i>Zygia longifolia</i>	1	0.001
<i>Synedrella nodiflora</i>	6	0.006			

Anexo 7. Tabla de frecuencias absolutas (ni) de las especies encontradas en el cultivo

Dracaena marginata por punto muestreado, Costa Rica, 2007.

Frecuencia absoluta por punto de muestreo					Frecuencia absoluta por punto de muestreo				
Especies encontradas	CV	DL	DR	EL	Especies encontradas	CV	DL	DR	EL
<i>Acalypha arvensis</i>		7	3	1	<i>Malvaviscus arboreus</i>	3			
<i>Alternanthera sessilis</i>		1	2		<i>Marsypianthes chamaedrys</i>		2	2	1
<i>Amaranthus dubius</i>		4			<i>Mecardonia procumbens</i>		4	8	27
<i>Arachis pintoii</i>		2	3	6	<i>Melampodium costaricense</i>		1		
<i>Axonopus sp</i>		1		49	<i>Melanthera nivea</i>	5	3		
<i>Bidens pilosa</i>		6	3	4	<i>Miconia argentea</i>		7	11	4
<i>Browallia americana</i>			2	1	<i>Mimosa pudica</i>		10	11	14
<i>Caperonia palustris</i>		5	5	1	<i>Momordica charantia</i>		3	1	
<i>Capraria biflora</i>		2	1		<i>Murdania nudiflora</i>				2
<i>Cardamine bonariensis</i>		16	10	3	<i>Musa sp</i>	1			
<i>Cedrela odorata</i>		6	3		<i>Nephrolepis biserrata</i>		1	2	
<i>Chamaedorea sp</i>	3				<i>Oxalis barrelieri</i>		19	15	12
<i>Chamaesyce hirta</i>		6	8	8	<i>Oxalis corniculata</i>		4	2	4
<i>Chamaesyce hypericifolia</i>		1	2	7	<i>Panicum laxum</i>		7	6	3
<i>Cissus verticillata</i>		9	4	2	<i>Panicum trichoides</i>		18	7	9
<i>Codiaeum variegatum</i>	1				<i>Paspalum conjugatum</i>		3	11	9
<i>Coffea arabica</i>	1				<i>Paspalum notatum</i>			1	1
<i>Colocasia esculenta</i>			3		<i>Paspalum paniculatum</i>		2	14	3
<i>Commelina diffusa</i>		5	3	2	<i>Peperomia pellucida</i>		19	26	4
<i>Conyza canadensis</i>		2	1	1	<i>Phenax sonneratii</i>		28	15	11
<i>Cordylone sp</i>	1				<i>Phyllanthus amarus</i>		48	25	26
<i>Croton lobatus</i>		2		1	<i>Physalis angulata</i>				1
<i>Cucumis sp</i>		2			<i>Pilea microphylla</i>			3	
<i>Cuphea carthaginensis</i>		4	10	13	<i>Piper peltatum</i>		7	5	
<i>Cyathula prostrata</i>		27	14	11	<i>Piper umbellatum</i>		4	1	1
<i>Cyperus laxus</i>		6	6	8	<i>Pityrogramma calomelanos</i>			2	
<i>Cyperus luzulae</i>		5	5	1	<i>Polygala paniculata</i>		1		1
<i>Cyperus odoratus</i>		3	2		<i>Portulaca oleracea</i>		1	1	1
<i>Cyperus sp</i>		6	6	2	<i>Priva lappulacea</i>		3		
<i>Cyperus tenuis</i>		22	15	15	<i>Pseudelephantopus spicatus</i>			1	13
<i>Desmodium tortuosum</i>		1	1		<i>Psidium guajava</i>	1			
<i>Dicliptera iopus</i>		3			<i>Rhynchospora nervosa</i>		3	5	1
<i>Digitaria ciliaris</i>		24	32	23	<i>Richardia scabra</i>		3	1	2
<i>Digitaria sp</i>		7	15	10	<i>Rivina humilis</i>		3		
<i>Diplazium striatastrum</i>		17	18		<i>Rottboellia cochinchinensis</i>		7	14	15
<i>Dracaena massageana</i>	15				<i>Scleria pterota</i>		2	1	2
<i>Dracaena pomelo</i>	1				<i>Selaginella eurynota</i>		2		
<i>Drymaria cordata</i>		34	26	8	<i>Senna reticulata</i>	1			
<i>Echinochloa colona</i>		2			<i>Sida acuta</i>		4	3	3
<i>Eclipta prostrata</i>		7	3	1	<i>Sida rhombifolia</i>			4	2
<i>Eleusine indica</i>		41	42	39	<i>Solanum americanum</i>		3	3	4
<i>Emilia fosbergii</i>		18	12	15	<i>Sonchus oleraceus</i>		13	4	3
<i>Emilia sonchifolia</i>			1		<i>Sonchus sp</i>		6	1	1
<i>Erythrina sp</i>	18				<i>Spananthe paniculata</i>		25	12	9
<i>Euphorbia graminea</i>		2	2	1	<i>Spermacoce assurgens</i>		20	14	17
<i>Euphorbia heterophylla</i>		4		1	<i>Spermacoce latifolia</i>		26	12	20
<i>Ficus benjamina</i>	3				<i>Spermacoce ocyimifolia</i>		12	8	4
<i>Galinsoga quadriradiata</i>			1	1	<i>Spiracantha cornifolia</i>		1		1
<i>Hippobroma longiflora</i>		15	15	12	<i>Stellaria ovata</i>		14	14	10
<i>Hybanthus attenuatus</i>		2	2	10	<i>Stemodia verticillata</i>		5	9	12
<i>Hydrocotyle umbellata</i>			1	1	<i>Synedrella nodiflora</i>		8	1	2
<i>Hypstis obtusiflora</i>			1	2	<i>Teramnus uncinatus</i>	3			
<i>Impatiens walleriana</i>		38	21	11	<i>Tibouchina longifolia</i>		2	5	2
<i>Kyllinga brevifolia</i>		6	8	13	<i>Urena lobata</i>	3	3		1
<i>Lantana camara</i>	3	1			<i>Urochloa fasciculata</i>		2	1	1
<i>Laportea aestuans</i>		44	15	11	<i>Vernonia cinerea</i>		8	1	11
<i>Lindernia diffusa</i>		2	6	21	<i>Youngia japonica</i>		16	5	7
<i>Ludwigia sp</i>		4	2	8	<i>Yucca guatemalensis</i>	3			
<i>Lycopersicon esculentum</i>		3			<i>Zygia longifolia</i>	1			