

00376 4
21.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA DE LA VARA
BLANCA (Croton spp.) EN EL
ESTADO DE SINALOA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
(ECOLOGIA Y CIENCIAS AMBIENTALES)

P R E S E N T A

GUADALUPE ALFONSO LOPEZ URQUIDEZ

DIRECTOR: DR. JORGE ARTURO MEAVE DEL CASTILLO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1997



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A MIS PADRES: JOSÉ ROSARIO Y FRANCISCA

A MI ESPOSA: FERNANDA

A MIS HIJOS: CARLOS Y NADEZHDA

A MIS HERMANOS: JOSÉ , FRANCIS Y PATY

AGRADECIMIENTOS

La presente tesis fue posible gracias a la participación de una gran cantidad de personas, a las cuales agradezco infinitamente su colaboración.

Al Dr. Jorge Meave del Castillo, por haber dirigido esta tesis con sus valiosas aportaciones y sugerencias, así como por su paciencia, sus consideraciones para con mi persona y por comportarse como un amigo. Jorge muchas gracias, usted ha sido fundamental de mi formación profesional.

A los miembros del comité tutorial: al Dr. Gerardo Segura Warnholtz, y a la M. en C. Rosalva Landa Ordaz., quienes durante el desarrollo de este trabajo estuvieron haciendo observaciones y aportando ideas para desarrollar mejor esta investigación.

A los sinodales: Dr. Carlos Vázquez Yanes, Dr. Alberto Búrquez Montijo, Dra. Silvia Purata Velarde y a la Dra. Teresa Valverde Valdés, por haber realizado una revisión exhaustiva y cuidadosa de este trabajo, gracias por sus atinados comentarios y sugerencias que sirvieron para hacer mejor esta tesis.

Para realizar el muestreo de campo se requería por lo menos de dos personas y siempre y varios amigos estuvieron dispuestos a apoyarme. Gracias Daniel Moreno, Alberto Contreras, Jesús Urquiza, Tere Camacho y Jorge Meave por haber colaborado, su participación permitió hacer más rápido y ameno el trabajo de campo.

Al señor Carmelo Urquídez (mi tío) por haber puesto su parcela a disposición para el desarrollo de trabajos complementarios de esta investigación, por haberme servido de guía de campo en innumerables ocasiones y por enseñarme a distinguir a las especies de vara blanca.

Al personal del laboratorio de física y química de suelos de la Facultad de Agronomía de la UAS, por haberme proporcionado las facilidades y haber participado en la realización de los análisis de suelos.

Al personal del herbario UAS por permitirme hacer uso de sus instalaciones, equipo y especímenes de herbario y por estar siempre dispuestos a aclararme cualquier duda sobre mis *Croton*.

A los compañeros del laboratorio de Ecología de la Facultad de Ciencias, quienes me brindaron su amistad y fueron de gran ayuda, siempre estuvieron dispuestos a darme la mano en mis momentos de más apuro (situación casi permanente). Especialmente quiero agradecer a Sergio Mendoza por su colaboración en los análisis estadísticos, a los cuales les dedicamos muchas horas de trabajo; a Marco Antonio Romero por su continua ayuda con los paquetes de cómputo; a Lupita Barajas y Paty Guadarrama por ayudarme con los engorrosos trámites burocráticos. Compañeros del Laboratorio de Ecología, ustedes hicieron más fácil escalar un nivel más en mi formación profesional.

A la Dirección de Intercambio Académico de la UNAM y al Programa de Apoyo a las Divisiones de Estudios de Posgrado (PADEP proyecto 003011) por su apoyo económico, sin el cual se me hubiera dificultado más la conclusión de este trabajo.

A la Universidad Autónoma de Sinaloa por haberme proporcionado permiso y recursos económicos para la realización de mis estudios.

Finalmente, de manera muy especial, quiero agradecer a Fernanda, Carlos y Nadezhda por haberse sacrificado durante todo este tiempo en el que no los pude atender como se merecen.

CONTENIDO

Página

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Presentación del problema	1
1.2. Antecedentes	4
1.2.1. Conocimiento taxonómico	4
1.2.2. Historia natural de las especies de vara blanca	6
1.2.3. El proceso de extracción de vara blanca en Sinaloa	8
1.3. Organización del trabajo, objetivos e hipótesis	11
CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTADO DE SINALOA	12
2.1. Localización geográfica	12
2.2. Geomorfología	12
2.2.1. Fisiografía	12
2.2.2. Litología superficial	12
2.3. Clima	14
2.4. Suelos	14
2.4.1. Vertisoles	16
2.4.2. Arenosoles	16
2.4.3. Regosoles	16
2.4.4. Leptosoles	16
2.4.5. Fluvisoles	16
2.4.6. Solonchaks	17
2.5. Vegetación	17
2.5.1. Selva baja caducifolia	17
2.5.2. Encinar	19
2.5.3. Selva mediana subperennifolia	19
2.5.4. Pinar	19
2.5.5. Manglar	19
2.6. Actividades productivas	20
2.6.1. Agricultura	20
2.6.2. Silvicultura	20
2.6.3. Ganadería	20
CAPÍTULO III. MÉTODOS	21
3.1. Determinación de las especies utilizadas	21
3.2. Estimación de la distribución geográfica de las especies de vara blanca	22
3.3. Estimación de la abundancia de las especies de vara blanca	22
3.3.1. Selección de los sitios de muestreo	23
3.3.2. Definición de unidades de muestra y toma de datos	23
3.3.3. Relaciones numéricas entre las especies	27
3.4. Evaluación del potencial de uso de las especies de vara blanca	28

3.5. Relación del ambiente físico con la distribución y abundancia de las especies de vara blanca	29
3.5.1. Caracterización del ambiente físico de los sitios de muestreo.	29
3.5.2. Evaluación de la redundancia en las variables ambientales.	31
3.5.3. Definición de unidades de hábitat: clasificación	35
3.5.4. Ordenación de los sitios de muestreo	35
3.5.5. Modelos predictivos de las densidades: análisis de regresión múltiple.	36
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	37
4.1. Delimitación de las especies de <i>Croton</i> utilizadas en la horticultura en Sinaloa.	37
4.2. Distribución geográfica de las especies de vara blanca en Sinaloa	37
4.3. Abundancia de las especies de vara blanca en Sinaloa	44
4.3.1. Densidades por especie	44
4.3.2. Grado de asociación entre las especies	44
4.4. Uso potencial de las especies de vara blanca.	44
4.4.1. Estructura poblacional	50
4.4.2. Estructuras diamétricas del total de tallos.	50
4.4.3. Distribución del número de tallos por planta.	54
4.4.4. Distribución de tallos en categorías de uso potencial	59
4.5. Influencia del ambiente en la distribución y abundancia de las especies de vara blanca.	65
4.5.1. Caracterización edáfica de los sitios de muestreo	65
4.5.2. Grado de asociación entre las variables ambientales.	65
4.5.3. Delimitación de los tipos de hábitat por medio de la clasificación de los sitios de estudio	71
4.5.4. Ordenación de los sitios de muestreo	78
4.5.5. Análisis de regresión múltiple	81
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	87
5.1. Discusión	87
5.1.1. Identidad de las especies de vara blanca utilizadas en la horticultura.	87
5.1.2. Distribución de las especies de vara blanca a nivel estatal	88
5.1.3. Abundancia local de las especies de vara blanca	89
5.1.4. Interacción entre las especies de vara blanca.	90
5.1.5. Uso potencial de las especies.	91
5.1.5.1. Estructuras poblacionales	91
5.1.5.2. Estructuras diamétricas del total de tallos	92
5.1.5.3. Número de tallos por planta	92
5.1.5.4. Proporción de tallos útiles	93
5.1.6. Relación de las especies de vara blanca con el ambiente físico	95
5.1.7. Consideraciones finales	98
5.2. Conclusiones	98
LITERATURA CITADA	100
APÉNDICE	106

INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Superficie cultivada con hortalizas que requieren tutor	3
2. Características geográficas de los sitios de muestreo	25
3. Métodos de análisis de suelos	34
4. Distribución de las especies en los sitios de muestreo	43
5. Densidades de plantas y tallos por sitio para <i>Croton alamosanus</i> en seis localidades del estado de Sinaloa	45
6. Densidades de plantas y tallos por sitio para <i>Croton reflexifolius</i> en una localidad del estado de Sinaloa	45
7. Densidades de plantas y tallos por sitio para <i>Croton septemnerivius</i> en 12 localidades del estado de Sinaloa	45
8. Densidades de plantas y tallos por sitio para <i>Croton flavescens</i> en 22 localidades del estado de Sinaloa	47
9. Densidades de plantas y tallos por sitio para <i>Croton watsonii</i> en tres localidades del estado de Sinaloa	48
10. Resultados del análisis de correlación entre las densidades de las tres principales especies de <i>Croton</i> utilizadas en la horticultura en el estado de Sinaloa	48
11. Proporción (porcentaje) de plantas de <i>Croton flavescens</i> con distinto número de tallos por sitio	58
12. Proporción (porcentaje) de plantas de <i>Croton septemnerivius</i> con distinto número de tallos por sitio	60
13. Proporción (porcentaje) de plantas de <i>Croton alamosanus</i> con distinto número de tallos por sitio	60
14. Proporción (porcentaje) de plantas de <i>Croton watsonii</i> con distinto número de tallos por sitio	61
15. Proporción (porcentaje) de plantas de <i>Croton reflexifolius</i> con distinto número de tallos por sitio	61
16. Resultados de los análisis químicos de los suelos en los sitios de muestreo de vara blanca (<i>Croton</i> spp.) en Sinaloa	66
17. Características físicas de los suelos	68

18. Correlaciones entre las variables ambientales en 35 sitios de muestreo de vara blanca (<i>Croton</i> spp.) en Sinaloa	70
19. Distribución geográfica, características ambientales y riqueza de especies de vara blanca (<i>Croton</i> spp.) en los grupos formados por la clasificación	73
20. Frecuencia de aparición y densidades mínimas y máximas de las especies de vara blanca (<i>Croton</i> spp.) por grupo según la clasificación de los sitios de muestreo	77
21. Coeficientes de correlación entre la posición en los ejes de ordenación y los factores ambientales para los 35 sitios de muestreo de vara blanca (<i>Croton</i> spp.) en Sinaloa	80
22. Análisis de regresión múltiple por pasos por el procedimiento de selección por agregación sucesiva de variables para <i>Croton flavescens</i>	85
23. Análisis de regresión múltiple por pasos por el procedimiento de eliminación sucesiva de variables para <i>Croton flavescens</i>	85
24. Análisis de regresión múltiple por pasos por el procedimiento de selección por agregación sucesiva de variables para <i>Croton septemnerivus</i>	85
25. Análisis de regresión múltiple por pasos por el procedimiento de eliminación sucesiva de variables para <i>Croton septemnerivus</i>	86
26. Análisis de regresión múltiple por pasos por el procedimiento de selección por agregación sucesiva de variables para <i>Croton alamosanus</i>	86

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Relieve del estado de de Sinaloa	13
2. Distribución de climas en el estado de Sinaloa	15
3. Mapa del uso del suelo y vegetación del estado de Sinaloa.	18
4. Ubicación de los sitios de muestreo en el estado de Sinaloa	24
5. Esquema de la disposición de los cuadros de muestreo.	26
6. Esquema de delimitación de los usos de los tallos de <i>Croton</i> spp. (vara blanca) en la horticultura de acuerdo a sus características morfológicas.	30
7. Diagramas ombrotérmicos de las localidades cercanas a los sitios de muestreo	32
8. Distribución geográfica de <i>Croton flavescens</i> en el estado de Sinaloa de acuerdo a colectas de campo y la revisión de herbario.	39
9. Distribución geográfica de <i>Croton septemnerivus</i> en el estado de Sinaloa de acuerdo a colectas de campo y la revisión de herbario.	40
10. Distribución geográfica de <i>Croton alamosanus</i> en el estado de Sinaloa de acuerdo a colectas de campo y la revisión de herbario	41
11. Distribución geográfica de <i>Croton watsonii</i> y <i>C.reflexifoliius</i> en el estado de Sinaloa de acuerdo a colectas de campo y la revisión de herbario	42
12. Densidades de cinco especies de <i>Croton</i> en 35 sitios de muestreo en el estado de Sinaloa	46
13. Correlación entre las densidades de <i>Croton septemnerivus</i> y <i>C. flavescens</i> en el estado de Sinaloa	49
14. Distribución de clases diamétricas de <i>Croton septemnerivus</i> en siete sitios de muestreo con más de 30 individuos	51
15. Distribución de clases diamétricas de <i>Croton flavescens</i> en 16 sitios de muestreo en el estado de Sinaloa	52
16. Distribución de clases diamétricas de <i>Croton alamosanus</i> en tres sitios de muestreo.	53
17. Distribución de clases diamétricas de <i>Croton watsonii</i> en dos sitios de muestreo	53
18. Distribución de frecuencias de diámetro del total de tallos de <i>Croton flavescens</i> en 16 sitios de muestreo	55
19. Distribución de frecuencias de diámetro del total de tallos de <i>Croton septemnerivus</i> en 9 sitios de muestreo	56

20. Distribución de frecuencias de diámetro del total de tallos de <i>Croton alamosanus</i> en tres sitios de muestreo	57
21. Distribución de frecuencias de diámetro del total de tallos de <i>Croton watsonii</i> en dos sitios de muestreo	57
22. Distribución de frecuencias de las categorías de uso potencial de los tallos de <i>Croton flavescens</i> por sitio	62
23. Distribución de frecuencias de las categorías de uso potencial de los tallos de <i>Croton septemnerivius</i> por sitio	63
24. Distribución de frecuencias de las categorías de uso potencial de los tallos de <i>Croton alamosanus</i> por sitio	64
25. Distribución de frecuencias de las categorías de uso potencial de los tallos de <i>Croton watsonii</i> por sitio	64
26. Dendrograma obtenido a partir de clasificación de 35 sitios de muestreo en el estado de Sinaloa	72
27. Distribución geográfica de los grupos de sitios de muestreo, de acuerdo a la clasificación por el método de Wards	75
28. Ordenación de los sitios de muestreo con el método de componentes principales	79
29. Sobreposición de los valores de diferentes variables con los distintos ejes de ordenación	82
30. Sobreposición de los grupos de clasificación en los ejes de ordenación	83

RESUMEN

Se analizó la distribución y abundancia de las principales especies de vara blanca (*Croton* spp.) en el estado de Sinaloa, las cuales forman un grupo de plantas cuyo tallo es utilizado en la agricultura como sostén para las hortalizas. A pesar de la importancia de este recurso forestal, explotado intensamente desde hace décadas, hasta la fecha se desconoce con exactitud la identidad de las especies de *Croton* que son utilizadas en la horticultura, su distribución geográfica natural en Sinaloa, su abundancia, las condiciones ambientales en que se desarrollan y su potencial de uso.

El estudio se realizó en la región de selva baja caducifolia del estado, la cual se dividió en nueve franjas latitudinales de 30 minutos, y en tres niveles altitudinales (0 a 150 m, 150 a 300 m y > 300 m). Los datos se obtuvieron en 35 sitios de muestreo ubicados en las distintas combinaciones resultantes de latitud y altitud. En cada sitio se usó una unidad de muestrea de 900 m² compuesta por nueve cuadros de 10 x 10 m.

Los resultados del trabajo de campo, combinados con información extraída de los herbarios y obtenida de consultas con los cortadores de vara blanca, indican que son cinco especies las potencialmente utilizables en la horticultura: *Croton flavescens*, *C. septemnerivius*, *C. alamosanus*, *C. watsonii* y *C. reflexifolius*. La especie más frecuente, *C. flavescens*, se encontró en 22 de los 35 sitios (62.8%), siendo la especie con el límite altitudinal superior más alto. *Croton septemnerivius* apareció en 12 sitios (34.3%), y se circunscribió principalmente a las tierras bajas. *C. alamosanus* tuvo una frecuencia más baja (6 sitios de muestreo, 17.1%), y su distribución también se restringe a bajas elevaciones.

Las densidades calculadas para las cinco especies en los diferentes sitios variaron grandemente entre especies y entre sitios. La densidad de *C. alamosanus* fue la más alta ($\bar{x} = 1967$, intervalo 78-6444 ind ha⁻¹), mientras que la densidad más baja se obtuvo para *C. reflexifolius* (111 ind ha⁻¹). Las estructuras poblacionales obtenidas en los diferentes sitios sugieren que ninguna especie de *Croton* tienen problemas de regeneración. Los resultados combinados sobre las características morfológicas de los tallos de las diferentes especies, sus densidades, sus estructuras poblacionales y sus distribuciones de frecuencias de tallos por plantas indican que *C. septemnerivius* es la especie que tiene mayor potencial de uso en Sinaloa.

La distribución y abundancia de las especies estudiadas se relacionaron con datos del ambiente físico disponibles para los sitios de estudio. Una análisis canónico de correlación permitió hacer una evaluación inicial de la redundancia entre estas variables. Una clasificación de los sitios por medio del método de Wards basada en una selección de variables ambientales produjo cinco grupos, los cuales se interpretaron como unidades naturales de hábitat. En uno de los grupos no apareció ninguna especie de vara blanca. También se realizó un análisis de componentes principales de los sitios, lo que

permitió definir un espacio de ordenación basado en sus características físicas. Los primeros cuatro ejes explicaron en conjunto casi el 60% de la variación. La sobreposición de los grupos obtenidos en la clasificación sobre la ordenación mostró que en general están bien segregados unos de otros.

Por medio de análisis de regresión múltiple se buscaron ecuaciones predictivas de las densidades de las tres especies más ampliamente distribuidas. Para *Croton flavescens* el mejor modelo de incluyó seis variables (potasio, precipitación, fósforo, materia orgánica, pH y nitrógeno). De acuerdo con este análisis, para *Croton septemnerivus* sólo el pH tuvo un efecto significativo en su densidad, mientras que para *C. alamosanus* ninguna de las variables resultó ser significativa.

Este estudio aportó elementos para realizar proyectos de investigación orientados hacia un manejo sustentable de las especies de vara blanca en Sinaloa. Dichos proyectos también deberán considerar las condiciones económicas, sociales y culturales alrededor del proceso de extracción y utilización de este recurso forestal.

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Relieve del estado de de Sinaloa	13
2. Distribución de climas en el estado de Sinaloa	15
3. Mapa del uso del suelo y vegetación del estado de Sinaloa.	18
4. Ubicación de los sitios de muestreo en el estado de Sinaloa	24
5. Esquema de la disposición de los cuadros de muestreo.	26
6. Esquema de delimitación de los usos de los tallos de <i>Croton</i> spp. (vara blanca) en la horticultura de acuerdo a sus características morfométricas.	30
7. Diagramas ombrotérmicos de las localidades cercanas a los sitios de muestreo	32
8. Distribución geográfica de <i>Croton flavescens</i> en el estado de Sinaloa de acuerdo a colectas de campo y la revisión de herbario.	39
9. Distribución geográfica de <i>Croton septemnerivius</i> en el estado de Sinaloa de acuerdo a colectas de campo y la revisión de herbario.	40
10. Distribución geográfica de <i>Croton alamosanus</i> en el estado de Sinaloa de acuerdo a colectas de campo y la revisión de herbario	41
11. Distribución geográfica de <i>Croton watsonii</i> y <i>C.reflexifoliius</i> en el estado de Sinaloa de acuerdo a colectas de campo y la revisión de herbario	42
12. Densidades de cinco especies de <i>Croton</i> en 35 sitios de muestreo en el estado de Sinaloa	46
13. Correlación entre las densidades de <i>Croton septemnerivius</i> y <i>C. flavescens</i> en el estado de Sinaloa	49
14. Distribución de clases diamétricas de <i>Croton septemnerivius</i> en siete sitios de muestreo con más de 30 individuos	51
15. Distribución de clases diamétricas de <i>Croton flavescens</i> en 16 sitios de muestreo en el estado de Sinaloa	52
16. Distribución de clases diamétricas de <i>Croton alamosanus</i> en tres sitios de muestreo	53
17. Distribución de clases diamétricas de <i>Croton watsonii</i> en dos sitios de muestreo	53
18. Distribución de frecuencias de diámetro del total de tallos de <i>Croton flavescens</i> en 16 sitios de muestreo	55
19. Distribución de frecuencias de diámetro del total de tallos de <i>Croton septemnerivius</i> en 9 sitios de muestreo	56

20. Distribución de frecuencias de diámetro del total de tallos de <i>Croton alamosanus</i> en tres sitios de muestreo	57
21. Distribución de frecuencias de diámetro del total de tallos de <i>Croton watsonii</i> en dos sitios de muestreo	57
22. Distribución de frecuencias de las categorías de uso potencial de los tallos de <i>Croton flavescens</i> por sitio	62
23. Distribución de frecuencias de las categorías de uso potencial de los tallos de <i>Croton septemnervius</i> por sitio	63
24. Distribución de frecuencias de las categorías de uso potencial de los tallos de <i>Croton alamosanus</i> por sitio	64
25. Distribución de frecuencias de las categorías de uso potencial de los tallos de <i>Croton watsonii</i> por sitio	64
26. Dendrograma obtenido a partir de clasificación de 35 sitios de muestreo en el estado de Sinaloa	72
27. Distribución geográfica de los grupos de sitios de muestreo, de acuerdo a la clasificación por el método de Wards	75
28. Ordenación de los sitios de muestreo con el método de componentes principales.	79
29. Sobreposición de los valores de diferentes variables con los distintos ejes de ordenación.	82
30. Sobreposición de los grupos de clasificación en los ejes de ordenación.	83

permitió definir un espacio de ordenación basado en sus características físicas. Los primeros cuatro ejes explicaron en conjunto casi el 60% de la variación. La sobreposición de los grupos obtenidos en la clasificación sobre la ordenación mostró que en general están bien segregados unos de otros.

Por medio de análisis de regresión múltiple se buscaron ecuaciones predictivas de las densidades de las tres especies más ampliamente distribuidas. Para *Croton flavescens* el mejor modelo de incluyó seis variables (potasio, precipitación, fósforo, materia orgánica, pH y nitrógeno). De acuerdo con este análisis, para *Croton septemnervius* sólo el pH tuvo un efecto significativo en su densidad, mientras que para *C. alamosanus* ninguna de las variables resultó ser significativa.

Este estudio aportó elementos para realizar proyectos de investigación orientados hacia un manejo sustentable de las especies de vara blanca en Sinaloa. Dichos proyectos también deberán considerar las condiciones económicas, sociales y culturales alrededor del proceso de extracción y utilización de este recurso forestal.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Presentación del problema

Sinaloa es una entidad eminentemente agrícola. La agricultura ha producido una gran modificación del paisaje en el estado debido a la remoción de la vegetación en grandes áreas, las alteraciones en suelo y agua y, probablemente también, por la alteración de la dinámica poblacional de especies vegetales silvestres. Un ejemplo de estas especies son algunas pertenecientes al género *Croton*, ampliamente utilizadas como soporte de plantas hortícolas y colectivamente conocidas como "vara blanca", las cuales son objeto del presente estudio.

Entre las diferentes actividades agrícolas de Sinaloa, la horticultura tiene importancia fundamental como fuente de divisas, puesto que hay gran producción de tomate, pepino, chile y berenjena para exportación (Anónimo, 1996). Dentro de las prácticas de cultivo asociadas con las hortalizas está la del estacado, que consiste en la colocación de estacas o tutores que permiten armar sistemas conocidos como espalderas, los cuales brindan soporte mecánico a las plantas. A pesar de que los horticultores han buscado diferentes alternativas para obtener los mejores tutores, utilizando desde barras de concreto, plástico y aluminio, hasta el uso de diferentes especies vegetales leñosas, después de más de 30 años de intentos se siguen utilizando los tallos de vara blanca (Muro García, 1987; Reyes Olivas, 1993). En la actualidad se siguen buscando sustitutos; por ejemplo, se está experimentando con estacas de plástico, pero éstas son mucho más caras (\$12.00 por unidad). También se intenta introducir estacas de pino tratadas con sustancias químicas para aumentar su durabilidad, pero su costo también es elevado (de \$5.00 a \$9.00 cada una, según el diámetro).

Aparentemente el material obtenido a partir de vara blanca no es suficiente para cubrir los requerimientos actuales de los horticultores. Por ello, también se utilizan tutores de especies tales como el palo colorado (*Caesalpinia platyloba*), el vinolo (*Acacia cochliacantha*), el papache (*Randia mitis*) y el mauto (*Lysiloma divaricatum*), entre otros. Sin embargo, a decir de los mayordomos, es decir, las personas que vigilan el cumplimiento de las tareas de campo, estas especies no son buenos sustitutos de la vara blanca por varias razones. El vinolo se pudre rápidamente y dura a lo más un año; el papache es escaso; el palo colorado es poco flexible, por lo que tiende a quebrarse por el peso de la planta y por el viento. Además, esta última especie tiene crecimiento arbóreo y los campesinos prefieren no cortarlo para darle otros usos.

Además de su uso en la horticultura, las varas blancas también son utilizadas en la construcción de cercas y de techos de casas, como combustible, como medicina (como es el caso de *Croton alamosanus*; Gentry, 1963), e incluso como alimento (las hojas de *Croton reflexifolius* son consumidas por los huastecos en el norte de Veracruz y de San Luis Potosí; Gómez-Pompa, 1985).

Los cultivos de hortalizas necesitan entre 2,700 y 3,000 tutores de vara blanca por hectárea, dependiendo de la distancia entre surcos (la cual varía entre 1.7 y 2.0 m), y del intervalo entre tutores en el surco (2 m). Los tallos de vara blanca tienen una vida útil de tres años en promedio; duran sólo dos años cuando son delgados, pero cuando están bien desarrollados pueden durar hasta cinco. Los tallos se usan de distinta manera dependiendo de su longitud y su diámetro. Los tallos más gruesos (diámetro > 5 cm) y más largos (> 2 m) se colocan en los extremos de los surcos para sostener las espalderas; éstos se conocen con el nombre de postes. Los tallos con diámetros de entre 3 y 5 cm y con una altura mínima de 2 m, conocidos como estacones, se distribuyen a lo largo del surco a intervalos aproximados de 2 m; sobre ellos se tienden hilos que permiten a las plantas crecer en forma erecta. Como una medida de refuerzo, en ocasiones, entre los estacones se colocan tallos más delgados (de 1.5 a 3 cm de diámetro y de aproximadamente 1.8 m de longitud); éstos son los ejes llamados varas en los campos hortícolas. Los requerimientos de tallos de tamaños específicos determina que los cortadores de vara blanca estén más interesados en la disponibilidad de tallos útiles que en la abundancia *per se* de las plantas de estas especies.

Aunque año con año se presentan variaciones, comúnmente la superficie destinada a la producción de hortalizas que requieren tutor oscila alrededor de las 30,000 ha en todo el estado (Tabla 1). Aunque el producto de estas cifras implicaría que se requieren al menos 80 millones de tallos al año, en realidad este número puede ser una sobreestimación, ya que en ocasiones los tallos se reutilizan. De cualquier manera, es posible que la explotación de vara blanca tenga fuertes implicaciones ecológicas, incluso tan graves como la extinción local de algunas especies de *Croton* en el estado. Aunque Arce Mendoza (1990) sugirió desde hace casi una década que en Sinaloa se está sobreexplotando la vara blanca, prácticamente no existen estudios sistemáticos que evalúen este impacto.

El estudio que aquí se plantea parte de la premisa de que la explotación racional de cualquier recurso forestal debe estar basada en el conocimiento ecológico amplio de sus poblaciones. Este conocimiento debe incluir aspectos sobre los recursos que requieren las plantas, su demografía, sus interacciones con otras especies, así como las condiciones ambientales donde viven (Begon, Harper y Townsend, 1986). El estudio de los factores que controlan la distribución y abundancia de los organismos es uno de los aspectos medulares de la ecología (Kimmins, 1987), y de hecho la determinación de la abundancia de las especies en la naturaleza es un problema que ha llamado la atención de los ecólogos desde hace mucho tiempo (Andrewartha, 1961; Krebs, 1985; Hairston, 1989). Son muchos los factores, tanto bióticos como abióticos, que influyen simultáneamente sobre estos patrones (Hall, Stanford y Hauer, 1992). Por ello, siempre existe el riesgo de considerar a un fenómeno de correlación ambiental como la causa de un patrón observado cuando en realidad es otro el agente causal (Daubenmire, 1979). También las interacciones bióticas, tales como la depredación, el

Tabla 1. Superficie (ha) cultivada el estado de Sinaloa con hortalizas que requieren tutor. Temporadas 1985-86 a 1994-95.

Producto	Temporada									
	85-86	86-87	87-88	88-89	89-90	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95
Tomate										
de vara	12971	14665	13219	11608	12137	11852	10837	11788	10398	9142
cherry	851	1203	1676	1773	1010	969	1036	745	779	659
saladette	1501	4082	4339	5310	5469	6442	7363	6636	5229	8888
Chile										
bell	5231	6608	6184	5490	4582	5107	4969	4667	4693	3535
Pepino										
de vara	4771	5215	5353	4441	4081	3861	3519	3792	3685	2683
amargo	0	0	0	31	47	47	81	41	37	40
europeo	0	0	0	0	0	0	0	0	16	54
pickle(v)	1634	2368	2623	883	1876	1553	1178	745	1120	889
Berenjena	840	738	981	1077	486	873	975	881	672	714
Ejote	1297	2226	2760	3226	1508	2145	1281	1113	1854	2938
Chicharo	783	665	873	786	538	138	76	23	24	0
Total	29879	37770	38008	34625	31734	32987	31315	30431	28507	29542

Fuente: Anónimo (1996)

parasitismo y la competencia, son factores que complican el entendimiento de los fenómenos ecológicos (Augsburger, 1984). Para intentar determinar las causas de la distribución y abundancia, una primera fase consiste en delimitar en qué condiciones se encuentran y cuál es la abundancia de las especies de interés. Este enfoque representa también una primera aproximación a la evaluación del uso potencial de cada especie. La meta a largo plazo sería incorporar el conocimiento así generado en el planteamiento de innovaciones para el manejo de este recurso forestal.

Este trabajo tuvo como propósito conocer qué especies de *Croton* son utilizadas como sostén de hortalizas, determinar cuál es su distribución y abundancia en el estado de Sinaloa, así como conocer bajo qué condiciones ambientales se desarrollan y cuál es el potencial de uso de cada una.

1.2. Antecedentes

1.2.1. Conocimiento taxonómico

Salvo algunos estudios aislados como los de González Ortega (1929), Shreve (1934, 1937) y Gentry (1942, 1946a, 1946b, 1949), hasta antes de 1984 prácticamente no existían estudios florísticos sistemáticos en el estado de Sinaloa (Vega Aviña, Bojórquez Bojórquez y Hernández Álvarez, 1989). En ese año se inician de manera intensa los trabajos sobre la flora de Sinaloa, que a la fecha han producido un listado florístico, el cual es una base importante para un estudio como el que aquí se plantea.

Supuestamente se utilizan varias especies de *Croton* como tutores de hortalizas, pero no se conoce la cantidad que se extrae de cada una, ya que no existe un control a ese nivel. Los permisos otorgados a los cortadores no especifican especies, sino que agrupan todo el material vegetal utilizado como tutor bajo el rubro de "vara blanca" (*Croton* spp.).

La familia Euphorbiaceae comprende aproximadamente 300 géneros y 7500 especies, de las cuales 700 pertenecen al género *Croton*, siendo éste el segundo de mayor riqueza específica dentro de la familia (Cronquist, 1981). Calderón de Rzedowski (1985: 14) proporciona la siguiente descripción diagnóstica de *Croton*: "árboles, arbustos o hierbas, monoicos o a veces dioicos, generalmente provistos de pelos estrellados o de escamas, hojas en su mayoría alternas, con estípulas (a veces caedizas), pecioladas, a menudo con 2 glándulas sésiles o estipitadas en la base o en el ápice del peciolo, láminas enteras o dentadas, rara vez lobadas, generalmente con 3 o varias nervaduras que salen desde la base, a veces penninervadas; flores en espigas o racimos bracteados, las masculinas en la parte superior de la inflorescencia; las femeninas en la parte inferior; flores masculinas con 5 sépalos libres o unidos en la base, corola generalmente presente, disco representado por glándulas; estambres 5 a muchos (generalmente de 10 a 16) con filamentos inflexos en el botón, erectos en la floración; flores pistiladas con 5 sépalos libres o unidos en la base, generalmente desiguales, corola pequeña o

ausente, disco anular o glanduloso, ovario triclar, estilo una o varias veces bífido o partido, óvulos solitarios en cada lóculo; cápsula dehiscente, con 3 cocos bivalvados; semillas lisas, con una carúncula pequeña".

Standley (1961) describió las especies mexicanas de *Croton* como un grupo de árboles o arbustos monoicos o dioicos que tienen hojas alternas, pecioladas, enteras o dentadas, con pubescencia, y cuyas flores son pequeñas, con o sin pétalos, racemosas, que producen frutos en cápsulas. En dicha obra, Standley describió 49 especies de *Croton* presentes en México, de las cuales ubica en el estado de Sinaloa a las seis siguientes: *Croton californicus*, *C. jucindus*, *C. repens*, *C. cortesianus*, *C. fragilis* y *C. alamosanus*.

Martínez (1979) señaló la presencia en Sinaloa de las siguientes especies de *Croton*: *Croton alamosanus*, *C. morifolius*, *C. reflexifolius* y *C. rhamnifolius*, reconociendo a las tres primeras como varas blancas. En un trabajo más reciente, Vega Aviña, Bojórquez Bojórquez y Hernández Álvarez (1989) citan nueve especies de *Croton* en Sinaloa, de las cuales cuatro (de acuerdo a comentarios personales de los autores) son clasificadas como "varas blancas" y usadas como tutores: *Croton alamosanus*, *C. aff. culiacanensis*, *C. flavescens* y *C. morifolius*. Sin embargo, existen indicios de que esta información no es definitiva. En el Herbario UAS de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa hay depositadas muestras de 20 especies de *Croton* que han sido colectadas en Sinaloa. De éstas, *Croton alamosanus*, *Croton aff. culiacanensis*, *C. flavescens*, *C. morifolius*, *C. pseudoniveus*, *C. niveus*, *C. reflexifolius*, *C. stipulaceus*, *C. watsonii* y *C. septemnerivius* son conocidas como vara blanca y utilizadas como tutores, según información proporcionada por personal de dicho herbario. En contraste, Reyes Olivas (1993), quien, además de Muro García, es la persona que ha estudiado más de cerca a las especies de vara blanca, indicó que sólo tres especies de *Croton* se aprovechan actualmente en Sinaloa: *Croton alamosanus*, *C. flavescens* y *C. septemnerivius*. Más recientemente, Bye (1995) afirmó que las especies usadas como tutor en hortalizas son *Croton reflexifolius*, *C. alamosanus*, *C. flavescens*, *C. morifolius*, *C. adspersus* y *C. fragilis*.

A este desacuerdo sobre la riqueza del género en el estado, y en particular sobre la identidad de las especies de vara blanca, se añade que en muchas ocasiones es difícil distinguir en el campo las diferentes especies de *Croton*. Por ejemplo, Gómez-Pompa (1986: 117) comentó sobre *Croton niveus* que "a pesar de su amplia distribución, esta especie es bastante uniforme (en relación con las otras de su género) en su morfología tan o vegetativa como en sus estructuras florales y frutos... Esta especie ha sido ignorada y a menudo confundida con otras especies de este género, y desafortunadamente poco sabemos de las razones de esta confusión". Evidentemente, hace falta profundizar en el estudio y definición taxonómica de estas especies.

1.2.2. Historia natural de las especies de vara blanca en Sinaloa

La relación de una especie con su ambiente se refleja en su distribución y abundancia en el tiempo y en el espacio (Brown, Mehlman y Stevens, 1995). La precipitación, la temperatura y otros factores físicos y bióticos limitan el espacio geográfico de las especies (Pease, Russell y Bull, 1989). En el caso de las especies de vara blanca, la información sobre sus requerimientos ambientales, y en general sobre sus relaciones ecológicas, es aún más escasa que el entendimiento de su taxonomía. Los datos que se presentan a continuación se basan en gran medida en observaciones personales durante el desarrollo del trabajo de campo.

La mayor parte de las especies que los diferentes autores consideran vara blanca, se distribuyen principalmente en los climas BS (semisecos) y Aw (cálidos subhúmedos). Quizá una de las mayores generalizaciones en la ecología vegetal es que, a escala global, la distribución de la vegetación está fuertemente controlada por el clima (Stephenson, 1990). Los límites de distribución de las especies coinciden muchas veces con las líneas isométricas de las variables climáticas (Grace, 1987). Sin embargo, en la búsqueda de correlaciones entre algún elemento climático y la distribución de las especies, se pueden presentar algunas complicaciones, por ejemplo, cuando la distribución está determinada por más de un factor del clima, o cuando existe la influencia determinante de un factor edáfico (Búrquez, Martínez-Yrizar y Martín, 1992), como es el caso de la textura, la cual modifica la efectividad de la precipitación (Wilson et al., 1992).

Las diferencias a nivel edáfico pueden tener efectos en la germinación y el establecimiento de las especies (Mustart y Cowling, 1993). El suelo puede influir de diferentes maneras. Por ejemplo, la textura del suelo determina su permeabilidad, y por lo tanto la disponibilidad de agua a distintas profundidades. En las zonas tropicales húmedas, la velocidad de infiltración puede exceder a la precipitación (Cahn, Bouldin y Cravo, 1992), fenómeno que produce frecuentemente el lavado de nutrientes de la zona de desarrollo radicular. El suelo también puede tener otros efectos, ya que muchas semillas presentan diferentes comportamientos y su disponibilidad para los herbívoros depende de si están o no enterradas (Reader, 1993). Observaciones de campo indican que, en Sinaloa, varias especies de *Croton* conocidas como vara blanca crecen sobre leptosoles líticos, sobre regosoles y sobre vertisoles (según la clasificación de suelos de la FAO-UNESCO-ISRIC, 1991). Algunas especies también crecen en suelos arenosos.

En las poblaciones vegetales, el establecimiento de nuevos individuos depende en gran medida de la disponibilidad de agua y nutrientes (McLendon y Redente, 1992), así como de un determinado espacio físico (McConnaughay y Bazzaz, 1991). Para el establecimiento de plantas en regiones subhúmedas, como es el caso de la selva baja caducifolia del estado de Sinaloa, la disponibilidad de humedad es un factor importante, debido a la gran vulnerabilidad de las plántulas de muchas especies ante la escasez estacional de agua (Chabot y Bunce, 1979; Vickery, 1987; Leishman y Westoby, 1994).

Así, tanto la profundidad del suelo como la disponibilidad de nutrientes y de humedad en las distintas estaciones, pueden ser factores limitantes de la presencia de las especies de vara blanca en suelos someros. Sobre este punto, Reyes Olivas (1993) sugiere que las plantras de *Croton septemnerivus* crecen preferentemente en los suelos someros y pedregosos de las laderas de los cerros.

La mayoría de las especies que han sido referidas como varas blancas forman parte principalmente de la "selva baja caducifolia", siguiendo la nomenclatura de Miranda y Hernández X. (1963), tipo de vegetación que comprende lo que Gentry (1942) denominó "Short-tree Forest" y parte del "Thorn Forest". Al parecer, varias de estas especies se desarrollan preferentemente en comunidades con cierto grado de disturbio. Las varas blancas coexisten en Sinaloa con especies como el guayacán (*Guaiacum coulteri*), el palo colorado (*Caesalpinia platyloba*), el pochote (*Ceiba acuminata*), el palo brasil (*Haematoxylon brasiletto*), el palo blanco (*Ipomoea arborescens*), el vinolo (*Acacia cochliacantha*), el mauto (*Lysiloma divaricatum*), el listoncillo (*Cossypium aridum*), el san juan (*Jacquinia pungens*), el nanche (*Ziziphus sonorensis*), la amapa (*Tabebuia impertiginosa*) y los papelillos (*Bursera* spp.).

Después de Baja California Sur, Sinaloa es el estado más afectado por los ciclones (Jáuregui, 1989). Estos son agentes de disturbio importantes que abren claros de diferentes tamaños en la selva baja caducifolia. La apertura de claros permite el acceso de luz solar directa a la superficie del suelo. También acelera el retorno de materia orgánica y nutrientes a la superficie del suelo, por lo que es un factor importante en su formación y en el aumento de su fertilidad (Herbohn y Congdon, 1993). Tanto la incorporación adicional de nutrientes como el incremento en los niveles de luz pueden ser importantes en el establecimiento de las especies de vara blanca.

En el contexto del ciclo de regeneración del bosque, en algunas comunidades forestales es posible distinguir dos tipos de especies: los árboles de especies primarias que son tolerantes a la sombra, y las especies pioneras que son intolerantes a la sombra, demandantes de luz y que ocupan un claro en cuanto se abre (Brokaw, 1985; Pickett y White, 1985; Raich, 1990; Primack y Lee, 1991; Flores, 1992). El tamaño del claro es un factor muy importante en la determinación de las especies que ocupan el lugar, y las especies pioneras sólo prosperan en claros grandes (Whitmore, 1989). No sólo el tamaño del claro determina la composición de especies que colonizan el área, sino que otros factores tales como la fertilidad del suelo y la actividad de los animales también afectan este conjunto (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1994). Otro aspecto importante tiene que ver con la parte del claro donde se desarrollan las distintas especies, ya que muchas se establecen preferentemente en los bordes de los claros, mientras que otras lo hacen en sus porciones centrales (Popma et al., 1988). Observaciones de campo indican que, aparentemente, algunas especies de *Croton* se desarrollan mejor y son más abundantes en áreas donde existen claros en la vegetación, y que aparecen con baja frecuencia en las partes cerradas de la selva baja. Rzedowski (1978) menciona que en San Luis Potosí,

al ser destruido el bosque tropical caducifolio, frecuentemente surgen matorrales compuestos por *Croton niveus* y otras especies. Sin embargo, de acuerdo con observaciones personales realizadas en la selva baja de Sinaloa, en los claros grandes se desarrolla principalmente el vinolo (*Acacia cochliacantha*), la vinorama (*Acacia farnesiana*) y el mezquite (*Prosopis juliflora*). En claros de menor tamaño, como los producidos por la caída de un solo árbol, se desarrollan otras especies, por ejemplo *Croton septemnerivus*.

La apertura de claros beneficia particularmente a las plantas demandantes de luz, puesto que el aumento en su disponibilidad resulta en una disminución en la competencia por este recurso (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1994), y este factor puede afectar el tiempo de germinación de las semillas (Baskin y Baskin, 1988). Las semillas con respuesta conocida a la luz han sido clasificadas en tres grupos: 1) fotoblásticas positivas, las cuales requieren de luz intensa para germinar, 2) fotoblásticas negativas, las cuales no pueden germinar cuando son expuestas a la luz, y 3) especies indiferentes a este factor (Orozco-Segovia y Vázquez-Yanes, 1992). La luz también es importante en la determinación de la forma de las plantas, ya que la calidad y la cantidad de este recurso tiene efectos complejos en la morfología vegetal (Taiz y Zeiger, 1991; Hamlyn, 1992). En el caso de las varas blancas esto podría ser particularmente importante, pues la forma de sus tallos determina en gran medida su potencial de uso en la horticultura.

No existen evidencias de que las especies conocidas como varas blancas formen banco de semillas. Tampoco se conoce mucho sobre aspectos de su germinación. Solamente para *Croton reflexifolius* se sabe que sus semillas no tienen un estado de reposo o letargo, ya que germinan tan pronto como disponen de humedad apropiada (Hernández Rivera y Aguilar Patiño, 1993). Otro aspecto que puede limitar el reclutamiento en las poblaciones de plantas es la disponibilidad de semillas (Eriksson y Ehrlén, 1992). En el caso de las varas blancas, los insectos granívoros también parecen ser importantes en esta etapa de su ciclo de vida.

1.2.3. El proceso de extracción de vara blanca Sinaloa

Muro García y Sánchez Rojas (1988) realizaron el primer estudio formal sobre vara blanca en Sinaloa, con la idea de conocer los procedimientos administrativos para el control de su aprovechamiento, describir las etapas del proceso productivo y comparar su importancia económica con la de la agricultura de temporal. Estos autores concluyeron que su aprovechamiento genera numerosos empleos y representa una fuente de ingreso considerable; además, establecieron que esta actividad aporta mayores beneficios en lo económico, ecológico y social que la agricultura de temporal de tipo marginal. A la misma conclusión llegó un estudio elaborado por la Subdelegación Forestal y de Fauna Silvestre de la SARH (Anónimo, 1993). Según Muro García (1987), las especies de vara blanca se presentan en 12 de los 18 municipios de Sinaloa (Culiacán, Elota, San Ignacio, Mocorito,

Sinaloa, El Fuerte, Choix, Mazatlán, Salvador Alvarado, Cosajá, Concordia y El Rosario), aunque no especifica la distribución particular de cada especie de *Croton* en dichos municipios.

En la actualidad, la gran demanda de tallos de vara blanca para la horticultura se satisface únicamente a través de la extracción de este recurso de la selva. El proceso de extracción y comercialización es complejo. Por ejemplo, no existe una correlación entre el lugar de origen y el destino de los tallos, dado que éste depende del contrato del intermediario con el horticultor y de la distribución de los campos de cultivo del horticultor. De tal manera, la vara blanca extraída en la porción sur del estado puede ser utilizada en el norte del mismo, o bien en Sonora y en la península de Baja California.

En su recorrido por la selva, los campesinos seleccionan los tallos que tienen las medidas necesarias para ser utilizadas como tutor. El corte lo realizan a una altura de 20 cm del suelo, en forma diagonal para favorecer la regeneración vegetativa (o para mayor facilidad del cortador). Según los propios campesinos, la plantas tienen las medidas necesarias para ser cortadas (3-5 cm de diámetro) aproximadamente a los tres años después de la germinación. Los tallos así cortados se recolectan manualmente, juntándolos en grupos, para poder acarrearlos a lomo de bestia hasta un camino accesible a los camiones que harán el transporte final a los campos de cultivo.

Se ha observado que después del corte, las plantas producen hasta cuatro y ocasionalmente hasta siete ejes nuevos. Después de dos o tres años de este evento, un tallo nuevo producido por expansión vegetativa puede tener las medidas para ser cortado (Lemus Vázquez y González Guiza, 1995). En consecuencia, no es fácil predecir el efecto del corte de los tallos sobre las poblaciones de vara blanca. Si bien se ha sugerido que esta actividad puede resultar en una disminución de su abundancia, en realidad las plantas no se cortan completamente. De hecho, es posible que el corte de uno o más tallos útiles estimule la producción de nuevos ejes debido a la pérdida de dominancia apical. Esto, a su vez, podría representar un aumento en la disponibilidad del recurso, o cuando menos mantener una abundancia constante.

Los cortadores de vara blanca son principalmente comuneros y ejidatarios que cultivan tierras de temporal. Se dedican a la extracción de este recurso una vez que han levantado la cosecha de sus cultivos (Lemus Vázquez y González Guiza, 1995), lo cual coincide con el principal periodo de establecimiento de hortalizas en los valles de Sinaloa (septiembre-octubre). El momento en que se cortan y se venden las varas puede ser muy importante; de acuerdo con información proporcionada por cortadores, justo al inicio de la temporada es más fácil que los compradores acepten tallos que no sean de vara blanca, dada la urgencia con que se requieren estos materiales en el campo de cultivo. Sin embargo, cuando la compra se realiza anticipadamente, el horticultor es más selectivo y prefiere utilizar alguna de las especies de *Croton*.

La explotación de la vara blanca constituye una fuente importante de ingresos para los

campesinos de la región de los Altos de Sinaloa. Muchas veces a lo largo del año, los campesinos y pequeños ganaderos utilizan parte de su tiempo libre para ir a la selva en busca de vara blanca; sin embargo, la extracción se intensifica en los meses de septiembre, octubre y noviembre. El producto así obtenido es guardado mientras llega un intermediario a comprarlo. En ocasiones, los intermediarios, también llamados "estaconeros", pagan derecho de monte a los comuneros y contratan cortadores para hacer una extracción más intensiva de los tallos. Los intermediarios pagan por cada tallo \$0.80 a los cortadores de vara blanca, y lo venden a los horticultores en un precio de entre \$1.40 y \$1.80. Dependiendo de esta variación de precios, el conjunto de cortadores recibe un ingreso anual de \$27,000,000 aproximadamente, y una cantidad mayor se queda entre los intermediarios. En algunas ocasiones la extracción de vara blanca requiere la apertura de caminos en la selva para facilitar la tarea.

El volumen de producción anual de vara blanca supera grandemente a las cifras oficiales (Lemus Vázquez y González Guiza, 1995). El volumen de explotación forestal maderable autorizado en Sinaloa para la categoría de otras (donde se incluyen las distintas especies de vara blanca, además del vinolo, la amapa, el brasil y el palo colorado) fue de 2,929 m³ rollo (INEGI, 1995). Sin embargo, con base en el volumen unitario de los tallos de vara (0.0027 m³ rollo), la superficie sembrada anual de hortalizas y su durabilidad en los campos, se calcula que el volumen de explotación fue de aproximadamente 72,000 m³ rollo, cantidad que representa cerca de 25 veces el monto autorizado. Estos cálculos se complican por el hecho de que una porción desconocida de vara blanca se exporta a los valles agrícolas de la península de Baja California, y porque a Sinaloa se introduce una cantidad desconocida proveniente de otros estados, por ejemplo de Jalisco (Polina López, 1995).

Algunas observaciones sugieren que existe un cierto grado de manejo de las poblaciones de vara blanca por los campesinos, ya que éstos dan un trato diferente a estas plantas dentro de sus parcelas y en terrenos comunales. En este último caso, los cortadores extraen todos los tallos con las medidas adecuadas para ser utilizados en la horticultura; en cambio, dentro de sus parcelas dejan una porción de plantas, con el fin de tener siempre algunas disponibles con las medidas requeridas. La existencia de prácticas culturales asociadas a la extracción se ejemplifica por el hecho de que algunos campesinos sólo cortan la madera en ciertas fechas dependientes de las fases de la luna.

La extracción no tendría por qué ser la única manera de adquisición de este recurso. Arce Mendoza (1990) logró cultivar plantas de *Croton reflexifolius* con cierto éxito, aunque su experimento no duró lo suficiente para que las plantas alcanzaran tallas comerciales.

Evidentemente, es mucho lo que se desconoce acerca del proceso de explotación de este recurso. Algunas de las preguntas básicas que permanecen sin responder son: ¿cuántas especies de *Croton* conforman el grupo de las varas blancas utilizadas en la horticultura en el estado de Sinaloa, y cuál es la identidad estas especies?, ¿cómo es la distribución geográfica de estas especies en el estado, y qué condiciones ambientales prevalecen en los sitios donde se desarrollan?, ¿cuál es la

abundancia de estas especies en las localidades donde crecen y qué tan variable es esta abundancia entre sitios y regiones?, y ¿cuál es el potencial de uso de estas especies en las distintas localidades donde se presentan?

1.3. Organización del trabajo, objetivos e hipótesis

El objetivo general de este trabajo fue determinar la distribución y abundancia de las especies de vara blanca (*Croton* spp.) en Sinaloa, y explorar la influencia de algunos factores físicos sobre estos patrones. Éste puede verse como un estudio descriptivo en el que se intentó responder a las preguntas arriba planteadas, abordándolas a nivel regional, abarcando el área de selva baja caducifolia del estado. Los objetivos particulares del estudio fueron:

1. Determinar cuántas y cuáles especies de *Croton* son las que se utilizan como tutores en cultivos hortícolas en Sinaloa.
2. Conocer la distribución geográfica estatal de estas especies.
3. Estimar la abundancia local de las especies de vara blanca, así como la variabilidad regional de dicha abundancia.
4. Conocer las condiciones macroambientales bajo las que se desarrollan las especies de vara blanca en Sinaloa.
5. Evaluar el potencial de uso de las distintas especies de vara blanca.
6. Explorar las posibles relaciones entre las principales especies de vara blanca.

A manera de hipótesis y con base en la literatura y en observaciones de campo, se esperaba que fueran varias especies de *Croton* las utilizadas como vara blanca. Además, dada la variabilidad ambiental del estado, era razonable esperar que las especies predominantes fueran distintas en diferentes regiones. Asimismo, se planteó la hipótesis de que la distribución de las especies respondería principalmente a los gradientes latitudinal y altitudinal a lo largo del estado, aunque algunas características edáficas también podrían estar asociadas con esta distribución. Finalmente, tomando en cuenta que cada especie tiene un desempeño óptimo en un conjunto particular de condiciones, se esperaba que las especies de vara blanca ampliamente distribuidas en el estado presentaran grandes diferencias de densidad a nivel regional.

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTADO DE SINALOA

2.1. Localización geográfica

El estado de Sinaloa tiene una superficie de 58,092 km², equivalente al 2.9% de la superficie total de la República Mexicana (SEP, 1989). Se ubica entre los paralelos 22° 31' y 26°56' de latitud norte, y entre los meridianos 105°24' y 109° 27' de longitud oeste. La altitud varía desde el nivel del mar en la región litoral hasta más de 2000 m s.n.m. en la región serrana (INEGI, 1991; Fig.1).

2.2. Geomorfología

2.2.1. Fisiografía

De acuerdo con la Dirección General de Geografía del Territorio Nacional (1981), la fisiografía del estado de Sinaloa está compuesta por tres unidades: llanura, pie de sierra y sierra. La entidad forma parte de dos provincias fisiográficas, la provincia Sierra Madre Occidental y la provincia Llanura Costera del Pacífico (Ferrusquía-Villafranca, 1993). La porción sinaloense de esta última se extiende a todo lo largo del estado como una franja de tierras bajas. La parte más amplia de esta llanura se encuentra en el noroeste del estado, mientras que la más angosta está en el sur. Esta llanura limita al oeste con el Océano Pacífico y al este con el pie de la Sierra Madre Occidental.

El Pie de Sierra es una subprovincia de la Sierra Madre Occidental que se extiende en Sinaloa como una franja delgada que recorre todo el estado. Colinda hacia el oeste con la Llanura Costera y hacia el este con otras tres subprovincias de la Sierra Madre Occidental (Meseta y Cañones Duranguenses, Meseta y Cañones Chihuahuenses, y Meseta y Cañadas del Sur). Estas últimas conforman la porción montañosa y de mayor altitud de Sinaloa, formando una franja paralela a la anterior en los límites con Chihuahua y Durango.

Aproximadamente el 80% de la superficie de Sinaloa se encuentra a altitudes menores a los 600 m, más de la mitad se ubica a elevaciones menores de 150 m y menos del 1% se encuentra por encima de los 1800 m (Schmidt 1976).

2.2.2. Litología superficial

En Sinaloa existe una gran diversidad de material geológico. En gran parte de la sierra de Sinaloa, especialmente en sus porciones norte y sur, se encuentran rocas ígneas intrusivas ácidas del Terciario, mientras que hacia el centro se encuentran principalmente rocas intrusivas ácidas del Cretácico. Rocas ígneas intrusivas básicas del Terciario ocupan algunas porciones de la parte central y norte del estado, principalmente en el pie de montaña de la Sierra Madre Occidental. Hacia la

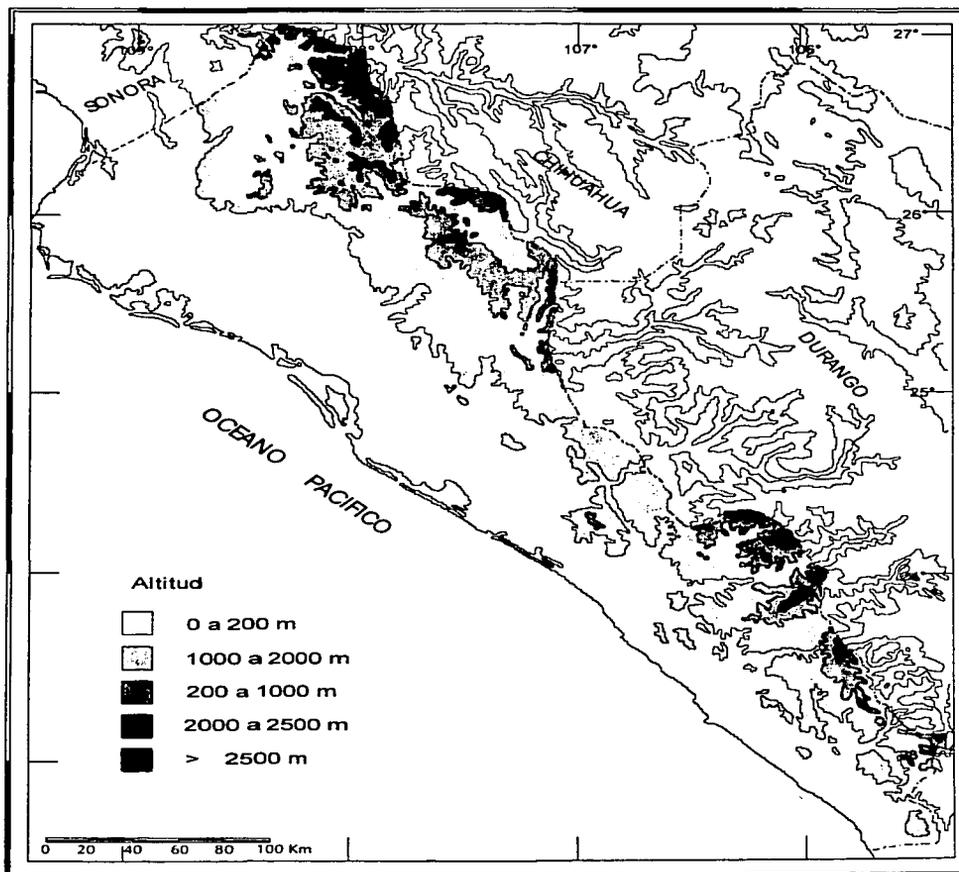


Fig. 1. Relieve del estado de Sinaloa. Modificado de García y Falcon (1993)

porción sur del estado se encuentran, a manera de manchones, rocas ígneas intrusivas ácidas del Terciario. Rocas sedimentarias, particularmente calizas del Cretácico, se ubican en pequeños manchones a lo largo de toda la entidad. En la parte centro norte del pie de la Sierra Madre Occidental se localizan importantes complejos metamórficos. Los suelos y conglomerados del Cuaternario cubren gran parte de la llanura (DG TENAL, 1981).

2.3. Clima

La situación geográfica de Sinaloa provoca una gran variación en la manifestación de los elementos climáticos. Un factor importante es la latitud, la cual determina la cantidad de energía solar que llega a la superficie terrestre, influyendo en el comportamiento de la temperatura. A su vez, la temperatura influye sobre los otros elementos del clima (Toharia Cortés, 1981). El Trópico de Cáncer (23° 27') cruza el estado en la parte sur (SEP, 1989), de modo que los rayos solares nunca llegan perpendiculares a la superficie terrestre en gran parte de la entidad. La orografía es un factor importante en la distribución de las lluvias (Marrero, 1981). La Sierra Madre Occidental bordea toda la entidad por el este, haciendo que los vientos de mar a tierra choquen con la barrera orográfica, dando origen a lluvias en el barlovento de la sierra. Además, la presencia del sistema montañoso de Baja California funciona como una barrera que impide el paso de humedad del Océano Pacífico al norte del estado.

En Sinaloa el clima muestra dos gradientes principales de humedad: uno altitudinal y uno latitudinal. Hacia las partes más bajas y hacia el norte la precipitación es menor, mientras que hacia las partes altas y hacia el sur la humedad se incrementa de manera considerable. La altitud también juega un papel importante en la determinación de la temperatura, existiendo una correlación negativa entre altitud y temperatura (Schmidt, 1976). Según la clasificación de Köppen modificada por García (1988), en las porciones más bajas y septentrionales se presentan climas BW (áridos) y BS (semiáridos), mientras que en la parte más meridional y a mayores altitudes se presenta el clima Aw (cálido subhúmedo). Por ejemplo, en Los Mochis (14 m s.n.m., 25°47' N), la precipitación anual promedio es de sólo 301.2 mm, y la temperatura media anual de 24.9°C, mientras que en Pánuco (730 m s.n.m., 23°25' N), la precipitación anual es de 1,579 mm y la temperatura media anual de 23.9°C. En algunos lugares de la parte serrana del estado se presenta el clima Cw (templado subhúmedo). La localidad de El Palmito (1,875 m s.n.m., 23°26' N), donde la temperatura media anual es de 16.6°C y la precipitación anual promedio de 1229.6 mm, ejemplifica este clima (Fig. 2).

2.4. Suelos

Debido a la influencia de los elementos climáticos, así como a las características del material parental, del relieve y de las corrientes de agua superficial, se presenta una gran variedad de tipos de suelos (Tan, 1994). Los seis tipos más comunes en Sinaloa se describen a continuación.

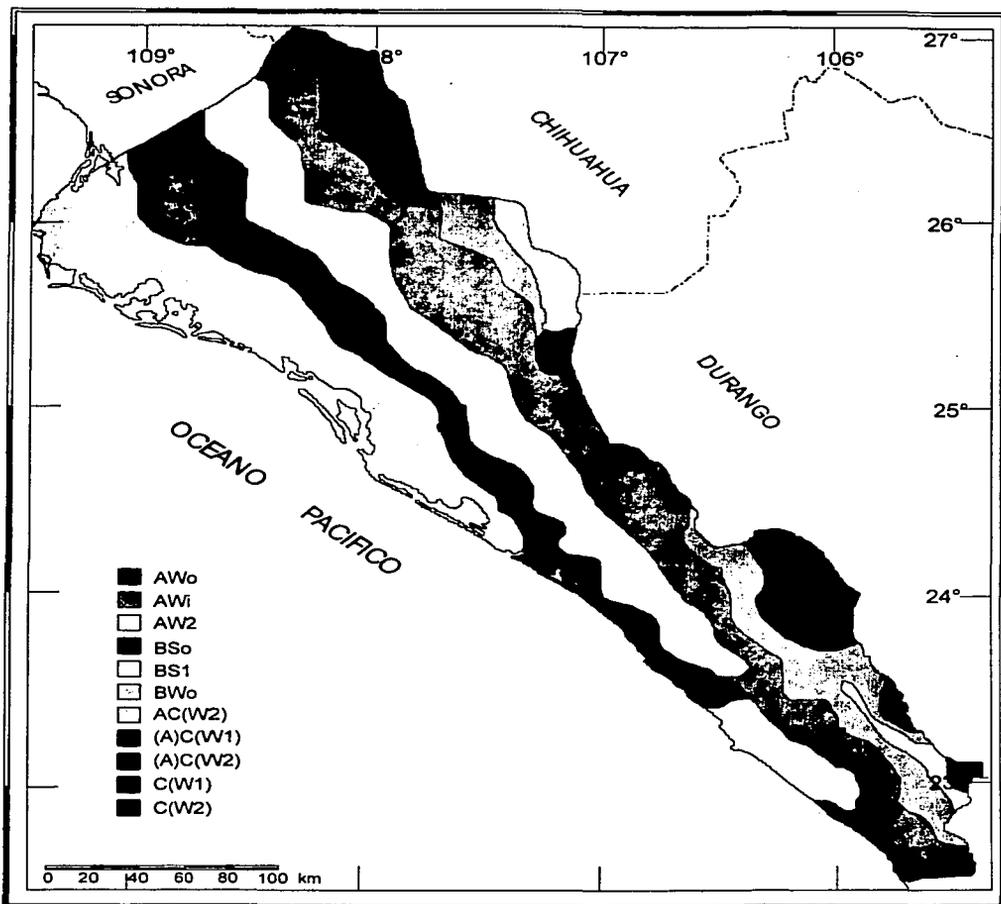


Fig. 2. Distribución de climas en el estado de Sinaloa. Modificado del Atlas Nacional del Medio Físico (DGTNAL, 1981)

2.4.1. Vertisoles

Los vertisoles son suelos que se desarrollan en climas templados y cálidos en zonas donde existe una estación seca muy marcada y otra lluviosa. Se caracterizan por las grietas anchas y profundas que aparecen en ellos durante la época de sequía debido a la contracción de las partículas de arcilla (FitzPatrick, 1980). Son suelos muy arcillosos (30 a 80% de arcilla), de modo que son pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando secos; tienen problemas de permeabilidad y se desarrollan en lugares con poca pendiente (menos del 8%), aunque en algunos casos se encuentran sobre pendientes más fuertes. Tienen una alta capacidad de intercambio catiónico, generalmente son profundos y su contenido de materia orgánica alcanza el 3% (Boul, Hole y McCracken, 1981). Estos suelos son comunes a lo largo de la llanura costera.

2.4.2. Arenosoles

Los arenosoles que se encuentran más comúnmente en el estado son los háplicos. Su textura es arenosa por lo menos hasta una profundidad de 100 cm, presentando pocos fragmentos de roca. Los mapas más recientes del INEGI clasifican a estos suelos como regosoles. Son frecuentes en algunos cerros del estado.

2.4.3. Regosoles

Son suelos formados a partir de materiales no consolidados. Sin embargo, en esta categoría no se incluyen los suelos arenosos y profundos (> 100 cm). Los regosoles no tienen problemas de salinidad y son comunes en los lomeríos del estado. Dentro de este grupo de suelos en Sinaloa se encuentran principalmente los regosoles eútricos, que se caracterizan por ser moderadamente ácidos y relativamente fértiles.

2.4.4. Leptosoles

Los leptosoles son suelos poco desarrollados. Los leptosoles líticos están limitados por una capa de roca continua dentro de los primeros 10 cm de profundidad. Los leptosoles eútricos carecen de esa capa endurecida, pero tienen menos del 20% de tierra fina hasta una profundidad de 75 cm, y presentan un grado de saturación (por NH_4OAc) mínimo del 50% en todo el horizonte. Este tipo de suelos tiene una distribución amplia en el estado, presentándose fundamentalmente en pendientes muy pronunciadas.

2.4.5. Fluvisoles

Sinaloa cuenta con 11 ríos, lo cual hace que los fluvisoles estén ampliamente distribuidos en

el estado. Estos suelos tienen un perfil poco desarrollado, el cual se forma a partir de depósitos aluviales en los valles; son de textura media, con alto contenido de materia orgánica y relativamente fértiles, por lo cual son muy utilizados para la agricultura.

2.4.6. Solonchaks

Los solonchaks se localizan en la parte costera, principalmente en las porciones septentrional y central del estado donde el clima es árido. Se caracterizan por tener propiedades sálicas. El subtipo solonchak háplico se distingue por tener un horizonte superficial ócrico y carecer de propiedades gleicas. También se localiza el subtipo de los solonchaks sódicos, los cuales tienen acumulación de sodio por lo menos en una profundidad de 20 a 50 cm, lo que les confiere una apariencia aceitosa.

2.5. Vegetación

La cubierta vegetal original ocupa una superficie de alrededor del 67.1% del área total de la entidad (López Cota, 1986). De acuerdo al sistema de clasificación de Miranda y Hernández-X. (1963), son varios los tipos de vegetación que se desarrollan en Sinaloa (Fig. 3), entre los cuales destacan los siguientes:

2.5.1. Selva baja caducifolia

La selva baja caducifolia se compone de comunidades en las que los árboles más altos tienen una altura media menor de 15 m. La gran mayoría de los árboles pierden casi por completo las hojas en la época seca del año, y generalmente no tienen espinas (Miranda y Hernández-X., 1963). Para la Sierra Tacuichamona, ubicada en el centro de Sinaloa, Gentry (1946b) cita como especies comunes para este tipo de vegetación a *Bombax palmeri*, *Ceiba acuminata*, *Plumeria rubra*, *Lysiloma divaricatum*, *Byrsonima crassifolia*, *Croton fragilis*, *Guazuma ulmifolia*; asimismo, menciona como abundantes a las orquídeas y bromelias epífitas, y a una especie de *Chamaedorea* que crece formando manchones. El mismo Gentry (1946a) cita como especies comunes en la Sierra Surutato, ubicada en la zona centro norte del estado, a *Ipomoea arborescens* y *Ceiba acuminata*. En otro estudio realizado sobre las plantas del río Mayo (que comprende la parte sur de Sonora y una porción pequeña del norte de Sinaloa), Gentry (1942), menciona a *Guazuma ulmifolia*, *Bursera grandifolia*, *Ceiba acuminata*, *Ipomoea arborescens*, *Haematoxylon brasiletto*, *Conzattia sericea*, *Caesalpinia platyloba* y *Croton fragilis*.

En general, en Sinaloa son especies comunes el palo blanco (*Ipomoea arborescens*), el palo iguano (*Caesalpinia eriostachys*), el palo de asta (*Cordia sonora*), el copal (*Bursera penicillata*), la chutama (*Bursera odorata*), el palo brasil (*Haematoxylon brasiletto*), el pochote (*Ceiba acuminata*), el papachio (*Randia mitis*), el guayacán (*Guaiacum coulteri*), el palo colorado (*Caesalpinia platyloba*),

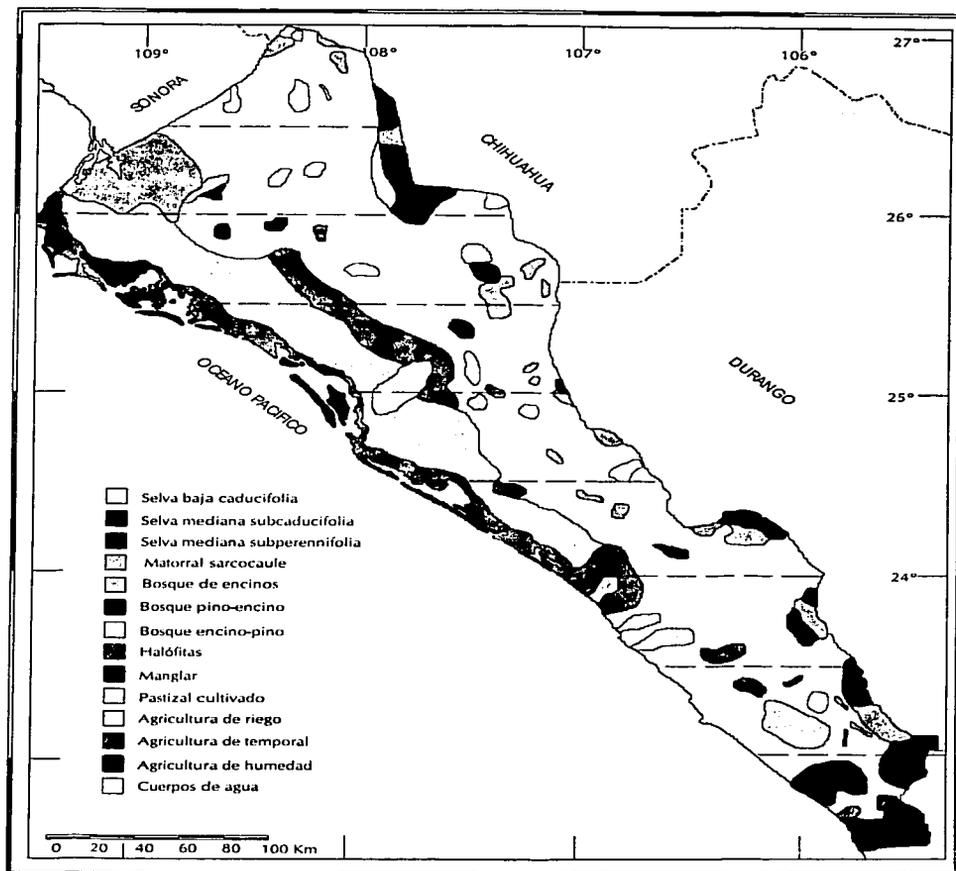


Fig. 3. Mapa de uso del suelo y vegetación del estado de Sinaloa. Modificado del Atlas Nacional del Medio Físico (DGTEAL, 1981)

el palo santo (*Platymiscium trifoliatum*), el cardón (*Pachycereus pecten-aboriginum*), el mauto (*Lysiloma divaricatum*), el papelillo (*Bursera simaruba*) y el palo san juan (*Jacquinia pungens*). Las selvas bajas del estado cubren una superficie de 1,482,400 ha (Muro García y Sánchez Rojas, 1988). Cuando la selva baja caducifolia es eliminada, frecuentemente se desarrolla en su lugar una vegetación secundaria de matorral espinoso con espinas laterales (Miranda y Hernández-X., 1963). En este tipo de vegetación es muy común el vinolo (*Acacia cochliacantha*), el cual, según Gentry (1949), es el árbol más abundante en Sinaloa.

2.5.2. Encinar

Varias especies de *Quercus* integran la vegetación de encinar en el estado. La composición de especies varía de acuerdo con la altitud y la latitud. En las latitudes bajas, y entre los 400 y los 1000 m de elevación, en los encinares destacan *Quercus aristata*, *Quercus edwardi*, *Q. albocincta* y *Q. magnoliaefolia*, especies que tienen su mejor desarrollo entre 800 y 1000 m de altitud y en cañones profundos a lo largo del estado, al pie de la Sierra Madre Occidental. A mayores altitudes se desarrollan *Quercus elliptica* y *Q. chihuahuensis*.

2.5.3. Selva mediana subperennifolia

La selva mediana subperennifolia está constituida por árboles de unos 15 a 20 m de altura. Se caracteriza porque muchos de los árboles (50-70%) pierden sus hojas en la época más seca del año. Este tipo de vegetación sólo se encuentra en pequeños manchones en la parte sur del estado, siendo la especie más característica el huanacaxtle (*Enterolobium cyclocarpum*).

2.5.4. Pinar

Los pinares se distribuyen en la parte serrana del estado a partir de los 1200 m de altitud. Las especies más ampliamente distribuidas son el pino pinabete (*Pinus ayacahuite*), el pino real (*P. douglasiana*), el pino triste (*P. lumholtzii*), el pino (*P. teocote*), el pino colorado (*P. oocarpa*) y los pinos chinos (*P. herrerae* y *P. chihuahuana*).

2.5.5. Manglar

En Sinaloa los manglares pueden llegar a los 10 m de altura. El manglar se desarrolla en gran parte de la franja costera del estado, principalmente en los esteros. Los manglares comúnmente están compuestos por especies como *Rhizophora mangle*, *Conocarpus erecta*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*. Otras especies suelen presentarse entre los manglares son *Maytenus phyllantoides*, *Crataeva tapia* y *Lycium brevipes*.

2.6. Actividades productivas

2.6.1. Agricultura

En Sinaloa la actividad más importante e impactante en la distribución y abundancia de la vara blanca es la agricultura. Cuando se desmontaron áreas de selva para este fin, indudablemente se destruyeron comunidades en las que se desarrollaban especies de vara blanca. Así lo hacen saber los campesinos de más edad en la región, y así lo indican los reductos de vegetación natural que hasta el momento persisten cerca de las áreas donde se desarrolla la agricultura altamente tecnificada. Shreve (1934, 1937) menciona a *Croton alamosanus* como una de las especies más comunes en la planicie costera, la cual hoy está ocupada en gran medida por tierras agrícolas.

De las 5,809,200 ha del estado, 757,084 (13%) se dedican a la agricultura de riego y 671,871 (11.6%) a la agricultura de temporal (Vega Alvarado, 1995). A estas superficies hay que añadir las 94,090 ha (1.6%) que ocupan las presas (INEGI, 1995). La agricultura de riego se desarrolla principalmente en las llanuras de baja elevación (Planicie Costera; Fig. 3), donde principalmente se cultivan, además de las hortalizas, maíz, frijol, garbanzo, trigo, soya, algodón, caña de azúcar y sorgo.

2.6.2. Silvicultura

En el estado se dedican 936,439 ha (16.2%) a la actividad forestal, de las cuales 482,881 se encuentran concesionadas. De éstas, 221,897 están dedicadas a la extracción de especies tropicales comunes (Vega Alvarado, 1993), extraídas principalmente de la selva baja caducifolia. Dentro de dicha categoría se ubican las especies de *Croton* que se utilizan en la horticultura.

2.6.3. Ganadería

A la actividad ganadera se dedican 2,495,367 ha (42.9% del estado), de las cuales 58,838 corresponden a pastizales y praderas inducidas (INEGI, 1995). Considerando a las áreas forestales, las agrícolas de temporal que no se siembran, y las praderas de riego, realmente la ganadería se desarrolla en 3,700,000 ha (Anónimo 1995). En 1995, en el estado se tenían 1,598,250 cabezas de ganado bovino y 213,864 de ovicaprino (Vega Alvarado, 1995); sólo aproximadamente el 2% de ese ganado se encuentra estabulado (Anónimo, 1995). La ganadería es una actividad que influye de manera importante en la disponibilidad de la vara blanca como tutor en hortalizas, dado que el ganado consume las hojas y rompe los tallos de estas especies. En algunas localidades los pobladores no cortan la vara blanca, sino que prefieren dejarla como alimento para el ganado vacuno. En otros sitios la vara blanca es consumida por las cabras.

CAPÍTULO III. MÉTODOS

3.1. Determinación de las especies utilizadas

La primera fase del estudio consistió en determinar cuáles especies de *Croton* son las utilizadas como tutores en hortalizas. Para resolver la confusión existente en la literatura sobre este punto, el primer paso consistió en la consulta de ejemplares de *Croton* depositados en cuatro herbarios, con el fin de extraer información contenida en las etiquetas. Los herbarios consultados fueron el Herbario González Ortega de la Facultad de Agronomía (UAS) de la Universidad Autónoma de Sinaloa, el Herbario Nacional del Instituto de Biología (MEXU) de la Universidad Nacional Autónoma de México, el Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB) del Instituto Politécnico Nacional, y el herbario del Instituto de Ecología, A.C. (XAL).

De esta manera se obtuvo información sobre la forma de vida, los usos, los nombres comunes y el comportamiento fenológico general de las especies de *Croton* que habían sido mencionadas como vara blanca; asimismo, se obtuvieron algunos datos sobre su distribución y sobre las condiciones ambientales en las que se desarrollan. Este conjunto de datos permitió tener una idea inicial de cuáles especies podían potencialmente ser usadas como tutores en la horticultura, ya fuera por ser conocidas con el nombre común de "vara blanca", o por tener las características morfométricas necesarias (por ejemplo, una altura o un diámetro de tallo adecuados). Por otra parte, estos datos se usaron para tomar decisiones sobre algunas particularidades del trabajo de campo, tales como la época del año durante la cual sería más conveniente realizar las colectas y los muestreos, o el tipo de ambiente donde se debería concentrar el muestreo; por ejemplo, se hizo evidente que el trabajo de campo de este estudio debería circunscribirse a las áreas cubiertas por vegetación de selva baja caducifolia (según la clasificación de Miranda y Hernández-X., 1963).

La consulta de herbario se complementó con la recolección de ejemplares botánicos. Esta actividad se llevó a cabo en un número tan grande como fue posible de localidades distribuidas a lo largo de la región de selva baja caducifolia del estado. Se recolectaron ejemplares de individuos de *Croton* que reunieran las características para ser utilizadas como sostén de hortalizas. En algunos de los primeros sitios donde se realizaron las colectas solamente se encontraron individuos no reproductivos que no podían ser identificados. En esos casos, se marcaron algunas plantas a las que se les dio seguimiento hasta que produjeron flores o frutos para su posterior identificación.

Para la determinación de la identidad específica de los ejemplares colectados (aproximadamente 100) se siguieron claves publicadas para este género (Standley, 1961; Shreve y Wiggins, 1964; Calderón de Rzedowski, 1985), así como la descripción que hace Reyes Olivás (1993) de *Croton flavescens*, *C. alamosanus* y *C. septemnerivus*.

También se realizaron consultas con campesinos y cortadores con el fin de que ellos indicaran directamente en el campo qué especies cortan, cuáles eran las características distintivas de cada una de ellas, así como las propiedades (longitud, diámetro, etc.) de los tallos que ellos cortan. La delimitación final del conjunto de especies de *Croton* que son utilizadas en la horticultura se basó en una combinación de información sobre la distribución, la abundancia y el potencial de uso de cada una de ellas.

3.2. Determinación de la distribución geográfica de las especies de vara blanca en Sinaloa

No existe ninguna publicación que presente información precisa sobre la distribución de las especies de *Croton* en todo el estado de Sinaloa, ya que sólo el trabajo de Reyes Olivas (1993) proporciona este tipo de datos para tres regiones pequeñas del estado. Por lo tanto, la determinación del área de distribución para cada especie dentro del estado se hizo conjuntando los datos obtenidos en los herbarios arriba mencionados con la información registrada durante el trabajo de campo.

La información obtenida de las etiquetas de herbario presentó algunas limitaciones. Algunos datos se desecharon por ser insuficientes, especialmente en términos de la altitud, lo cual no permitió ubicar las localidades en un mapa. Por otra parte, muy pocas etiquetas incluían a las coordenadas geográficas como parte de la descripción de la localidad; sin embargo, esto no representó un problema ya que no se pretendía delimitar la distribución geográfica general en el estado con un nivel alto de precisión. También se presentaron algunos casos en que los ejemplares estaban mal identificados.

Los datos de campo se obtuvieron por medio de recolectas en los sitios de muestreo y en áreas cercanas a ellos, así como en otras localidades visitadas durante el reconocimiento de la región de estudio. Aunque algunos ejemplares recolectados no presentaban estructuras reproductivas, para los fines del proyecto fueron de utilidad. Los sitios de colecta se ubicaron mediante altímetro y mapas topográficos a escala 1:50,000 (INEGI, 1979), y siempre fueron referidos a algún asentamiento u otra obra de infraestructura humana, o a algún rasgo importante del paisaje. El paso final consistió en la elaboración de mapas de distribución en el estado de Sinaloa para cada una de las especies de vara blanca. En ellos se ubicaron las localidades donde crece cada especie, haciendo una distinción entre la información obtenida en herbarios y la información de campo.

3.3. Estimación de la abundancia de las especies de vara blanca

La siguiente etapa del estudio consistió en la estimación de la abundancia de las especies de vara blanca. Para ello, se realizaron muestreos poblacionales en algunos sitios, a partir de los cuales se calcularon densidades locales de las especies.

3.3.1. Selección de los sitios de muestreo

Como se mencionó en el Capítulo I, la hipótesis más importante del estudio establecía que los gradientes de latitud y altitud eran los ejes principales de variación de la distribución y la abundancia de las especies de vara blanca, ya que éstos resumen la mayor parte de la variabilidad ambiental en el estado. Sin embargo, dada la extensión del territorio bajo estudio y la limitada disponibilidad de tiempo y de recursos, era imposible tener un muestreo suficientemente grande para considerarlo estadísticamente representativo. Para salvar este obstáculo y asegurar la obtención de información que reflejara la mayor proporción posible de la variabilidad ambiental asociada a estos gradientes principales, se diseñó un muestreo estratificado y sistemático. Éste consistió en la división del estado en nueve franjas de 30' de latitud, cada una de las cuales se subdividió a su vez en tres zonas altitudinales de la siguiente manera: de 0 a 150, de 150 a 300 y más de 300 m s.n.m. Con esta división se evitó que el muestreo estuviera sesgado hacia una parte del área de trabajo.

En un principio, se planeó realizar un muestreo en cada una de las combinaciones de latitud-altitud así definidas, lo cual hubiera producido 27 (9×3) muestras. En un caso, problemas de acceso hicieron que la localidad correspondiente al piso altitudinal superior de una franja latitudinal tuviera que ubicarse en la franja latitudinal situada inmediatamente al sur. Este fue el caso del sitio Copala (ver Tabla 2). Dado que al concluir el muestreo en estos sitios aún había tiempo disponible, se realizaron muestreos en sitios adicionales ubicados en la franja latitudinal donde se ubica Culiacán, centro de operaciones del proyecto, y en las franjas adyacentes a ella; en conjunto, estas franjas latitudinales definen la región donde se concentra la actividad hortícola del estado. Esto produjo un total de 35 sitios de muestreo (Fig. 4).

La selección precisa de los sitios se hizo de manera subjetiva. Para ello se tomó como criterio principal que la vegetación estuviera más o menos en buen estado de conservación, aunque cuestiones tales como las posibilidades de acceso, la existencia de un área suficientemente grande para acomodar al muestreo, e incluso los riesgos por presencia de actividades ilícitas fueron también criterios importantes. La Tabla 2 contiene los nombres y la ubicación geográfica de los sitios de muestreo.

3.3.2. Definición de unidades de muestra y toma de datos

En cada sitio se delimitó una unidad de muestra de 900 m² distribuida en nueve cuadros de 100 m² (10×10 m) cada uno, separados entre sí por una distancia de 10 m (Fig. 5). Para la forma y el tamaño de los cuadros se tomaron en cuenta las consideraciones de Krebs (1989), quien sugiere utilizar cuadros de 10×10 m para el muestreo de bosque con árboles maduros. Aunque las especies de vara blanca son predominantemente arbustivas, en ocasiones alcanzan tamaños propios de árboles pequeños.

En estas unidades de muestreo se ubicaron los individuos de especies de *Croton* que podían

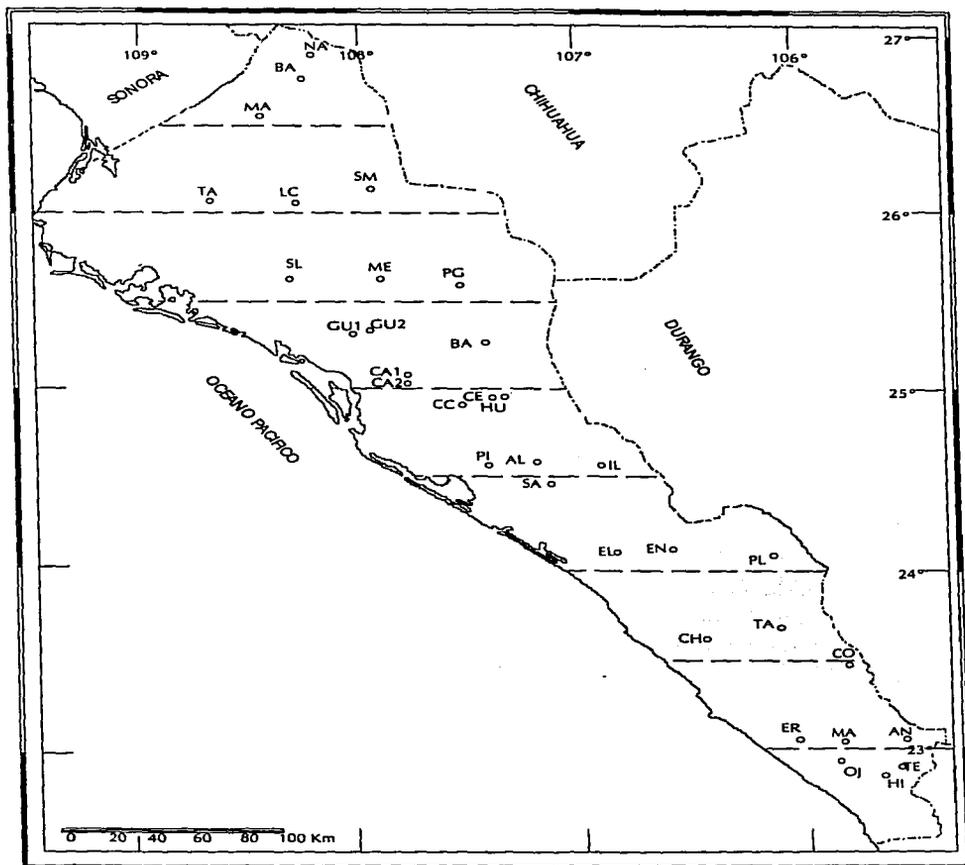


Fig. 4. Ubicación de los sitios de muestreo en el estado de Sinaloa. Los nombres de las localidades correspondientes a las claves de dos letras aparecen en la Tabla 2.

Tabla 2. Características geográficas de los sitios de muestreo.

Clave	Localidad	Lat (N)	Long (O)	Alt (m snm)	Expo (°)	Pend (°)
NA	Nacimiento	26° 50'	108° 14'	230	NW 297	16°09'
BJ	Bajisori	26° 40'	108° 25'	400	SW 240	19°05'
MH	Presa Miguel Hidalgo	26° 31'	108° 32'	100	N 345	3°00'
SM	Santa Magdalena	26° 07'	108° 02'	350	N 335	24°30'
TB	Tablones	26° 03'	108° 43'	200	SW 210	4°07'
LC	Los Chinos	26° 02'	108° 24'	100	E 100	13°31'
SL	Sinaloa de Leyva	25° 47'	108° 15'	30	W 250	2°20'
ME	El Mezquite	25° 39'	107° 55'	650	NE 42	10°22'
PG	Potrero Gastelum	25° 33'	107° 40'	220	S 190	27°58'
GU2	Guamúchil (2)	25° 25'	108° 01'	20	NE 30	10°51'
GU1	Guamúchil (1)	25° 23'	108° 01'	20	SW 246	4°11'
BA	Badiraguato	25° 22'	107° 32'	350	S 170	12°51'
CA1	Caimanero(1)	25° 05'	107° 45'	20	SE 153	1°00'
CA2	Caimanero (2)	24° 04'	107° 45'	20	W 267	1°31'
HU	La Huerta	24° 59'	107° 27'	60	SW 220	12°10'
CE1	El Cerrito (1)	24° 58'	107° 29'	240	E 80	15°03'
CE2	El Cerrito (2)	24° 58'	107° 29'	240	E 80	15°03'
CC	Cerro la Chiva	24° 57'	107° 30'	700	SE 170	14°28'
PI	La Piedrera	24° 41'	107° 21'	40	SW 245	2°50'
IL	La Ilama	24° 37'	106° 49'	400	E 80	17°27'
AL	Sta. Cruz de Alayá	24° 34'	106° 55'	280	E 100	16°20'
SA1	El Salado (1)	24° 29'	107° 09'	40	W 260	7°08'
SA2	El Salado (2)	24° 29'	107° 09'	40	W 260	7°08'
EL	La Cruz de Elota	24° 02'	106° 55'	120	W 255	6°22'
PL	El Platanal	24° 03'	106° 26'	350	SW 239	30°25'
EN	Ensenada	24° 12'	106° 42'	210	NE 50	29°16'
TA	La Tasajera	23° 45'	106° 28'	170	SW 240	12°12'
CH	Chinacate	23° 42'	106° 37'	25	E 70	10°50'
CO	Copala	23° 25'	105° 55'	450	SE 135	17°00'
AN	San Antonio	23° 06'	105° 36'	310	NE 32	22°30'
MA	Matatán	23° 05'	105° 42'	200	W 275	25°22'
ER	El Rosario	23° 01'	105° 55'	45	W 270	7°02'
OJ	Los Ojitos	22° 54'	105° 57'	25	SW 210	9°09'
TE	Los Terreros	22° 45'	105° 32'	200	SE 150	30°27'
HI	La Higuera	22° 44'	105° 40'	30	E 90	11°30'

Lat = Latitud, Long = Longitud, Alt = Altitud, Expo = Exposición, Pend = Pendiente. Los números 1 y 2 indican las localidades donde se seleccionaron dos sitios de muestreo.

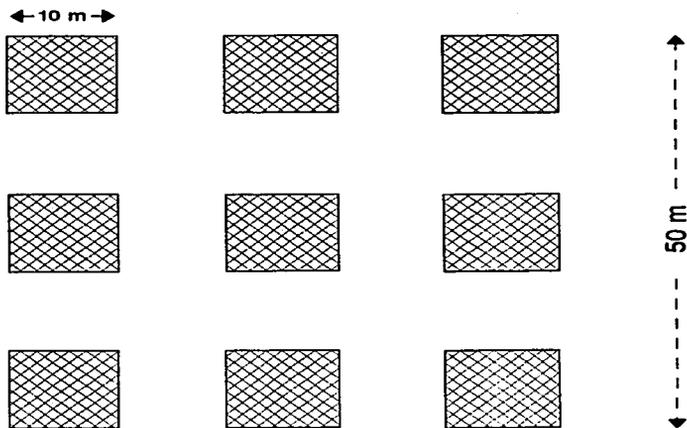


Fig. 5. Esquema de la disposición de los cuadros (áreas sombreadas) en cada uno de los sitios.

ser consideradas como vara blanca, de acuerdo a la información de la literatura y de herbario, y a las características morfométricas de las plantas. En cada cuadro se contó el número de plantas de cada especie, utilizando como criterio mínimo de inclusión en la muestra un diámetro ≥ 1 cm a una altura de 20 cm sobre el suelo. Este criterio se basó en la suposición de que plantas de este tamaño tienen una alta probabilidad de continuar su desarrollo. La inclusión de plantas más pequeñas en el muestreo hubiera sido impráctica por el tiempo requerido para su conteo, además de que hubiera sido difícil distinguir la especie en estos individuos pequeños. Con estos datos se calcularon las densidades de cada especie por sitio (ind 900 m⁻²); finalmente las densidades se extrapolaron a individuos por hectárea por medio de la fórmula:

$$\frac{N \times 10,000}{900}$$

donde N = número total de individuos en la unidad de muestra.

3.3.3. Relaciones numéricas entre las especies

Se realizó una exploración inicial del grado de asociación entre las especies de vara blanca más frecuentes, tomando en cuenta la manera en la que sus abundancias se comportan respecto a las otras. En primer lugar se utilizó un enfoque cuantitativo que consistió en el cálculo de coeficientes de correlación de Pearson (Zar, 1984) entre las densidades de las distintas especies. Este análisis se complementó con el cálculo de la significancia de la asociación mediante la prueba de χ^2 basada en una tabla de contingencia de 2×2 . Posteriormente, para estimar el grado de asociación, se aplicaron dos índices. El primero fue el Coeficiente de Asociación de Agrell e Iverson (Matteucci y Colma, 1982), el cual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$S_{A,B} = \frac{a}{a+b+c}$$

donde:

a = número de sitios en los que aparecen las dos especies,

b = número de sitios donde sólo aparece la especie A, y

c = número de sitios donde sólo aparece la especie B.

El segundo fue el Índice de Coincidencia de Dice, que se calcula mediante la siguiente fórmula (Matteucci y Colma, 1982):

$$ICD = \frac{2a}{2a+b+c}$$

donde a, b y c tienen el mismo significado que en el Coeficiente de Asociación de Agrell e Iverson.

Los valores que pueden tomar ambos coeficientes tienen un intervalo definido entre 0 y 1. Cuando $S_{A,B} = 1$ significa que ambas especies siempre aparecen juntas, y cuando $S_{A,B} = 0$ significa que nunca coinciden en ningún sitio.

3.4. Evaluación del potencial de uso de las especies de vara blanca en Sinaloa

Esta parte del estudio es la más directamente relacionada con el uso de las especies de *Croton* en la horticultura. Para realizar la evaluación se realizó el análisis de la estructura poblacional de estas especies en los sitios donde se encontraron, como una primera aproximación a la evaluación de su potencial de regeneración. También se hizo una evaluación de la disponibilidad de tallos (no de plantas) tomando en cuenta la distribución de tallos entre individuos y la distribución de estos tallos en categorías de tamaño y uso potencial en la horticultura.

La evaluación de la regeneración potencial de las poblaciones de *Croton* se hizo de una manera puntual en el tiempo a través de la descripción y análisis de las estructuras diamétricas en los diferentes sitios. Dado que los individuos de estas especies pueden tener varios tallos de distintos tamaños, para la clasificación de cada individuo en una categoría diamétrica se usó el diámetro de su tallo más grueso. Esta decisión descansa en la suposición de que los tallos más gruesos son los más viejos, de modo que la estructura basada en ellos es un indicativo de la estructura de edades de la población. Para todas las poblaciones se definieron clases diamétricas con intervalos de 0.5 cm entre ellas, a partir de la cota de 1 cm, que era el tamaño mínimo de inclusión de individuos en la muestra. También se obtuvieron las estructuras poblacionales basadas en clases de área basal, para lo cual se sumaron las áreas de todos los tallos de cada planta.

Tomando en cuenta la clasificación empírica de los tallos en vara, estación y poste descrita en el Capítulo I, esta parte del estudio incluyó dos análisis relacionados, pero basados en datos distintos. En primer lugar, para cada especie se obtuvieron las distribuciones de clases de diámetro del total de tallos por sitio. Estas distribuciones de clases diamétricas son claramente diferentes de las estructuras poblacionales descritas arriba, y están basadas en un número mucho más grande de observaciones. Como complemento de este análisis, se obtuvieron las distribuciones del número de tallos por planta, también por especie y por sitio.

En segundo lugar, se obtuvieron las distribuciones de los tallos en categorías de uso. Para ello, durante el muestreo se ubicó a cada tallo en alguna de las tres categorías (es decir, poste, estación o vara). Sin embargo, durante este proceso se hizo evidente que, a pesar de tener las dimensiones

correctas, algunos tallos eran indeseables para su uso hortícola por estar torcidos o quebrados, por lo que fueron colocados en la categoría de 'inútiles'. Finalmente, los tallos más pequeños, con diámetros < 1.5 cm, fueron ubicados en la categoría de 'chicos', ya que aunque actualmente no pueden ser usados, cabe la posibilidad de que sí lo sean en el futuro, una vez que crezcan. Estos criterios se ilustran esquemáticamente en la Figura 6.

3.5. Relación del ambiente físico con la distribución y abundancia de las especies de vara blanca

Esta fase del estudio requirió, en primer lugar, de una caracterización ambiental amplia (es decir, incluyendo numerosas variables) de los sitios de muestreo, lo cual permitiría analizar esta relación con una variedad de elementos. Una vez cuantificadas estas variables, fue posible evaluar el grado de redundancia en el conjunto de datos a través del análisis del comportamiento de las variables entre sí. A continuación, la estrategia de análisis consistió en tratar de definir unidades o tipos de hábitat en función de las variables ambientales que definen a los sitios de muestreo. Esta clasificación de sitios, junto con un análisis de ordenación, permitió seleccionar variables con el objeto de construir modelos que pudieran predecir las densidades de las especies a partir de variables ambientales. A continuación se describen los procedimientos seguidos en cada una de estas etapas.

3.5.1 Caracterización del ambiente físico en los sitios de muestreo

La caracterización del medio físico en los sitios de muestreo se realizó por medio de la cuantificación de tres tipos de variables: geográficas y geomorfológicas (latitud, altitud, orientación y pendiente), climáticas (precipitación media anual, temperatura media anual e índice de Lang), y edáficas (nitrógeno disponible, fósforo disponible, potasio disponible, pH, contenido de materia orgánica, calcio, magnesio, cloro, sodio, bicarbonatos, carbonatos totales, conductividad eléctrica, densidad aparente, textura y color). A continuación se describen los procedimientos utilizados para esta cuantificación.

a) Variables geográficas y geomorfológicas

Las coordenadas geográficas (latitud y longitud) se obtuvieron a partir de las cartas topográficas 1:50,000 (INEGI 1979). La variable longitud no se usó en ningún análisis subsecuente, y sólo se determinó para definir la ubicación de los sitios. Para medir la altitud se utilizó un altímetro Thommen (precisión ± 5 m). La inclinación de la pendiente se midió por medio de un clisímetro Rossbach graduado en minutos, con un promedio de tres mediciones dentro de los cuadros. Su dirección se determinó con ayuda de una brújula. Las coordenadas geográficas y los datos de altitud, pendiente y orientación se muestran en la Tabla 2.

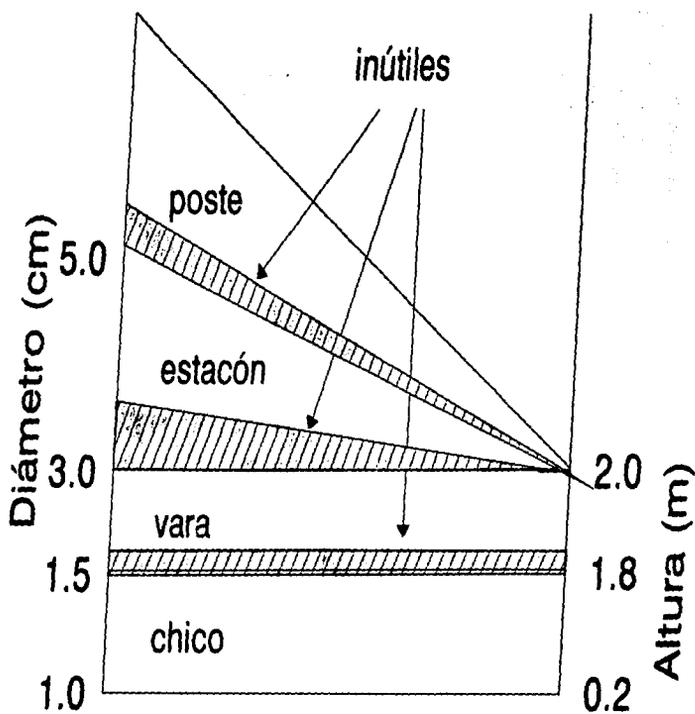


Fig.6. Esquema de delimitación de los usos de los tallos de *Croton* spp. (vara blanca) en la horticultura, de acuerdo a sus características morfométricas. Altura se refiere a la longitud de la porción utilizable del tallo y diámetro se refiere al ancho del tallo a una altura de 20 cm.

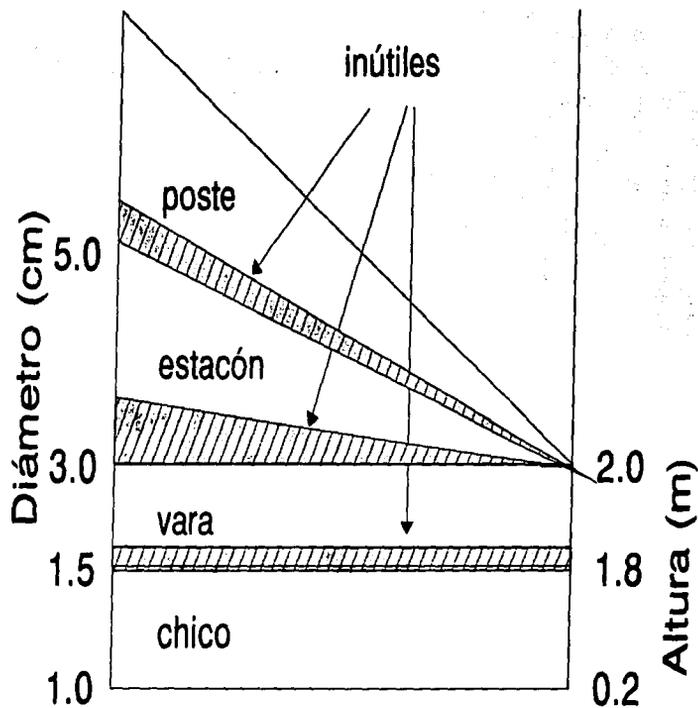


Fig.6. Esquema de delimitación de los usos de los tallos de *Croton* spp.(vara blanca) en la horticultura, de acuerdo a sus características morfológicas. Altura se refiere a la longitud de la porción utilizable del tallo y diámetro se refiere al ancho del tallo a una altura de 20 cm.

b) Variables climáticas

La ubicación de la mayor parte de los sitios de muestreo no coincidió exactamente con ninguna estación meteorológica, por lo que fue necesario extrapolar los datos de precipitación media anual y temperatura media anual a partir de datos provenientes de las estaciones más cercanas (García, 1988; Ortíz Acosta, 1982), complementados con las cartas del Atlas Nacional del Medio Físico (DGTENAL, 1981). Los diagramas ombrotérmicos de estas localidades se muestran en la Figura 7. Cuando existían diferencias grandes de altitud (> 100 m), la temperatura media anual se estimó utilizando un gradiente térmico de -0.58°C por cada 100 m (Ortíz Solorio, 1984). No se hizo ningún ajuste equivalente para el cálculo de la precipitación. El índice de Lang se calculó como el cociente de precipitación anual/temperatura media anual, utilizando los datos extrapolados.

c) Variables edáficas

Aproximadamente en el centro de cada unidad de muestreo se cavó un pozo hasta llegar al material parental para describir el perfil edáfico. Estos pozos permitieron medir la profundidad del suelo y describir el perfil siguiendo la metodología propuesta por Cuanalo de la Cerda (1982). Se tomaron muestras de suelo cada 20 cm y en las profundidades donde se notaba alguna diferenciación en el perfil. Las muestras de aproximadamente 1 kg se extrajeron con una pala, procurando que estuvieran libres de hojarasca y raíces, y se depositaron en bolsas de polietileno negro debidamente etiquetadas para ser transportadas al laboratorio. En total fueron analizadas 80 muestras de suelo (de dos a tres muestras por sitio). En los sitios CE2 y SA2 no se tomaron muestras de suelo debido a que su localización era prácticamente la misma que la de los sitios CE1 y SA1, respectivamente.

Los análisis de suelo fueron realizados en el Laboratorio de Física y Química de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Para cada muestra de suelo se obtuvieron los datos de fertilidad, de salinidad y de las características físicas mencionadas arriba. Los métodos empleados en los análisis físico-químicos se resumen en la Tabla 3.

Para cada sitio se determinó la unidad de suelo de acuerdo al sistema de clasificación de la FAO (FAO-UNESCO-ISRIC, 1991). Para ello se utilizaron las descripciones de los perfiles, los resultados de los análisis de laboratorio y las cartas edafológicas del Atlas Nacional del Medio Físico (DGTENAL, 1981). Las principales unidades de suelos presentes en Sinaloa fueron descritas en el Capítulo II.

3.5.2. Evaluación de la redundancia en las variables ambientales

Cuando un investigador dispone de muchas variables para explicar un fenómeno, es recomendable depurarlas y determinar qué variables son importantes y deben ser incluidas en la

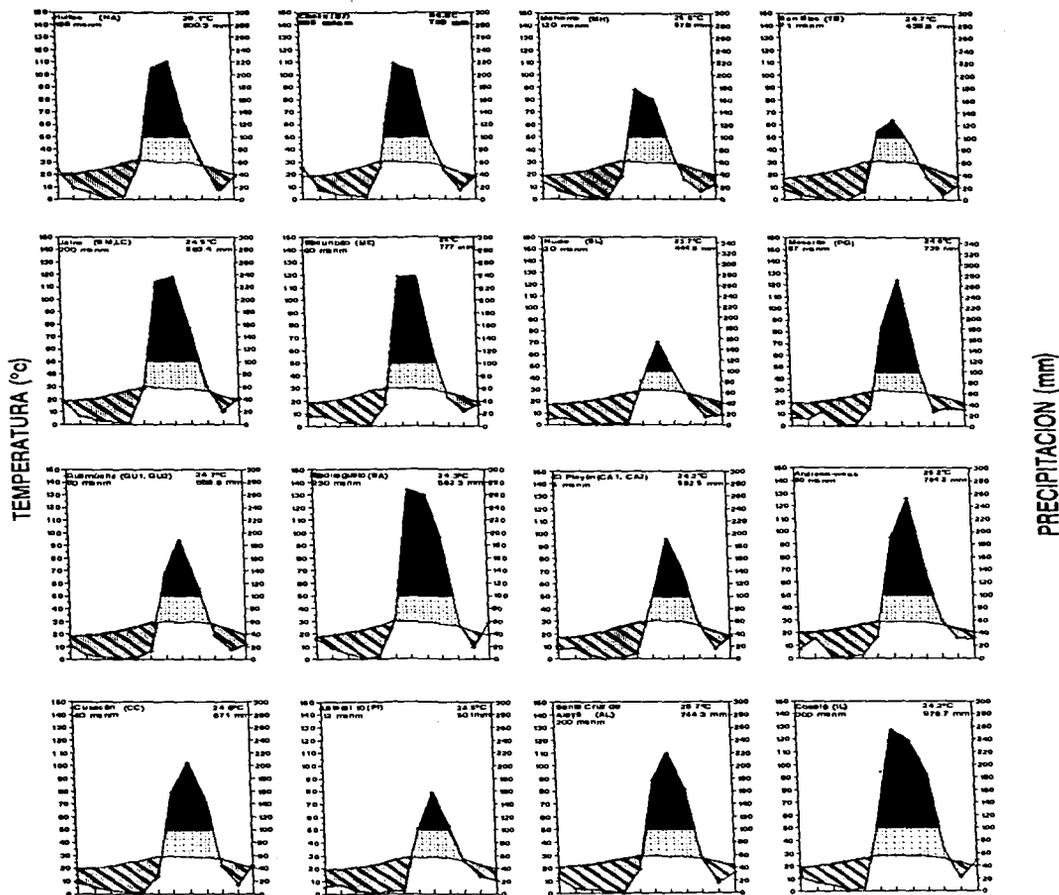
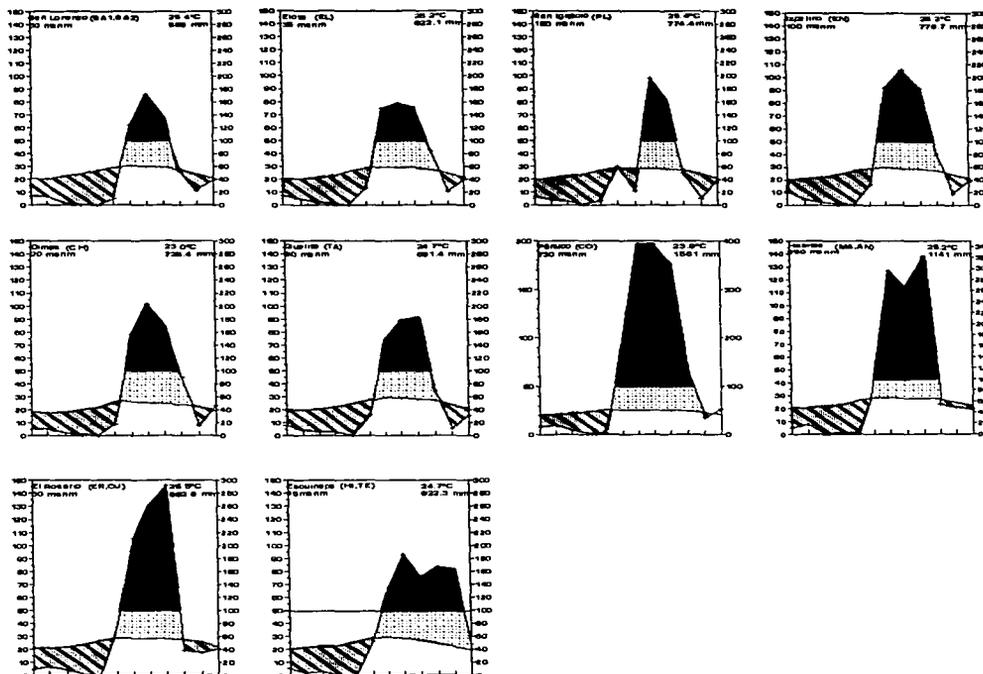


Fig. 7. Diagramas ombrotérmicos de las localidades cercanas a los sitios de muestreo. Entre paréntesis se anotan las claves de los sitios de

TEMPERATURA (°C)



PRECIPITACION (mm)

Fig.7 (Continuación). Diagramas ombrotérmicos de las localidades cercanas a los sitios de muestreo. Entre paréntesis se anotan las claves de los sitios de muestreo.

Tabla 3. Métodos de análisis de suelos.

Factor	Método
<i>Análisis químico</i>	
N-NO ₃	Método de la Brucina (Bremner, 1965; Baker, 1969)
P ₂ O ₅	Método de bicarbonato de sodio (Olsen, et al, 1954)
K ₂ O ₅	Flamometría (Deans y Rains, 1975)
Ca	Titulación con versenato (USSLS, 1954)
Mg	Titulación con versenato (USSLS, 1954)
CO ₃	Titulación con ácido sulfúrico (USSLS, 1954)
Cl	Titulación con nitrato de plata (USSLS, 1954)
HCO ₃	Titulación con ácido sulfúrico (USSLS, 1954)
Na	Flamometría (Deans y Rains, 1975)
pH	Potenciómetro (Chapman y Pratt, 1973)
Conductividad eléctrica	Puente de Wheatstone (Richards, 1970)
Materia Orgánica	Walkley y Black (Jackson, 1958)
<i>Análisis físico</i>	
Color en seco	Tablas de color de Munsell (Munsell Soil Color Charts, 1954)
Color en húmedo	Tablas de color de Munsell (Munsell Soil Color Charts, 1954)
Textura	Bouyoucos (Bouyoucos, 1951)
Profundidad	Medición directa en campo
Densidad aparente	Método volumétrico (Buckman y Brady, 1982)

ecuación final y cuáles deben eliminarse, para evitar redundancia y así simplificar el análisis (Philippi, 1993). Dado que el objetivo último de esta parte del estudio era proponer modelos predictivos de las densidades de las especies incorporando el mínimo número de variables, era necesario determinar en qué medida y cuáles variables ambientales tenían un comportamiento parecido. Esta sección describe cómo se hizo esta depuración.

Tres variables (cloro, sodio y conductividad eléctrica) fueron excluidas tempranamente del análisis ya que presentaron valores muy bajos y poca variabilidad entre sitios. Por otra parte, de las variables que describen la textura, es decir, los porcentajes de arena, limo y arcilla, solamente se utilizó la última. Además de la obvia interrelación entre ellas, se consideró que esta variable es suficiente para definir la textura dado que muchas propiedades físicas y químicas del suelo, por ejemplo la tasa de infiltración y la capacidad de retención de agua y de intercambio catiónico, son controladas en gran medida por la fracción de arcilla (Buckman y Brady, 1982).

El grado de asociación entre las variables restantes se determinó por medio del cálculo de los coeficientes de correlación de Pearson (Zar, 1984). Los resultados de este análisis se organizaron en una matriz de correlaciones donde se incluyen las variables ambientales evaluadas en los 35 sitios. El análisis se realizó con el paquete STATISTICA (StatSoft, 1995).

3.5.3 Definición de unidades de hábitat: clasificación

Una vez hecha esta depuración inicial y la evaluación del nivel de redundancia en el conjunto de variables ambientales, se procedió a definir tipos o unidades de hábitat. Para ello se realizó un análisis multivariado de clasificación de los sitios de muestreo.

Para la clasificación de los sitios se utilizó el método de Wards, que es una técnica politética, aglomerativa y jerárquica (Zavala Hurtado, 1986), y se empleó la distancia euclidiana como función de semejanza por tratarse de datos cuantitativos. Para definir grupos en el dendrograma construido con la clasificación, se delimitó un umbral de distancia euclidiana con valor de 10, buscando cambios proporcionalmente grandes en la distancia entre los grupos (Matteucci y Colma, 1982). Éstos fueron interpretados como distintos tipos de hábitat. Las variables ambientales incluidas en este análisis fueron estandarizadas porque sus escalas de medición pertenecen a diferentes órdenes de magnitud. Todo el procedimiento se realizó con el paquete de cómputo STATISTICA (Stat Soft, 1995).

3.5.4 Ordenación de los sitios de muestreo

Con el objeto de tener más elementos en la selección de variables para realizar un análisis de regresión múltiple, se realizó un análisis multivariado de ordenación de los sitios de muestreo con base

en su caracterización ambiental. Para ello se empleó la técnica de componentes principales (Gauch, 1982; Zavala Hurtado, 1986).

Para intentar discernir la influencia de los distintos factores ambientales sobre la ordenación de los sitios de muestreo se realizó un análisis de correlación entre las variables ambientales y los cuatro primeros componentes (ejes) de la ordenación. Finalmente, los resultados de la clasificación se sobrepusieron en la gráfica de ordenación para determinar las relaciones espaciales entre los grupos obtenidos en el espacio de ordenación.

3.5.5. Modelos predictivos de las densidades: análisis de regresión múltiple

La fase final consistió en la búsqueda de ecuaciones que permitieran describir la relación entre las densidades de las especies de vara blanca y las variables ambientales, maximizando su capacidad predictiva pero minimizando el número de variables independientes. Los análisis de clasificación y de ordenación, junto con el análisis de correlación múltiple, proporcionaron elementos que permitieron seleccionar un subconjunto de variables que ameritaban ser incluidas en el análisis de regresión múltiple.

Para obtener la mejor ecuación de regresión se siguieron los procedimientos de regresión múltiple por pasos, tanto por la técnica de agregación sucesiva de variables como por la de eliminación sucesiva de variables. Las variables dependientes fueron las densidades por sitio de las especies más frecuentes en el muestreo.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Delimitación de las especies de *Croton* utilizadas en la horticultura en Sinaloa

A partir del muestreo, medición y evaluación del uso potencial, colecta de ejemplares en todo el estado y revisión de especímenes de herbario, se determinó que cinco especies de *Croton* reúnen las características para ser utilizadas en la horticultura como tutores. Éstas son: *Croton alamosanus* Rose, *C. flavescens* Greenm., *C. reflexifolius* Kunth, *C. septemnerivius* McVaugh y *C. watsonii* Standl. Una especie más, *Croton ciliatus-glandulifer* Ortega, apareció en algunos sitios de muestreo, pero sus individuos nunca tuvieron las medidas necesarias para ser utilizados como varas o estacones. Tampoco hay indicios de que esta especie alcance el tamaño adecuado en otros sitios donde no se realizaron muestreos. Las otras especies, citadas por distintos autores como vara blanca, no fueron encontradas en los muestreos ni en las colectas de campo.

Como parte de los resultados se consideró conveniente incluir una descripción de cada una de las cinco especies, haciendo énfasis en las características más importantes que permiten distinguirlas en el campo. Estas descripciones se presentan en el Apéndice.

4.2. Distribución geográfica de las especies de vara blanca en Sinaloa

Existen muy pocos ejemplares de *Croton* provenientes de Sinaloa en los herbarios MEXU, ENCB, UAS y XAL. La mayoría de estas colectas se ha realizado en la zona central del estado, como se observa en las Figuras 8, 9, 10 y 11.

En 28 de los 35 sitios de muestreo se encontró al menos una especie de vara blanca (promedio: 1.6 especies por sitio). La riqueza específica por sitio se distribuyó de la siguiente manera: en 16 sitios apareció una sola especie, en siete sitios hubo dos, cuatro sitios tuvieron tres, y sólo en un sitio se encontraron cuatro especies.

Todas las especies aparecieron en varios sitios del primer nivel altitudinal (0 a 150 m), y conforme aumentó la altitud, el número de especies disminuyó. Por arriba de los 300 m sólo se encontró *Croton flavescens*, salvo en el sitio Cerro de la Chiva (700 m), donde crecen también *C. septemnerivius* y *C. reflexifolius*.

En ninguno de los sitios de muestreo y de las localidades visitados situados en las dos franjas latitudinales más sureñas se encontró alguna especie de *Croton*, a pesar de que la exploración de esta porción fue tanto o más intensa que en el resto del estado. Sólo en una localidad cercana al sitio El Rosario se halló *Croton flavescens*. Inclusive se realizaron consultas con los lugareños para que nos indicaran posibles sitios de localización. Esta ausencia llama la atención, dado que existen dos ejemplares de herbario de *Croton alamosanus* recolectados en los municipios de Escuinapa y El

Rosario, respectivamente, localizados en esas latitudes.

La especie más frecuente fue *Croton flavescens*, ya que se encontró en 22 de los 35 sitios (62.8%). Esta especie parece tener la distribución geográfica más amplia en el estado (Fig. 8); apareció en los tres pisos altitudinales (0 a 150, 150 a 300 y > 300 m), y fue la única que se localizó en todos los sitios del nivel altitudinal superior en los que se encontró alguna especie de *Croton*. De hecho, en cuatro recorridos de reconocimiento y de colecta por la parte central del estado, siguiendo diferentes rutas de acceso hacia la Sierra Madre Occidental, sólo se encontró *Croton flavescens*, lo que sugiere que la distribución de esta especie tiene el límite altitudinal superior más alto (700 m) de todas las especies de vara blanca en Sinaloa. Asimismo, esta especie fue la que se recolectó en latitudes más norteñas (hasta los 27° N) y también la que apareció más al sur en los sitios de muestreo (sitio La Tasajera, 23°45' N).

Croton septemnerivius apareció en 12 sitios (34.3%; Fig. 9). Su área de distribución se circunscribe a las latitudes medias del estado, principalmente en las tierras bajas. Sólo apareció en un sitio ubicado por encima de los 300 m s.n.m. Los ejemplares de herbario también provienen de localidades de baja altitud en las partes centrales del estado.

Croton alamosanus se encontró en seis sitios de muestreo (17.1%). Esta especie es la segunda más ampliamente distribuida en el gradiente latitudinal, después de *C. flavescens*. De acuerdo con los ejemplares de herbario, esta especie es la que se distribuye más al sur, pues ha sido colectada a una latitud de 23° N en el municipio de Escuinapa, el más sureño de Sinaloa (Fig. 10). Sin embargo, llama la atención que no apareció en ningún sitio de muestreo ubicado al sur de los 24° N, a pesar de que ejemplares de herbario indican que esta especie se distribuye al menos hasta Oaxaca a lo largo de la costa del Pacífico. *Croton alamosanus* crece hacia el límite altitudinal inferior de la selva baja caducifolia (aproximadamente el nivel del mar), y está casi restringida al primer nivel altitudinal, aunque apareció en el sitio Tablones, ubicado a 200 m, y se encontró un ejemplar de herbario colectado a un altitud de 300 m. Estas dos últimas localidades corresponden al segundo piso altitudinal. Además, en los herbarios existen ejemplares recolectados en las inmediaciones de Álamos, Sonora, a una altitud de 1000 m, y en localidades situadas a 1800 m en el estado de Zacatecas.

La distribución de *Croton watsonii* en Sinaloa está claramente restringida a la parte central del estado. En muestreos de campo sólo se encontró en cuatro localidades ubicadas a latitudes intermedias, y el único ejemplar de herbario que se localizó también fue recolectado allí (Fig. 11).

Croton reflexifolius tiene una distribución muy restringida en el estado, en comparación con las otras cuatro especies (Fig. 11). Aunque sólo apareció en un sitio de muestreo, durante este estudio se recolectó también en localidades muy cercanas a tres sitios de muestreo, situadas entre los 24°57' y los 25°33' N (Tabla 4). La localidad de donde provenía el único ejemplar encontrado en los herbarios coincide con esta distribución.

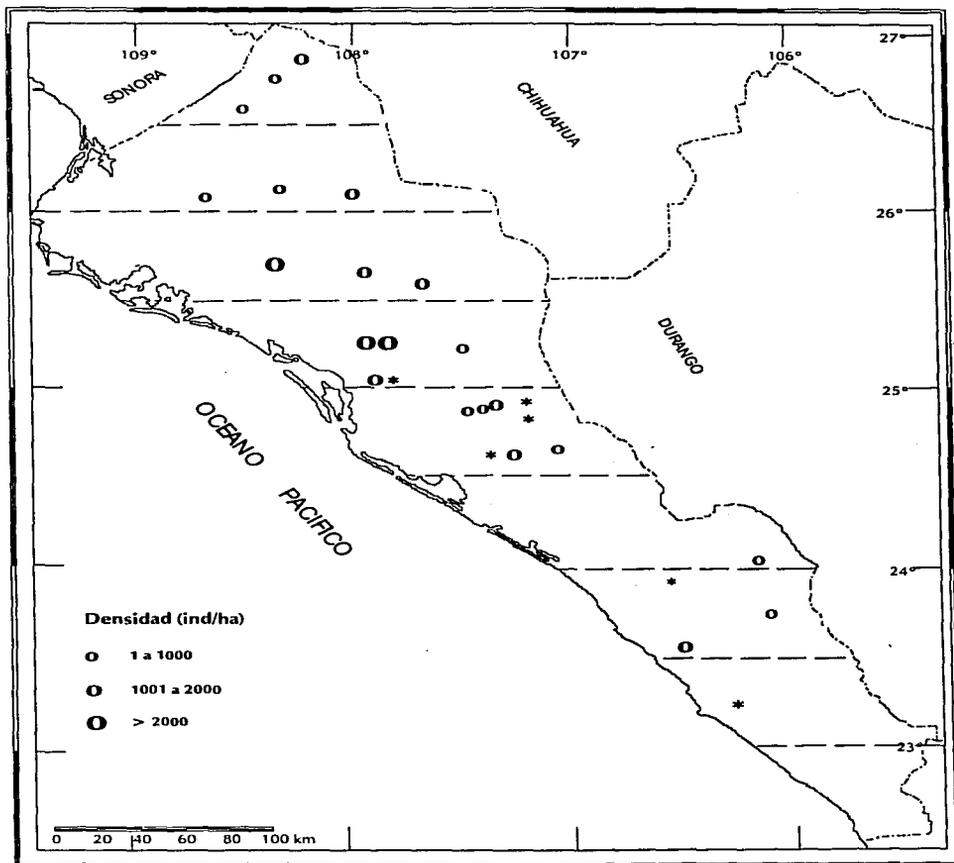


Fig. 8. Distribución de *Croton flavescens* en el estado de Sinaloa de acuerdo a colectas de campo (o) y a la revisión de herbario (*)

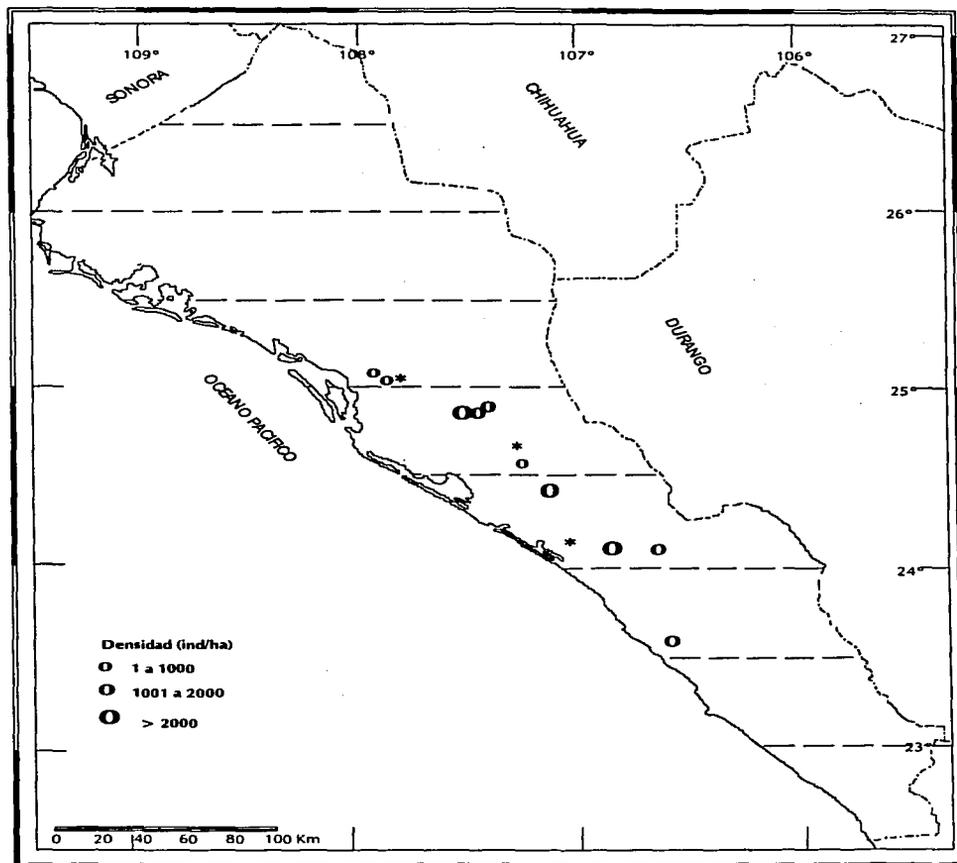


Fig. 9. Distribución geográfica de *Croton septemnerivus* en el estado de Sinaloa de acuerdo a colectas de campo (o) y a la revisión de herbario (*)

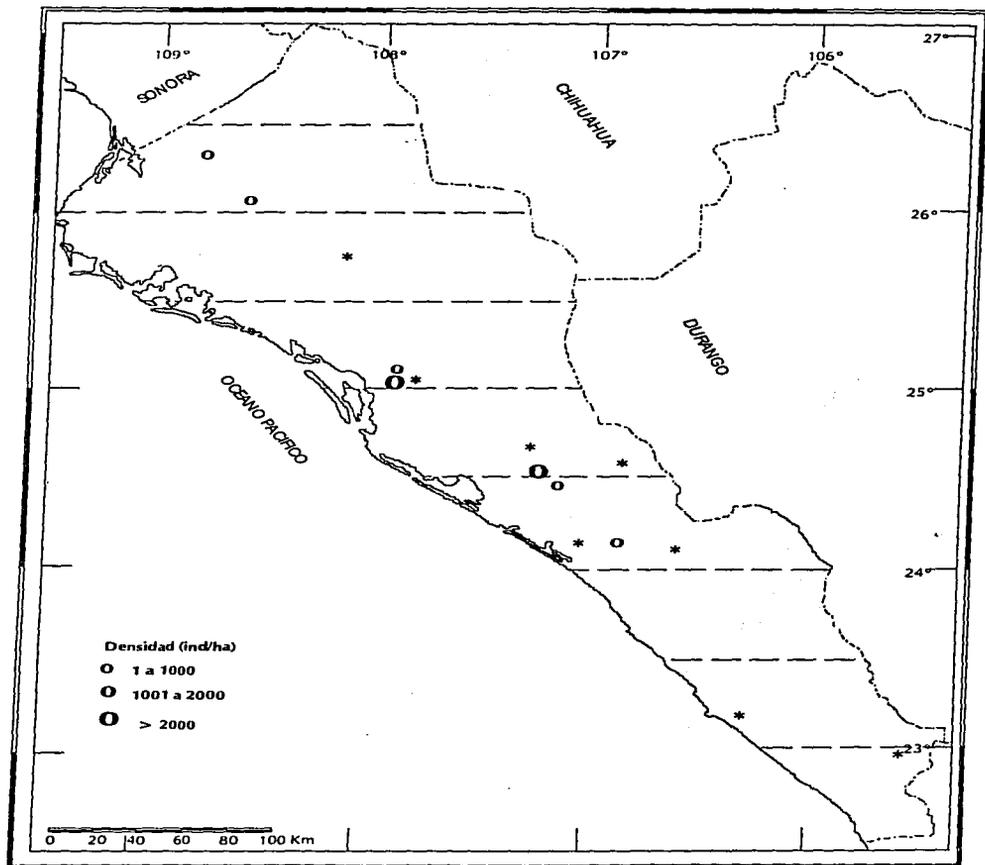


Fig. 10. Distribución geográfica de *Croton alamosanus* en el estado de Sinaloa de acuerdo a colectas de campo (o) y a la revisión de herbario (*)

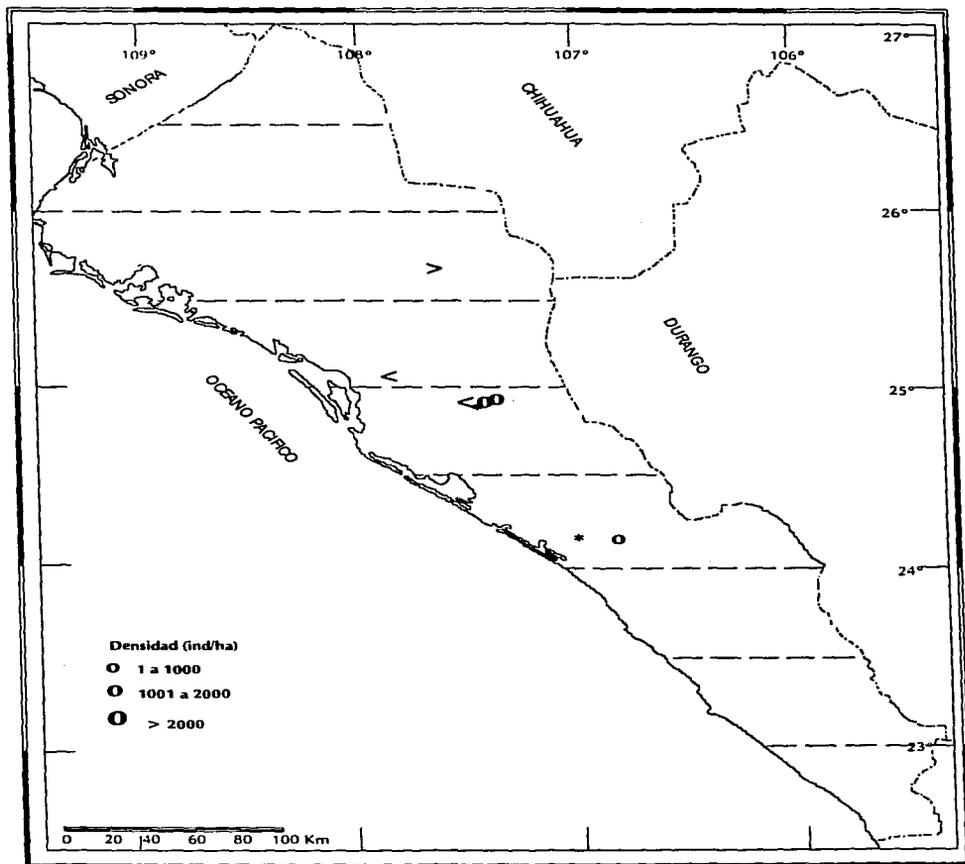


Fig. 11. Distribución geográfica de *Croton watsonii* en el estado de Sinaloa de acuerdo a colectas de campo (o) y a la revisión de herbario (*) y *C. reflexifolius* (< rev. de herbario y > colecta de campo).

Tabla 4. Distribución de las especies en los sitios de muestreo. Los nombres completos de los sitios se muestran en la Tabla 2.

Sitio	Especie				
	<i>Croton flavescens</i>	<i>Croton septemnerivius</i>	<i>Croton alamosanus</i>	<i>Croton watsonii</i>	<i>Croton reflexifolius</i>
NA	x	.	.	.	.
BJ	x	.	.	.	.
MH	x	.	.	.	.
SM	x	.	.	.	.
TB	x	.	x	.	.
LC	x	.	.	.	.
SL	x	.	.	.	.
ME	x	.	.	.	.
PG	x	.	.	.	x
GU2	x	.	.	.	.
GU1	x	.	.	.	.
BA	x	.	.	.	.
CA1	x	x	x	.	x
CA2	.	x	x	.	.
HU	x	x	.	.	.
CE1	x	x	.	x	.
CE2	x	x	.	x	.
CC	x	x	.	.	x
PI	.	x	x	.	.
IL	x	.	.	.	.
AL	x	.	.	.	.
SA1	.	x	.	.	.
SA2	.	x	x	.	.
EL	.	x	x	x	.
PL	x	.	.	.	.
EN	.	x	.	.	.
TA	x	.	.	.	.
CH	x	x	.	.	.
CO	.	.	.	.	.
AN	.	.	.	.	.
MA	.	.	.	.	.
ER	.	.	.	.	.
OJ	.	.	.	.	.
TE	.	.	.	.	.
HI	.	.	.	.	.
F. Abs.	22	12	6	3	3
(%)	62.8%	34.3%	17.1%	8.6%	8.6%

F. Abs. = frecuencia absoluta de aparición por especie

. = ausente

x = presente

4.3. Abundancia de las especies de vara blanca en Sinaloa

En este apartado se presentan los resultados de las densidades de plantas de las especies de vara blanca, así como el análisis de las relaciones numéricas entre las especies. Estos resultados se basan en el conteo de un total de 5587 plantas con tallos > 1 cm de diámetro a una altura de 20 cm sobre la superficie del suelo encontradas en 3.15 ha, que es el total de la superficie muestreada en los 35 sitios.

4.3.1. Densidades por especie

Los cálculos de las densidades mostraron grandes diferencias intra e interespecíficas (Fig. 12). Por ejemplo, la densidad de *Croton alamosanus*, que fue la más alta (\bar{x} = 1967, intervalo 78-6444 ind ha⁻¹, C.V. = 135%; Tabla 5), fue más de 17 veces mayor que la de *C. reflexifolius* (111 ind ha⁻¹; Tabla 6). Las otras especies tuvieron valores intermedios, en el siguiente orden: *C. septemnervius* (\bar{x} = 1606, intervalo 167-3667 ind ha⁻¹, C.V. = 77.8%; Tabla 7); *C. flavescens* (\bar{x} = 1272, intervalo 78-5467 ind ha⁻¹, C.V. = 94.9%; Tabla 8); y *Croton watsonii* (\bar{x} = 967, intervalo 233-1578 ha⁻¹, C.V. = 57.5%; Tabla 9).

4.3.2. Grado de asociación entre las especies

A pesar de que todas las correlaciones entre las densidades de las tres especies más frecuentes fueron negativas, ninguna fue significativa (Tabla 10). El mismo resultado se obtuvo usando el área basal en lugar de la densidad. Sin embargo, la gráfica que relaciona las densidades de las dos especies más abundantes (*C. septemnervius* y *C. flavescens*) sugiere que existe una asociación negativa entre ellas (Fig. 13). De los 28 sitios donde estuvo presente al menos una de las dos, sólo en seis coincidieron ambas, mientras que *C. flavescens* apareció sola en 16 y *C. septemnervius* en 6. Además, las densidades fueron medias o bajas para las dos especies en los sitios donde coincidieron, con una excepción donde una especie tuvo una densidad relativamente alta y la otra más bien baja. El análisis de correlación se complementó con el cálculo de los índices de asociación basados en las tablas de contingencia con datos de presencia/ausencia para la misma pareja (*Croton flavescens*-*C. septemnervius*). El resultado de este análisis fue estadísticamente significativo ($\chi^2 = 7.43$, $p < 0.01$), aunque la intensidad de la asociación fue más bien baja (Coeficiente de Asociación de Agrell e Iverson = 0.21; Índice de Coincidencia de Dice = 0.35).

4.4. Uso potencial de las especies de vara blanca

Los resultados de los análisis correspondientes a los diferentes criterios para evaluar el potencial de uso hortícola de las especies de vara blanca se presentan a continuación en secciones separadas.

Tabla 5. Densidades de plantas y tallos por sitio para *Croton alamosanus* en seis localidades del estado de Sinaloa.

Sitio	Plantas (ha ⁻¹)	Tallos (ha ⁻¹)	Área Basal (cm ² ha ⁻¹)	Cociente tallos/plantas
TB	822	1922	562	2.38
CA1	167	nd	nd	nd
CA2	6444	12566	3127	1.95
P1	4078	9900	1676	2.43
SA2	78	133	55	1.71
EL	211	233	205	
Promedio	1967	4951	1125	2.52
D.E.	2672	5855	1286	
C.V. (%)	135	118	114	

nd = datos no disponibles

Tabla 6. Densidades de plantas y tallos por sitio para *Croton reflexifolius* en una localidad del estado de Sinaloa.

Sitio	Plantas (ha ⁻¹)	Tallos (ha ⁻¹)	Área Basal (cm ² ha ⁻¹)	Cociente tallos/plantas
PG	111	289	252	2.6

Tabla 7. Densidades de plantas y tallos por sitio para *Croton septemnerivus* en doce localidades del estado de Sinaloa.

Sitio	Plantas (ha ⁻¹)	Tallos (ha ⁻¹)	Área Basal (cm ² ha ⁻¹)	Cociente tallos/plantas
HU	1500	1989	1659	1.33
CE1	533	nd	nd	nd
CE2	1411	1856	323	1.32
CC	2766	2922	1720	1.56
CA1	222	nd	nd	nd
CA2	167	411	212	2.47
P1	222	267	175	1.20
SA1	3544	nd	nd	nd
SA2	3667	8211	4543	2.24
EL	2422	2578	2666	1.06
EN	1467	1589	949	1.08
CH	1344	1644	2614	1.22
Promedio	1606	2385	1651	1.42
D.E.	1250	2352	1450	
C.V. (%)	78	99	88	

nd = datos no disponibles

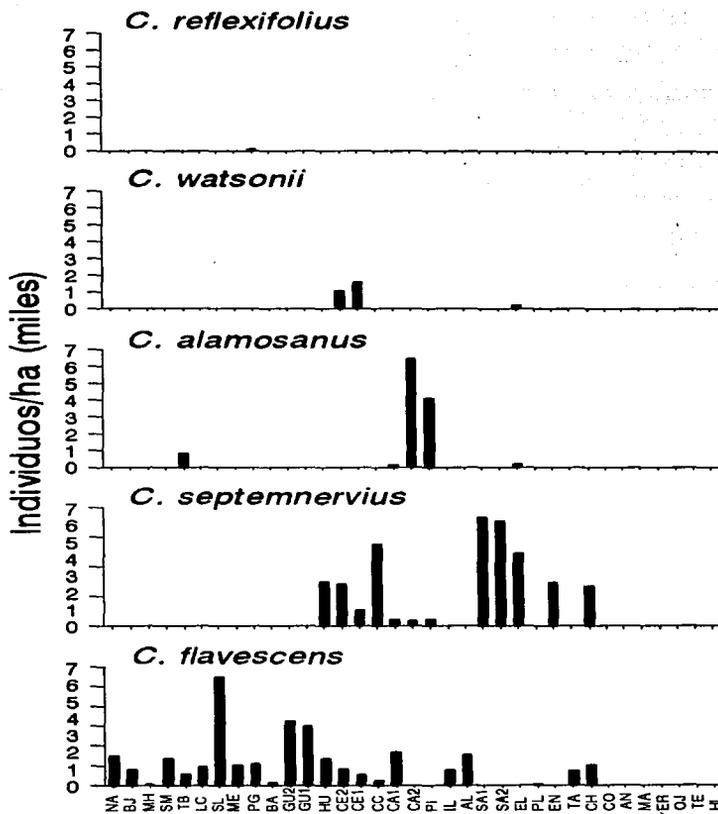


Fig. 12. Densidades de cinco especies de *Croton* en 35 sitios de muestreo en el estado de Sinaloa. Las abreviaturas como en la Tabla 2.

Tabla 8. Densidades de plantas y tallos por sitio para *Croton flavescens* en 22 localidades del estado de Sinaloa.

Sitio	Plantas (ha ⁻¹)	Tallos (ha ⁻¹)	Área Basal (cm ² ha ⁻¹)	Cociente tallos/plantas
NA	1500	2289	899	1.53
BJ	811	1044	357	1.29
MH	89	111	41	1.25
SM	1344	1533	409	1.14
TB	589	789	279	1.34
LC	944	1144	486	1.21
SL	5467	8767	2437	1.60
ME	1011	1589	410	1.57
PG	1111	1433	353	1.29
GU2	3267	4956	1537	1.52
GU1	2967	nd	nd	nd
BA	156	578	133	3.71
CA1	1666	nd	nd	nd
HU	1344	1500	526	1.12
CE2	822	1033	841	1.26
CE1	533	nd	nd	nd
CC	244	311	115	1.27
IL	756	1200	297	1.59
AL	1544	1789	413	1.16
PL	78	89	15	1.14
TA	733	1067	613	1.46
CH	1022	1156	499	1.13
Promedio	1272	1701	561	1.34
D.E.	1208	1950	573	
C.V. (%)	95	114	102	

nd = datos no disponibles

Tabla 9. Densidades de plantas y tallos por sitio para *Croton watsonii* en tres localidades del estado de Sinaloa.

Sitio	Plantas (ha ⁻²)	Tallos (ha ⁻¹ l)	Área Basal (cm ² ha ⁻¹)	Cociente tallos/plantas
CE1	1578	nd	nd	nd
CE2	1089	2689	654	2.47
EL	233	300	43	1.29
Promedio	967	1494	348	1.55
D.E.	556	1194	432	
C.V. (%)	58	80	124	

nd = datos no disponibles

Tabla 10. Resultados del análisis de correlación entre las densidades de las tres principales especies de *Croton* utilizadas en la horticultura en el estado de Sinaloa.

Pareja de especies	n	R	R ²	t	P
<i>Croton flavescens</i> <i>Croton septemnerivus</i>	2580 1734				
		-.231	.053	-1.36	.183
<i>Croton flavescens</i> <i>Croton alamosanus</i>	2580 1062				
		-.172	.030	-1.10	.321
<i>Croton alamosanus</i> <i>Croton septemnerivus</i>	1062 1734				
		-.085	.007	-.49	.625

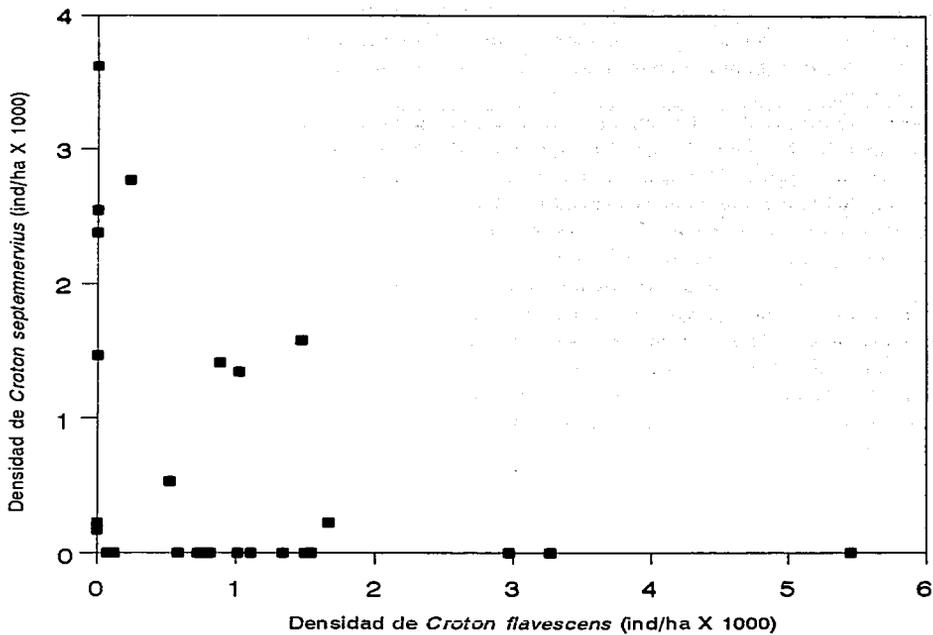


Fig. 13. Correlación entre las densidades de *Croton septemnerivus* y *C. flavescens* en el estado de Sinaloa.

4.4.1. Estructura poblacional

Las Figuras 14 a 17 muestran la estructura poblacional de las especies estudiadas tomando en cuenta el diámetro del tallo principal. En la mayor parte de los sitios las especies presentaron una gran proporción de tallos principales pequeños, aunque no siempre la clase de diámetros más pequeños fue la más frecuente.

Croton septemnerivus. En algunas localidades, para esta especie se obtuvieron las distribuciones diamétricas que incluían el mayor número de clases entre todas las obtenidas para todas las especies. Sus tallos principales alcanzaron diámetros de más de 7.5 cm, y en todas las localidades siempre hubo individuos en la clase diamétrica 6.1-6.5 cm (Fig. 14). Para esta especie, la frecuencia de la clase diamétrica más pequeña (1-1.5 cm) en varios sitios fue menor que en las categorías de diámetros mayores, patrón que fue más común para esta especie que para las otras.

Croton flavescens. Los diámetros de los tallos principales de los individuos más grandes de *C. flavescens* tuvieron en general dimensiones menores que los de la especie anterior, ya que sus tallos principales más gruesos sólo alcanzaron la clase diamétrica 4.5-5.0 cm, excepto en un sitio donde hubo individuos en la clase 5.5-6.0 cm (Fig. 15). En general, esta especie tuvo distribuciones diamétricas caracterizadas por una disminución en la frecuencia hacia las clases mayores.

Croton alamosanus. Los diámetros de los tallos principales de *C. alamosanus* son todavía más pequeños que los de las especies anteriores. En muy pocos sitios se presentaron individuos en la clase diamétrica 3.5-4.0 cm. En los dos sitios con mayor densidad (Caimanero 2 y La Piedrera), la estructura poblacional tuvo la típica forma de J invertida, donde las primeras clases dominan claramente sobre las clases de diámetros mayores. La estructura poblacional obtenida en Tablones contrasta con este patrón, ya que en esta localidad, donde la densidad estimada fue baja, las frecuencias de las cinco primeras clases fueron bastante homogéneas (Fig 16).

Otras especies. *Croton watsonii* también tuvo más individuos en las clases de diámetros pequeños, y en la única estructura diamétrica obtenida a partir de un número adecuado de individuos, los diámetros mayores se ubicaron en la clase 4.0- 4.5 cm (Fig. 17). Para el caso de *Croton reflexifolius* no fue posible analizar la estructura poblacional, ya que sólo se registraron 10 individuos en el único sitio de muestreo donde apareció.

Las distribuciones de clases de área basal total por planta obtenidas para estas especies mostraron patrones muy semejantes a los aquí descritos, obtenidos con los diámetros principales.

4.4.2. Estructuras diamétricas del total de tallos

Las plantas de las especies de vara blanca muchas veces presentaron más de un tallo. En este apartado se presentan las distribuciones de frecuencias de clases de diámetro para el total de tallos por

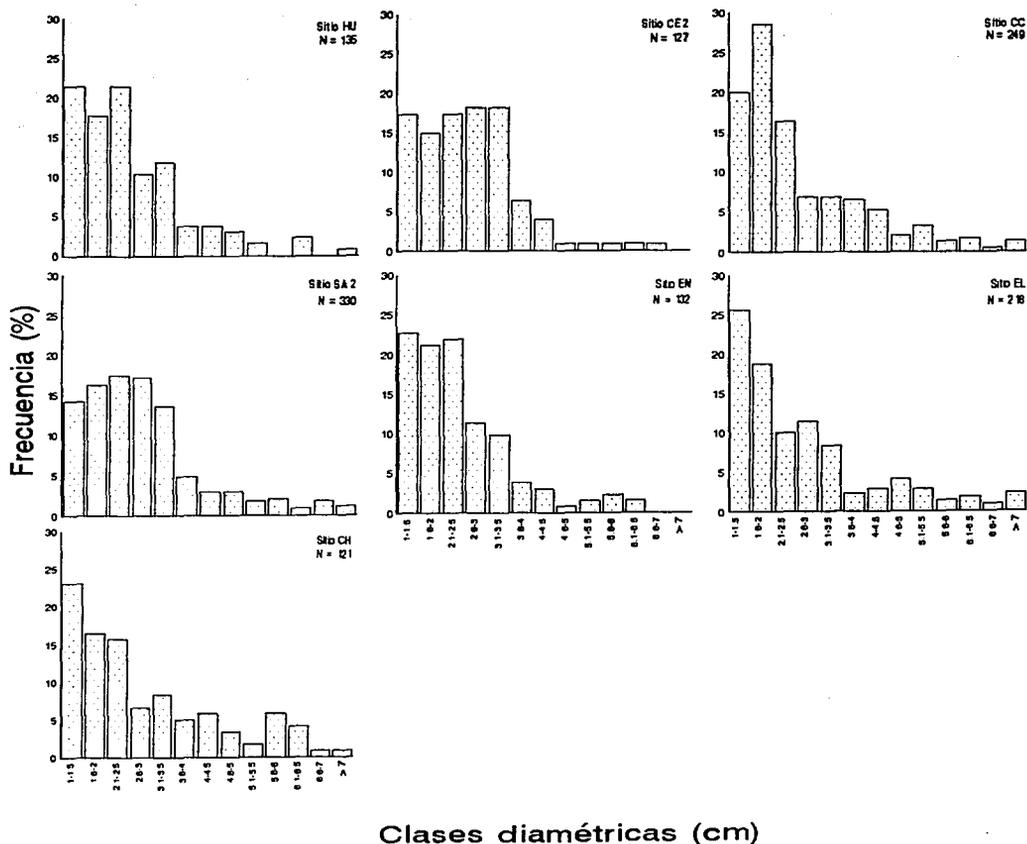


Fig. 14. Distribución de clases diamétricas de *Croton septemnerivus* en 7 sitios de muestreo con más de 30 individuos en el estado de Sinaloa. Abreviaturas igual que en la tabla 2.

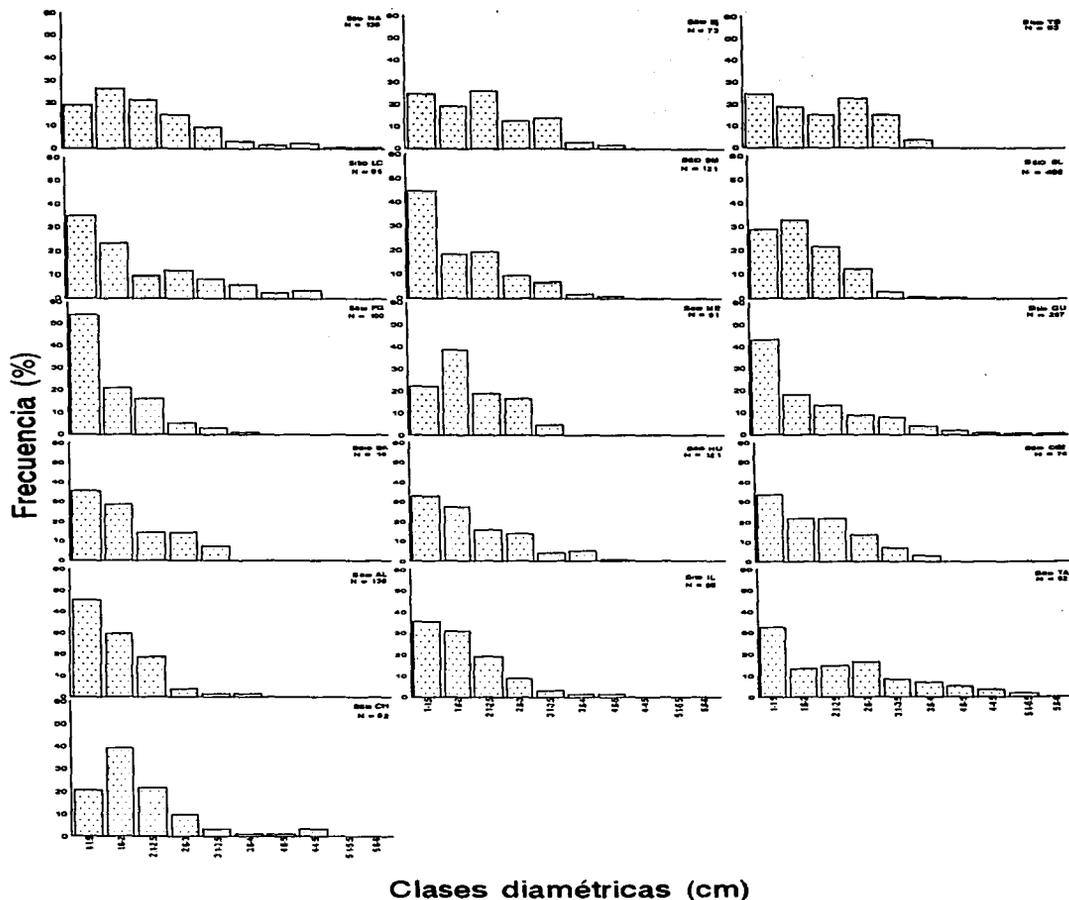


Fig. 15. Distribución de clases diamétricas de *Croton flavescens* en 16 sitios de muestreo en el estado de Sinaloa. Abreviaturas de las localidades igual que en la Tabla 2.

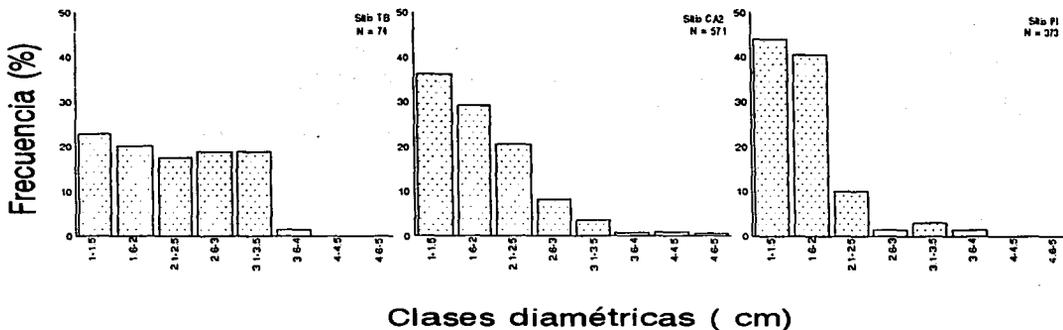


Fig. 16. Distribución de clases diamétricas de *Croton alamosanus* en 3 sitios de muestreo en el estado de Sinaloa. Abreviaturas igual que la Tabla 2.

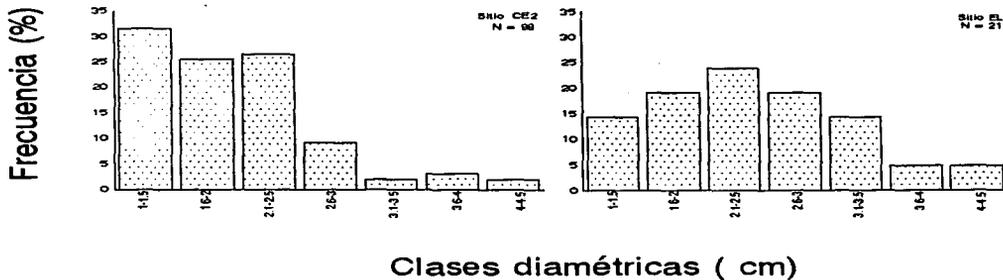


Fig. 17. Distribución de clases diamétricas de *Croton watsonii* en dos sitios de muestreo en el estado de Sinaloa. Abreviaturas igual que la Tabla 2.

especie. En general y de manera análoga a los resultados de las estructuras poblacionales basadas en un solo tallo por planta, este análisis, que corresponde al conjunto total de tallos, mostró que la proporción de tallos pequeños es comparativamente grande en comparación con las clases de diámetros mayores. Esto es relevante ya que estas últimas son las que incluyen a los tallos que pueden ser utilizados en la horticultura. Aunque este patrón prevaleció entre todas las especies, las distribuciones de frecuencias de clases de diámetro presentaron diferencias importantes entre ellas.

En general, la proporción de tallos pequeños fue muy alta para *Croton flavescens*. Sólo en cuatro de los 19 sitios donde apareció la especie se registraron tallos con diámetros > 5 cm (Fig. 18). En la mayoría de los sitios, las estructuras diamétricas del total de tallos de esta especie siguieron el patrón general descrito arriba, consistente en una disminución de la frecuencia hacia las clases de diámetros mayores, y sólo en dos casos (NA y CH) la segunda clase (1.5-2.0 cm) fue mayor que la primera.

Croton septemnerivus contrasta con la especie anterior porque presentó mayores proporciones de tallos con las medidas necesarias (> 2 cm) para su uso en la horticultura, y de hecho en seis de los nueve sitios se encontraron tallos con diámetros > 6.5 cm (Fig. 19). Al igual que en la especie anterior, en general las estructuras diamétricas presentan una disminución de las clases de diámetros pequeños hacia las de diámetros grandes. Sin embargo, en cuatro sitios la primera clase diamétrica fue menos frecuente que clases de diámetros mayores, e inclusive en el sitio con menor densidad de tallos (La Piedrera), ninguno de ellos se ubicó en esta clase diamétrica.

Croton alamosanus siempre tuvo una proporción muy alta de tallos chicos en los tres sitios de mayor densidad, y sólo en uno se encontraron tallos en la categoría diamétrica de 4.6-5.0 cm (Fig. 20). Esta especie presentó la mayor proporción de tallos pequeños, ya que en total para todos los sitios estos tallos representaron más de la mitad (53.1%) del total.

Un patrón semejante se encontró para *Croton watsonii*. Esta especie también tuvo una proporción alta (51%) de tallos en la clase 1.0-1.5 cm, mientras que sólo 1% de ellos se ubicó en la clase 4.1-4.5 cm (Fig. 21). El número total de tallos registrados para *Croton reflexifolius* (26) en el único sitio donde apareció no permite hacer una descripción confiable de su estructura de diámetros, aunque su patrón es distinto de los descritos para las otras especies.

4.4.3. Distribución del número de tallos por planta

Para todas las especies estudiadas se encontró una gran variabilidad a nivel individual en términos del número de tallos por planta. Si bien existen muchas plantas que tienen un solo tallo, algunas llegan a tener cuatro y ocasionalmente hasta siete.

El número máximo de tallos por planta fue de 5 para *Croton flavescens* (Tabla 11), y el cociente promedio de tallos/plantas para todos los sitios fue de 1.47; este cociente tuvo su valor más bajo (1.2)

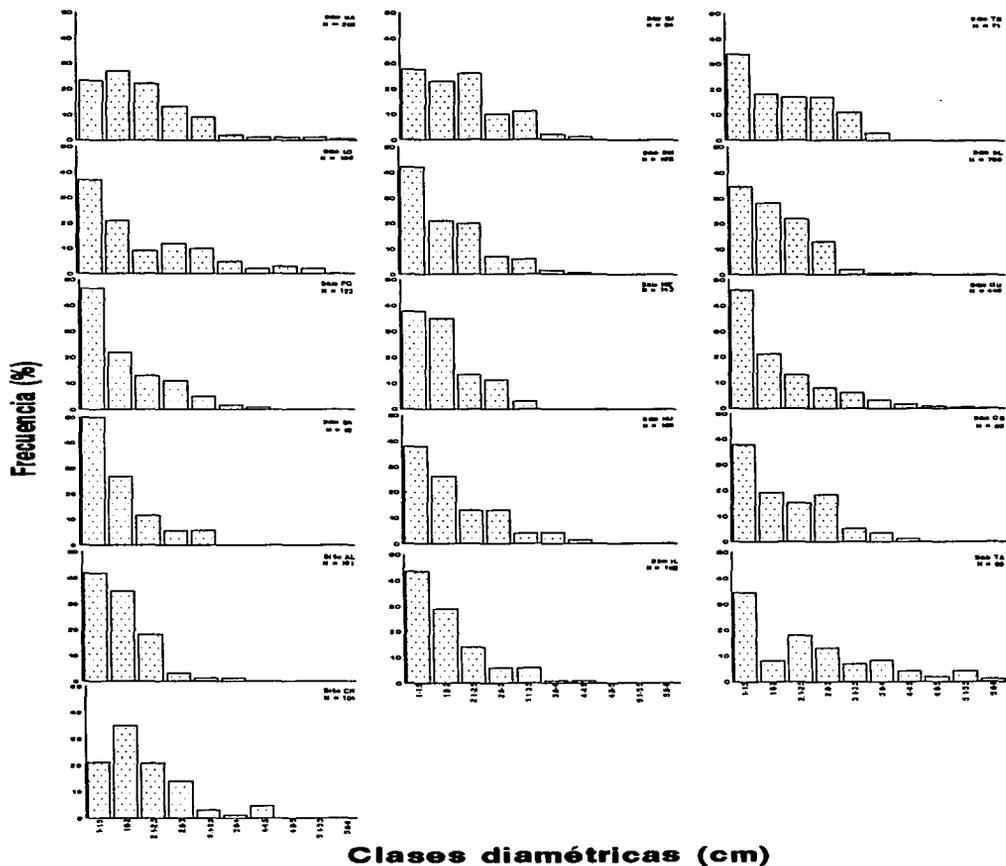
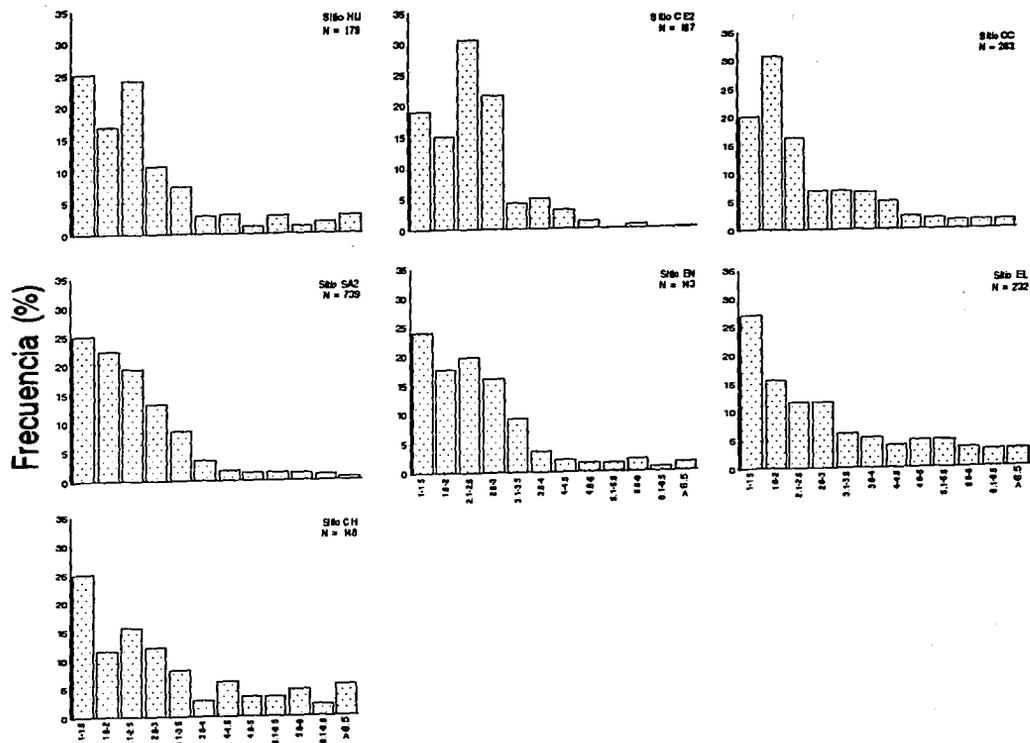


Fig.18. Distribución de frecuencias de diámetro del total de tallos de *Croton flavescens* en 16 sitios de muestreo en el estado de Sinaloa. Abreviaturas de las localidades igual que en la Tabla 2.



Clases diamétricas (cm)

Fig. 19. Distribución de clases de diámetro del total de tallos de *Croton septemnerivus* por sitio. Abreviaturas como en la Tabla 2.

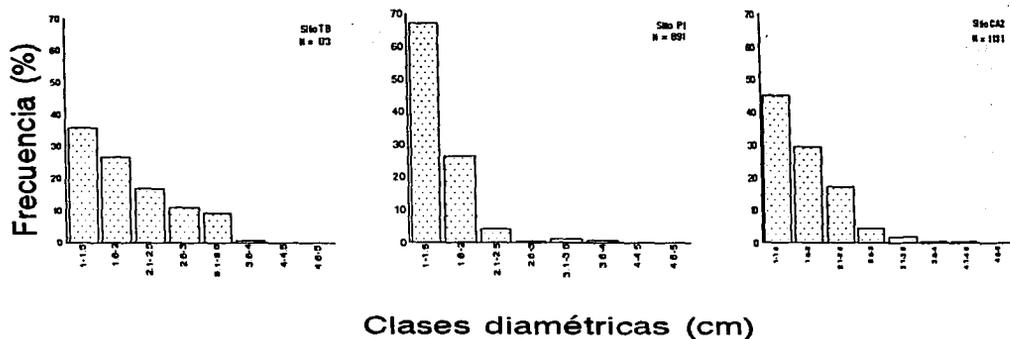


Fig. 20. Distribución de frecuencias del diámetro del total de tallos de *Croton alamosanus* en tres sitios de muestreo. Abreviaturas como en la Tabla 2.

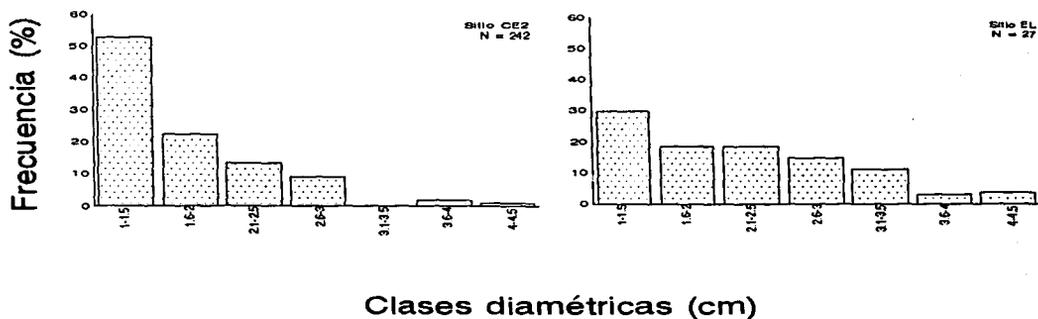


Fig. 21. Distribución de frecuencias del diámetro del total de tallos de *Croton watsonii* en dos sitios de muestreo. Abreviaturas como en la Tabla 2.

Tabla 11. Proporción (porcentaje) de plantas de *Croton flavescens* con distinto número de tallos por sitio.

Sitio	Categoría de número de tallos					N total
	1	2	3	4	5	
NA	59.2	30.4	7.4	2.9	0	135
BJ	75.3	20.5	4.1	0	0	73
M.H	75.0	25.0	0	0	0	8
SM	87.6	10.7	1.6	0	0	121
TB	73.5	18.8	7.5	0	0	53
LC	78.8	17.6	2.3	1.2	0	85
SL	63.4	20.1	10.4	3.4	2.6	492
ME	62.6	23.0	8.7	5.5	0	91
PG	79.0	19.0	2.0	0	0	100
BA	42.8	28.6	21.4	7.1	0	14
GU2	63.9	25.5	6.4	3.0	1	294
HU	90.9	7.4	0.8	0.8	0	121
CE2	85.1	12.1	2.7	0	0	74
CC	72.7	27.2	0	0	0	22
IL	58.8	29.4	5.9	5.9	0	68
AL	84.8	14.3	0.7	0	0	139
PL	85.7	14.3	0	0	0	7
TA	66.6	21.2	10.6	1.5	0	62
CH	89.1	8.6	2.1	0	0	92
Promedio	58.5	16.0	4.9	1.9	0.8	
D.E.	24.5	8.7	5.2	2.2	0.6	

en el sitio La Huerta (HU), y el más alto (3.7) en Badiraguato (BA; Tabla 8). Aunque ocasionalmente los individuos de *Croton septemnerivus* tuvieron siete tallos (Tabla 12), en esta especie la proporción de plantas con un solo tallo fue muy grande (75.2%). Esto se refleja en un cociente promedio de tallos/plantas de 1.42 (Tabla 7). Más del 64% de las plantas de *Croton alamosanus* tuvieron dos o más tallos (Tabla 13); en promedio esta especie tuvo el cociente de tallos/plantas más alto (2.52; Tabla 5). A pesar de que *Croton watsonii* fue una de las dos especies que llegaron a presentar siete tallos (Tabla 14), el cociente promedio de tallos/plantas para esta vara blanca no fue muy alto (1.55; Tabla 9). Para *Croton reflexifolius*, la especie menos frecuente y menos abundante del estudio, las proporciones de plantas con distinto número de tallos fueron más o menos constantes (Tabla 15), con un cociente promedio de tallos/plantas de 2.6 (Tabla 6).

4.4.4. Distribución de tallos en categorías de uso potencial

Aunque en términos generales la proporción de tallos pertenecientes a alguna categoría de uso potencial en la horticultura fue baja para todas las especies, existen algunas diferencias que vale la pena resaltar.

Para *Croton flavescens* la proporción de tallos inútiles fue la más grande, rebasando incluso la frecuencia de la categoría de tallos chicos (Fig. 22). La categoría de vara tuvo una proporción baja en la mayor parte de los sitios; sin embargo, casi siempre esta categoría fue más frecuente que la de estación. De hecho, hay sitios donde ningún tallo pudo ser ubicado en esta categoría. En todo el muestreo sólo se registró un tallo con la categoría de poste para esta especie (sitio TA).

En el caso de *Croton septemnerivus* la categoría de inútiles tuvo frecuencias muy altas. Incluso, en varios de los sitios fue la categoría más frecuente (Fig. 23). Sin embargo, en contraste con la especie anterior, en todas las unidades de muestreo esta especie presentó tallos en la categoría de estación, y de hecho, fue esta especie en la que esta categoría estuvo mejor representada. Asimismo, *Croton septemnerivus* fue prácticamente la única especie con tallos en la categoría de poste en casi todos los sitios, aunque la proporción de este tipo de tallos nunca fue > 10%.

A *Croton alamosanus* correspondieron las proporciones más bajas de tallos en categorías utilizables (Fig. 24). Sin embargo, tomando en cuenta los números absolutos en lugar de las proporciones, hubo un sitio (CA2) que destacó por haberse registrado allí una densidad muy alta de tallos pertenecientes a la categoría de vara (1733 tallos ha⁻¹). Esta densidad de tallos en esta categoría sólo fue inferior a la obtenida para *C. septemnerivus* en SA2 (3822 tallos ha⁻¹).

Croton watsonii también tuvo una proporción baja de tallos útiles. Sólo el 14.1% de los tallos se ubicaron en la categoría de vara y el 2.6% en la categoría de estación (Fig. 25). Por el contrario, en el único sitio (PG) donde apareció *Croton reflexifolius*, tuvo una proporción mayor (66.0%) de tallos ubicados en alguna de las categorías de uso potencial.

Tabla 12. Proporción (porcentaje) de plantas de *Croton septemnervus* con distinto número de tallos por sitio.

Sitio	Categoría de número de tallos							N total
	1	2	3	4	5	6	7	
HU	71.8	23.7	4.4	0	0	0	0	135
CE2	77.1	14.9	7.0	0	0	0	0	127
CC	94.7	4.8	0.4	0	0	0	0	249
CA2	13.3	53.3	13.3	13.3	6.7	0	0	15
PI	80.0	2.0	0	0	0	0	0	20
SA2	42.1	24.2	13.6	7.2	6.7	3	3	330
EL	93.5	5.0	0.9	0.5	0	0	0	218
EN	92.4	6.8	0.8	0	0	0	0	132
CH	82.6	12.3	4.9	0	0	0	0	121
Promedio	75.2	14.1	5.3	2.0	1.7	0.74	0.74	
D.E.	24.3	13.8	4.8	2.9	2.9	1.2	0.91	

Tabla 13. Proporciones (porcentajes) de plantas de *Croton amosanus* con distinto número de tallos por sitio.

Sitio	Categoría de número de tallos						N total
	1	2	3	4	5	6	
TB	24.3	37.8	12.1	4.0	0	0	74
CA2	43.7	31.0	15.3	5.5	3.4	0.8	580
P1	22.6	41.1	17.7	10.3	5.7	2.4	367
SA2	42.8	42.8	14.2	0	0	0	7
EL	94.7	0	5.3	0	0	0	19
Promedio	35.9	34.6	16.4	7.5	4.2	1.3	
D.E.	26.1	15.8	5.4	5.1	2.3	0.9	

Tabla 14. Proporciones (porcentajes) de plantas de *Croton watsonii* con distinto número de tallos por sitio.

Sitio	Categoría de número de tallos							N total
	1	2	3	4	5	6	7	
CE2	16.7	22.4	16.3	15.3	2.0	5.1	2.0	98
EL	85.7	4.8	4.8	4.8	0	0	0	21
Promedio	45.4	19.3	14.3	13.4	4.2	4.2	1.7	
D.E.	34.5	8.8	5.8	5.3	1.0	2.5	1.0	

Tabla 15. Proporciones (porcentajes) de plantas de *Croton reflexifolius* con distinto número de tallos por sitio.

Sitio	Categoría de número de tallos				N total
	1	2	3	4	
PG	30	10	30	30	10

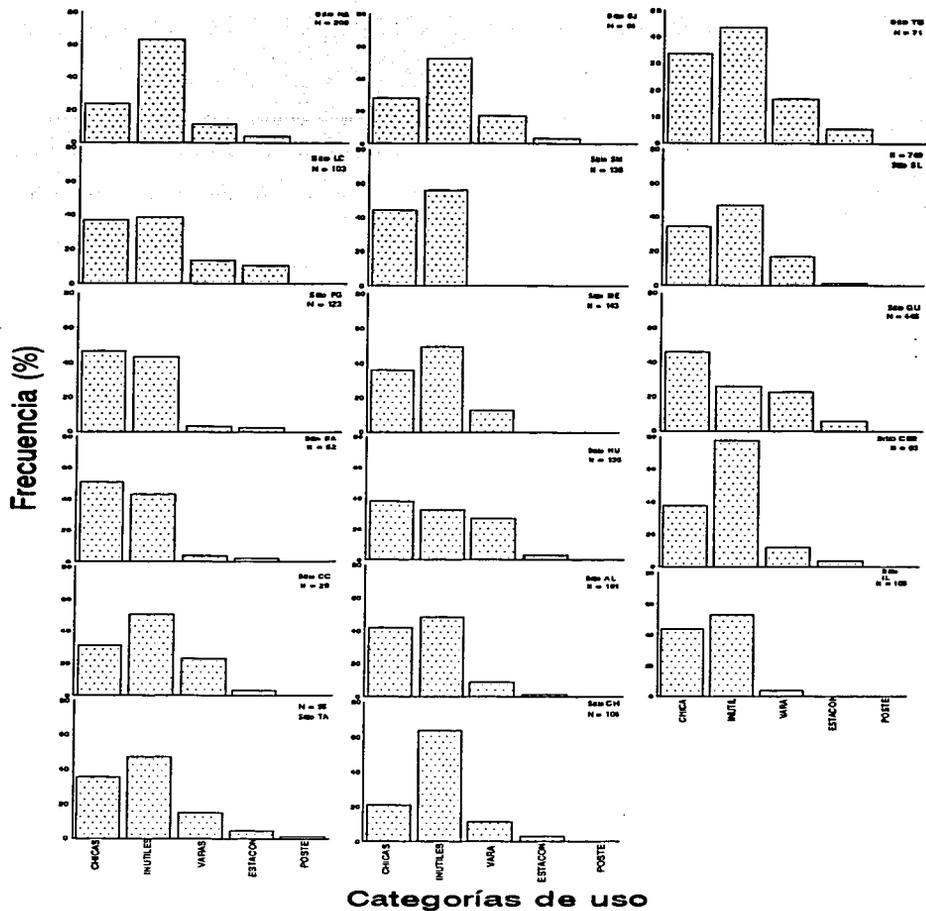


Fig. 22. Distribución de frecuencias de las categorías de uso potencial de los tallos de *Croton flavescens* por sitio. Abreviaturas como en la Tabla 2.

Frecuencia (%)

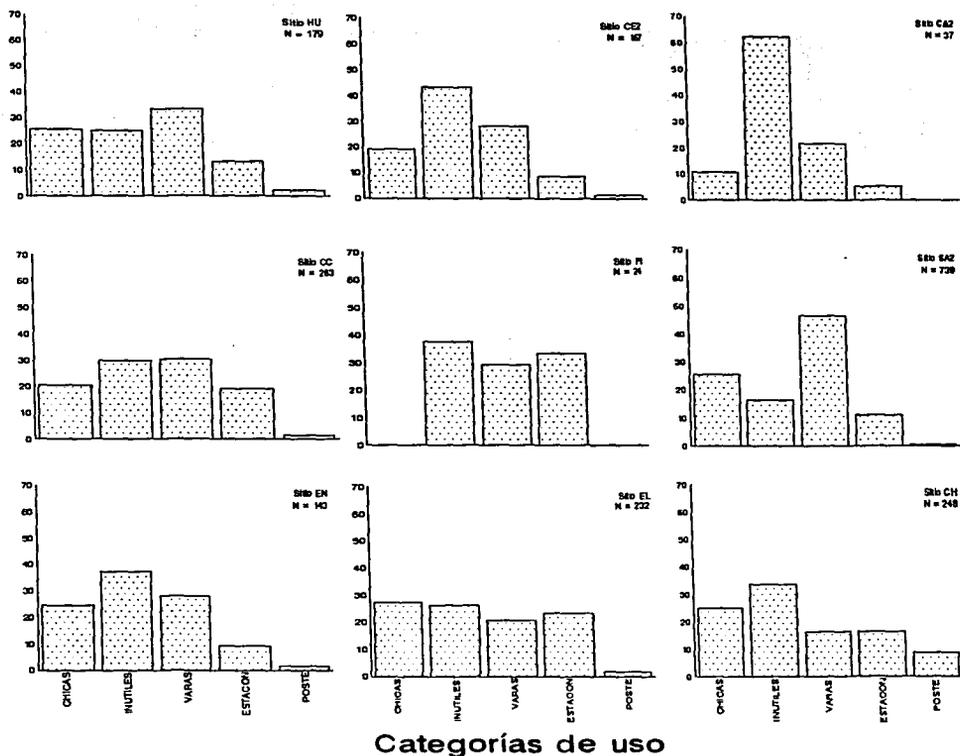


Fig. 23. Distribución de frecuencias de las categorías de uso potencial de los tallos de *Croton septemnerivus* por sitio. Las descripciones de las categorías se presentan en el capítulo de métodos. Abreviaturas como en la Tabla 2.

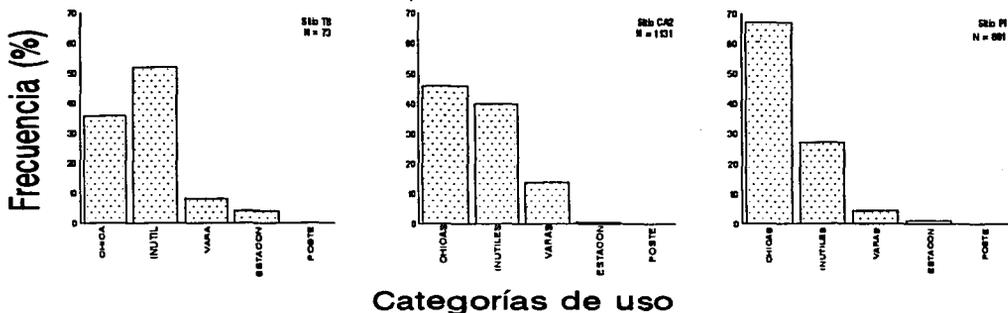


Fig. 24. Distribución de frecuencias de las categorías de uso potencial de los tallos de *Croton alamosanus* en tres sitios de muestreo en el estado de Sinaloa. Abreviaturas como en la Tabla 2.

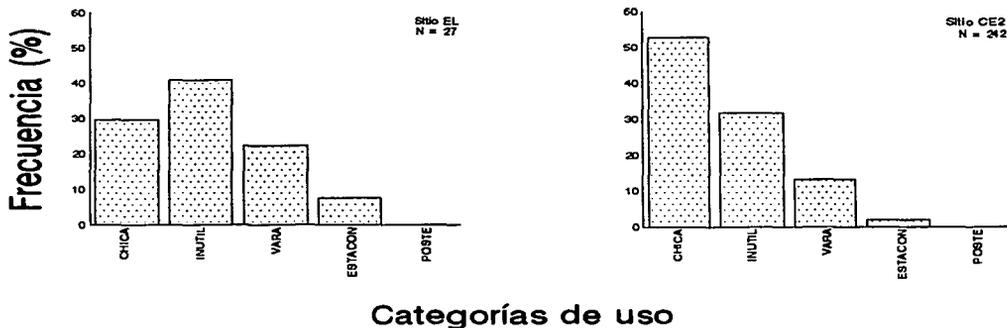


Fig. 25. Distribución de frecuencias de las categorías de uso potencial de los tallos de *Croton watsonii* en dos sitios de muestreo en el estado de Sinaloa. Abreviaturas como en la Tabla 2.

4.5. Influencia del ambiente en la distribución y abundancia de las especies de vara blanca

Una de las preguntas fundamentales a resolver en esta investigación era bajo qué condiciones ambientales se desarrollan las especies de vara blanca. A continuación se presentan los resultados de los distintos análisis realizados para responder a esta pregunta.

4.5.1. Caracterización edáfica de los sitios de muestreo

La Tabla 16 muestra las características químicas de los suelos en los 35 sitios de muestreo. Es notable la variabilidad de estas características entre sitios. El pH tuvo sus valores más altos (7.9 y 8.0, indicando suelos medianamente alcalinos) en Sinaloa de Leyva (SL), mientras que en Copala (CO) se registraron suelos extremadamente ácidos (3.9 y 4.1). Con relación al fósforo, se encontraron desde suelos muy pobres con 3.3. kg ha⁻¹ en San Antonio (SN), hasta muy ricos en Sinaloa de Leyva, con 179.5 kg ha⁻¹. La variación del potasio tuvo un intervalo de 30.2 kg ha⁻¹ en el suelo subsuperficial de Badiraguato (BA) a 1156 kg ha⁻¹ en Sinaloa de Leyva. El contenido de materia orgánica también fluctuó grandemente: el suelo de Ensenada (EN) fue rico en este componente (3.1%), mientras que los de La Llama (IL) y Copala fueron extremadamente pobres (0.03%). Igualmente, algunos sitios como La Tasajera (TA) y Santa Cruz de Alayá (AL) tuvieron suelos extremadamente pobres en nitrógeno (4.5 y 8.8 kg ha⁻¹, respectivamente), mientras que el suelo subsuperficial en El Rosario (ER) resultó ser medianamente rico en este elemento (89.1 kg ha⁻¹).

Otras características tuvieron poca variación entre los sitios. Por ejemplo, la conductividad eléctrica en los primeros 20 cm de profundidad nunca alcanzó más de 0.6 miliohm cm⁻¹, y de hecho todos los sitios de muestreo se ubicaron dentro de la categoría de no salinos.

Al igual que las características químicas, las propiedades físicas también mostraron grandes diferencias entre los sitios de muestreo. La Tabla 17 presenta los resultados de los análisis físicos de los suelos. Uno de los factores con mayor variación entre los sitios fue la textura; se registraron desde suelos superficiales arenosos como en Nacimiento (NA), con una proporción de arena de 86.4%, pasando por suelos francos como en Potrero de los Gastélum (PG), con 39.3% de arena, 28.3% de arcilla y 32.6% de limo, hasta suelos arcillosos como en Guamúchil 1 (GU1) donde la proporción de arcilla en los primeros 20 cm de profundidad fue de 44.7%. En comparación con la textura, la profundidad de los suelos fue relativamente constante; en la mayoría de los sitios la profundidad fluctuó alrededor de 30 a 40 cm, y sólo en un sitio el suelo rebasó la profundidad de 100 cm.

4.5.2. Grado de asociación entre las variables ambientales

En la Tabla 18 se muestran los resultados de la correlación entre 15 de las variables ambientales evaluadas para todos los sitios. En ella se observa que casi todos los factores tuvieron correlaciones

Tabla 16. Resultados de los análisis químicos de los suelos en los sitios de muestreo de vara blanca (*Croton* spp.) en Sinaloa.

Sit	Prof. (cm)	pH	M.O. (%)	P			N			K			Ca	Mg	Cl	Na	HCO ₃	C.E. Ω cm ⁻¹
				(kg ha ⁻¹)			(kg ha ⁻¹)			(mg l ⁻¹)								
NA	0-15	6.0	1.1	32.7	41.8	102.1	6.8	21.2	3.8	0.9	2.0	0.6						
	15-30	5.3	1.0	49.0	22.5	112.5	2.4	0.1	3.8	1.4	2.0	0.1						
BJ	0-17	5.6	1.4	26.2	25.7	105.3	3.8	14.2	3.8	0.6	2.0	0.3						
	17-35	5.7	0.9	128.5	30.6	37.7	4.0	6.0	3.5	1.0	3.0	0.2						
MH	0-20	6.8	2.9	12.7	23.7	278.7	3.8	18.7	3.0	1.0	2.5	0.4						
	20-30	6.8	0.3	16.7	32.6	497.5	3.8	2.7	3.3	1.0	3.0	0.4						
SM	0-20	5.2	1.4	30.0	15.0	52.0	2.0	5.5	2.5	0.9	1.0	0.2						
	0-20	6.4	1.0	17.5	13.3	20.8	6.0	8.5	2.0	1.6	1.5	0.5						
LC	20-40	6.6	0.3	40.6	24.8	72.5	11.0	18.4	5.0	2.4	2.0	3.0						
	40-50	6.6	1.1	28.4	20.0	155.4	19.6	47.4	3.3	3.0	2.5	0.5						
	0-20	5.7	2.8	37.1	25.3	369.2	3.4	12.1	3.8	1.0	1.3	0.4						
	20-30	5.1	2.6	32.4	20.3	298.1	4.4	13.1	2.5	1.3	1.5	0.4						
SL	0-20	7.9	2.0	179.5	52.0	1156.0	4.0	1.0	6.5	1.2	2.5	0.4						
	20-40	8.0	0.3	35.2	48.8	1180.0	2.5	2.5	7.0	1.3	5.0	0.4						
ME	0-20	6.1	1.2	45.4	35.0	52.0	3.5	3.0	3.2	0.9	2.0	0.3						
	20-40	6.2	0.8	42.3	32.4	57.6	2.9	2.1	3.0	1.1	1.8	0.4						
PG	0-20	6.0	1.2	50.9	23.1	49.8	3.0	4.0	3.8	0.6	1.5	0.2						
	20-40	5.7	1.1	20.9	11.5	53.3	2.4	1.6	2.5	1.0	0.5	0.2						
	40-80	5.7	0.9	13.1	7.9	76.7	4.0	3.0	2.5	1.0	1.0	0.2						
	80-100	5.9	0.6	12.2	8.5	91.4	4.0	2.0	2.5	1.0	1.0	0.2						
100-110	5.7	0.7	22.4	13.6	70.0	5.0	3.1	3.8	0.9	2.0	0.2							
	0-20	5.9	2.0	3.8	18.3	265.2	2.0	1.5	5.0	1.4	2.5	0.2						
GU2	0-40	6.3	1.4	171.1	16.2	253.4	4.0	1.0	4.3	1.4	3.0	0.4						
	0-20	6.8	1.5	13.4	14.3	525.7	2.0	0.5	4.5	1.5	3.5	0.2						
GU1	20-40	6.5	0.9	29.1	16.4	102.4	1.5	1.0	5.0	2.2	3.0	0.2						
	0-20	5.2	2.3	35.4	17.3	30.2	4.0	2.5	2.5	0.9	1.5	0.2						
BA	20-35	5.5	1.9	8.2	5.2	54.3	4.0	1.0	3.0	1.3	1.5	0.2						
	0-20	6.9	1.2	46.6	7.8	452.9	2.0	1.0	5.0	1.4	3.5	0.2						
CA1	20-40	7.4	0.6	174.2	11.8	190.5	1.5	2.5	5.0	1.4	2.5	0.2						
	40-55	7.4	0.6	178.9	10.7	313.2	1.5	2.5	7.5	1.8	5.0	0.2						
CA2	0-20	6.6	1.7	10.6	14.2	276.8	1.5	2.5	3.8	2.2	3.0	0.2						
	20-35	7.0	0.7	4.1	11.0	80.2	1.5	2.5	5.0	2.6	2.5	0.2						
HU	0-20	6.8	1.4	68.5	29.8	744.3	2.0	0.5	5.8	0.1	2.5	0.2						
	20-40	6.6	0.3	85.3	55.0	414.7	1.0	1.0	5.0	1.2	2.0	0.2						
40-60	6.4	0.6	98.3	23.1	84.3	5.5	0.5	5.0	1.3	2.0	0.2							
	0-20	6.0	2.3	2.2	11.8	490.0	3.0	2.0	6.0	0.6	2.5	0.5						
CE	20-40	5.5	0.5	2.3	16.0	328.8	1.5	2.5	5.0	1.0	4.5	0.2						
	0-20	5.8	2.7	3.6	40.2	248.7	4.0	6.0	3.3	2.2	1.0	0.7						
CC	20-35	5.6	1.0	2.1	32.5	96.3	6.0	14.0	12.0	3.0	1.0	1.3						
	0-20	5.9	2.5	6.0	12.0	77.7	4.0	4.5	3.8	1.7	0.5	0.4						
PI	20-40	6.6	0.6	2.2	4.4	55.5	3.2	4.3	6.8	3.9	1.0	0.6						
	40-60	6.9	1.2	23.3	6.5	34.9	6.2	9.0	17.5	1.7	1.0	1.6						
IL	0-12	5.9	0.3	61.2	38.8	89.2	2.0	0.4	4.5	0.5	1.0	0.4						
	12-17	6.1	0.3	54.6	7.1	88.6	1.0	0.4	2.8	0.3	1.4	0.1						

(Continúa)

Tabla 16. Continuación.

Sit	Prof. (cm)	pH	M.O. (%)	P			Ca	Mg	Cl	Na	HCO ₃	C.E. Ω cm ⁻¹
				N	K	(kg ha ⁻¹)						
AL	0-20	6.6	1.1	58.0	8.8	21.0	2.8	3.6	3.3	1.7	1.2	0.5
	20-40	5.9	0.6	14.0	48.9	14.6	1.6	7.4	5.5	1.0	1.6	1.8
	40-60	7.3	0.2	9.7	18.2	30.3	2.0	2.4	3.3	1.0	4.4	0.4
SA	0-20	7.1	1.5	30.2	43.3	120.2	3.0	1.5	4.6	1.2	2.0	0.2
	20-40	7.0	1.3	45.0	40.2	102.3	3.1	1.4	5.1	1.1	2.2	0.3
EL	0-20	6.7	1.0	15.7	25.1	183.3	1.5	2.0	5.0	0.7	3.0	0.2
	20-40	6.8	0.6	52.4	34.2	120.2	1.5	1.0	5.8	1.0	4.0	0.2
	40-60	7.1	0.5	23.5	19.0	146.8	1.5	1.5	5.8	0.8	4.0	0.2
EN	0-20	7.0	3.1	126.7	16.8	412.5	3.5	3.0	5.5	0.9	3.0	0.4
	20-40	6.7	0.9	147.0	13.9	425.8	2.0	7.0	7.3	0.9	2.5	0.2
PL	0-20	7.1	2.6	10.1	18.9	757.8	5.5	2.5	7.0	1.0	3.0	0.5
	20-40	6.8	1.3	4.1	16.5	561.4	2.0	1.0	5.5	1.3	2.0	0.2
	40-60	6.8	1.7	2.5	10.5	376.4	3.0	2.0	7.5	1.2	2.0	0.2
TA	0-20	6.7	1.7	47.4	4.5	592.3	3.5	1.0	5.0	0.4	2.5	0.2
	20-40	7.1	1.1	179.3	3.0	330.0	2.0	3.5	5.0	0.2	2.0	0.2
CH	0-20	7.1	2.0	21.7	16.7	630.8	3.5	2.5	6.3	1.2	3.5	0.4
	20-30	7.2	2.3	60.9	8.5	538.2	1.5	2.5	6.5	1.0	4.0	0.4
BR	0-20	7.5	1.1	9.12	73.0	118.7	3.4	0.6	4.5	1.1	0.6	0.4
	20-30	7.6	0.4	9.7	89.1	70.4	3.4	0.8	4.8	1.1	3.6	0.3
CO	0-20	3.9	0.3	3.5	48.2	19.6	1.8	2.2	3.8	1.0	0.6	0.5
	20-30	3.9	0.3	72.2	6.8	19.0	0.8	0.2	1.8	1.0	1.0	0.1
	30-40	4.1	1.0	71.4	5.3	9.4	0.6	0.1	2.3	0.8	0.6	0.1
OJ	0-40	5.7	2.9	10.0	13.5	516.6	2.5	2.5	5.8	1.5	3.0	0.4
	20-40	5.5	1.8	10.0	21.9	302.5	2.0	3.5	1.0	1.6	5.0	0.2
MA	0-20	5.0	1.7	3.9	10.4	189.9	1.5	2.5	5.0	1.5	2.5	0.2
	20-35	4.9	1.4	10.0	15.4	32.1	3.0	2.0	5.0	1.1	5.0	0.2
SN	0-20	5.9	1.9	3.3	20.2	288.7	3.0	2.0	5.8	0.7	5.0	0.5
	20-30	6.0	1.1	2.1	25.1	365.5	3.0	2.0	5.8	0.9	3.5	0.5
TE	0-20	5.9	2.1	5.9	59.0	184.5	2.5	3.0	0	0.5	2.0	0.2
	20-40	6.0	1.1	5.7	19.1	592.4	2.5	3.0	0	0.6	2.5	0.2
HI	0-20	5.3	2.0	6.0	8.1	392.1	3.0	2.5	6.3	1.4	2.5	0.4
	20-40	5.4	1.7	5.2	10.5	136.5	2.0	2.5	0	1.2	2.0	0.2
	40-50	5.3	1.2	5.4	6.5	121.3	2.0	3.2	0	0.5	2.0	1.8

Sit - Sitio

Prof - Profundidad

M.O. - Materia Orgánica

C.E. - Conductividad eléctrica

Ω - Miliohm

Tabla 17. Características físicas de los suelos muestreados.

Sit	Prof (cm)	D.A.	Color						Textura			C
			seco			húmedo			arena	arcilla	limo	
			M	V	I	M	V	I				
NA	00-15	2.27	10YR	5	3	5YR	4	2	86.44	9.00	4.56	12
	15-30	2.50	10YR	5	3	5YR	5	4	86.44	9.00	4.56	12
BJ	00-17	2.34	10YR	6	4	7.5YR	4	2	84.44	15.00	0.56	11
	17-35	2.51	10YR	6	3	10YR	4	6	90.44	9.00	0.56	12
MH	00-20	1.77	10YR	4	2	7.5YR	5	4	62.44	21.00	16.56	7
	20-30	1.99	10YR	5	1	10YR	3	4	60.44	23.00	16.56	7
SM	00-20	2.10	10YR	6	3	5YR	3	4	48.44	21.50	30.00	8
TB	00-20	2.08	5YR	4	2	2.5YR	2	4	61.72	17.00	21.28	7
	20-40	2.07	5YR	4	2	2.5YR	2	4	62.44	21.00	16.56	6
	40-50	2.22	10YR	4	3	7.5YR	5	8	64.44	23.00	12.56	6
LC	00-20	2.11	7.5YR	5	3	2.5YR	3	3	68.44	15.00	16.56	7
	20-30	2.25	7.5YR	5	3	5YR	3	4	68.44	17.00	14.56	7
SL	00-20	2.24	5YR	3	4	2.5YR	3	4	63.88	18.84	17.28	7
	20-40	2.29	5YR	3	4	2.5YR	3	4	59.16	18.28	22.56	7
ME	00-20	2.10	10YR	5	3	7.5YR	4	4	54.13	23.10	22.77	6
	20-40	2.07	10YR	5	4	7.5YR	4	3	50.10	22.55	27.75	6
PG	00-20	2.18	5YR	5	2	5YR	3	3	39.16	28.28	32.56	8
	20-40	1.98	7.5YR	6	3	5YR	3	4	43.16	27.56	29.28	4
	40-80	2.12	5YR	5	2	5YR	3	4	45.16	27.56	27.28	4
	80-100	2.02	7.5YR	6	3	5YR	3	6	79.16	11.56	9.28	7
	100-110	2.00	5YR	6	3	5YR	3	6	77.16	11.56	11.28	7
GU2	00-20	2.12	7.5YR	4	4	5YR	4	4	53.16	22.28	24.56	6
	20-40	2.25	7.5YR	5	4	5YR	4	4	53.16	22.28	24.56	6
GU1	00-20	2.23	5YR	3	3	2.5YR	4	4	33.16	44.28	22.56	1
	20-40	2.27	5YR	3	3	2.5YR	3	4	41.16	34.28	24.56	4
BA	00-20	2.01	7.5YR	7	6	5YR	5	3	57.16	19.56	23.28	7
	20-35	2.17	7.5YR	7	6	5YR	5	4	57.16	12.28	30.56	7
CA1	00-20	2.15	7.5YR	3	3	2.5YR	3	4	37.72	31.00	31.28	4
	20-40	2.27	5.5YR	3	3	2.5YR	3	4	49.72	21.00	29.28	8
CA2	00-20	2.21	7.5YR	4	2	5YR	4	4	43.16	24.28	32.56	8
	20-35	2.29	7.5YR	4	2	5YR	4	6	33.16	36.28	30.56	4
HU	00-20	2.48	5YR	4	6	5YR	3	8	81.88	8.84	9.28	11
	20-40	2.36	5YR	4	4	5YR	3	8	77.88	10.84	11.28	7
	40-60	2.40	5YR	5	4	5YR	4	3	83.88	8.84	7.28	11
CB1	00-20	2.17	5YR	8	1	5YR	4	2	53.72	19.00	27.28	8
	20-35	2.34	10YR	8	2	5YR	3	4	41.72	25.00	33.28	8
CE2	00-20	2.17	5YR	8	1	5YR	4	2	53.72	19.00	27.28	8
	20-35	2.34	10YR	8	2	5YR	3	4	41.72	25.00	33.28	8
CC	00-20	1.99	7.5YR	5	4	2.5YR	3	2	38.44	29.56	32.00	8
	20-35	2.14	7.5YR	4	6	2.5YR	3	2	36.44	13.56	50.00	9
PI	00-20	2.22	5YR	4	1	5YR	3	1	32.44	44.28	23.28	1
	20-40	2.22	5YR	4	2	5YR	4	1	36.44	37.56	26.00	4
	40-60	2.33	10YR	3	3	10YR	4	2	28.44	49.56	22.00	1

(Continúa)

Continuación.

Sit	Prof (cm)	D.A.	Color						Textura			
			seco			húmedo			arena	arcilla	limo	C
			M	V	I	M	V	I				
IL	00-12	2.55	10YR	6	4	7.5YR	5	3	85.16	7.56	7.28	11
	12-17	2.53	10YR	6	4	7.5YR	5	3	92.44	7.56	0.00	12
AL	00-20	1.82	10YR	6	4	7.5YR	5	3	58.44	19.56	22.00	7
	20-40	1.94	10YR	3	3	5YR	3	3	68.44	21.56	10.00	6
	40-60	2.01	10YR	3	3	5YR	3	6	69.21	21.50	9.29	6
SAL	00-20	1.82	10YR	5	2	5YR	4	4	53.16	25.56	21.28	6
	20-40	1.95	10YR	5	4	5YR	5	3	51.16	25.56	23.28	6
SAL	00-20	1.82	10YR	5	2	5YR	4	4	53.16	25.56	21.28	6
	20-40	1.95	10YR	5	4	5YR	5	3	51.16	25.56	23.28	6
EL	00-20	2.61	5YR	4	2	7.5YR	4	6	59.16	11.56	29.28	7
	20-40	2.67	5YR	4	4	7.5YR	5	4	62.00	11.90	26.10	7
	40-60	2.79	10YR	5	6	7.5YR	5	6	61.22	12.24	26.54	7
EN	00-20	1.87	7.5YR	3	2	5YR	3	2	48.44	25.00	26.56	6
	20-40	1.93	7.5YR	3	2	5YR	3	2	48.44	25.00	26.56	6
PL	00-20	2.10	7.5YR	5	4	5YR	3	3	77.88	10.84	11.28	7
	20-40	2.29	7.5YR	5	4	5YR	4	3	77.88	12.84	9.28	7
	40-60	2.50	7.5YR	5	4	7.5YR	3	2	71.88	12.84	15.28	7
TA	00-20	2.41	10YR	4	4	2.5YR	3	3	57.88	10.84	31.28	7
	20-40	2.49	10YR	5	4	7.5YR	3	4	71.88	6.84	21.28	7
CH	00-20	1.94	7.5YR	5	4	10R	3	4	49.72	23.56	26.72	6
	20-35	2.01	7.5YR	4	6	10R	3	6	63.72	17.56	18.72	7
ER	00-20	1.90	10YR	3	3	7.5YR	3	3	65.16	13.56	21.28	7
	20-30	2.01	10YR	3	3	7.5YR	3	4	44.44	29.56	26.00	4
CO	00-20	1.96	10YR	6	8	5YR	4	4	38.44	25.56	36.00	8
	20-30	1.90	7.5YR	5	8	2.5YR	4	8	32.44	33.56	34.00	4
	30-40	1.88	5YR	6	8	10R	5	8	37.16	33.56	29.28	4
OJ	00-20	2.10	5YR	4	3	2.5YR	4	2	67.88	14.84	17.28	7
	20-40	2.28	5YR	5	3	7.5YR	3	4	65.88	22.84	11.28	6
MA	00-20	2.17	10YR	5	2	2.5YR	4	2	59.72	23.00	17.28	6
	20-35	2.17	10YR	6	2	10YR	4	4	51.72	31.00	17.28	6
AN	00-20	1.83	10YR	5	2	10YR	2	2	71.72	11.56	16.72	7
	20-30	2.08	10YR	6	1	10YR	2	2	71.72	11.56	16.72	7
TE	00-20	2.10	2.5YR	2	2	10YR	2	3	43.88	30.84	25.28	4
	20-40	2.28	5YR	4	3	10YR	2	2	45.88	32.84	21.28	6
HI	00-20	2.24	5YR	5	2	10YR	2	2	53.88	26.84	19.28	6
	20-40	2.18	5YR	7	1	5YR	3	3	43.88	38.84	17.28	4
	40-50	2.31	5YR	7	1	10YR	4	2	53.88	22.84	23.28	6

Notas: C - clase textural, de acuerdo a la siguiente clave:

1 - arcilla; 2 - arcilla limosa; 3 - arcilla arenosa; 4 - migajón arcilloso; 5 - migajón arcilloso limoso; 6 - migajón arcilloso arenoso; 7 - migajón arenoso; 8 - migajón; 9 - migajón limoso; 10 - limo; 11; arena migajosa; 12 - arena.

D.A. - Densidad aparente; M - Matiz; V - Valor; I - Intensidad; Sit - sitio

Tabla 18. Correlaciones entre las variables ambientales evaluadas en 35 sitios de muestreo de vara blanca (*Croton* spp.) en Sinaloa. En el renglón superior para cada variable se muestran los coeficientes de correlación, y en el inferior su nivel de significancia.

	LAT	ALT	PRE	T	T/P	pH	ARC	P	K	N	D.A.	M.O.	Ca	Mg	HCO ₃
Latitud															
(LAT)	--														
Altitud	.17														
(ALT)	.343	--													
Precipit.	-.51	.28													
(PRE)	.002	.099	--												
Temperatura	-.24	-.41	.12												
(T)	.161	.014	.477	--											
P/T	-.47	.35	.99	-.01											
	.004	.041	.000	.936	--										
pH	.11	-.41	-.67	.09	-.69										
	.530	.015	.000	.624	.000	--									
Arcilla	-.01	-.13	-.25	-.32	-.20	-.07									
(ARC)	.952	.451	.154	.059	.253	.679	--								
Fósforo	.23	-.09	-.27	-.04	-.27	.48	-.16								
(P)	.153	.641	.112	.807	.115	.003	.349	--							
Potasio	-.05	-.31	-.25	-.05	-.25	.51	-.11	.44							
(K)	.785	.073	.151	.763	.145	.002	.523	.010	--						
Nitrógeno	-.08	.15	.17	-.07	.17	.10	-.09	.10	-.17						
(N)	.628	.378	.317	.679	.336	.568	.594	.543	.324	--					
Densidad	-.08	-.08	-.09	.16	-.11	-.02	-.21	.20	.27	-.27					
aparente (DA)	.636	.649	.611	.355	.522	.920	.234	.261	.122	.112	--				
Materia orgánica (MO)	.03	-.11	-.22	-.19	-.21	.18	.11	.07	.47	-.39	-.08				
	.848	.543	.195	.264	.228	.297	.528	.700	.004	.021	.651	--			
Calcio	.36	.24	-.30	.07	-.31	.20	-.24	.09	.00	.16	-.18	.10			
(Ca)	.033	.166	.084	.699	.071	.250	.169	.582	.997	.364	.313	.571	--		
Magnesio	.33	.26	-.21	-.43	-.16	-.19	.13	-.22	-.37	-.17	-.37	.18	.34		
(Mg)	.052	.127	.217	.010	.366	.266	.439	.213	.029	.323	.030	.290	.043	--	
Bicarbonato	-.28	-.27	-.07	.28	-.12	.23	-.13	.01	.40	-.24	-.06	.13	-.15	-.19	
(HCO ₃)	.109	.112	.680	.108	.487	.180	.457	.991	.017	.158	.728	.464	.387	.278	

significativas con al menos una de las variables restantes.

La latitud y la precipitación están significativa pero negativamente correlacionadas, de modo que sitios ubicados más al norte reciben menor precipitación. A su vez, una de las correlaciones significativas y negativas más fuertes fue entre la precipitación y el pH, indicando que los suelos de sitios lluviosos son mucho más ácidos. Curiosamente, el pH y la latitud no estuvieron correlacionados, como podría esperarse a partir de los resultados anteriores. El pH también estuvo correlacionado positivamente con el fósforo y el potasio, es decir, estos elementos están más disponibles en suelos alcalinos. Estos nutrientes no estuvieron correlacionados significativamente con la precipitación, a pesar de que el pH sí lo está.

Como era de esperarse, la materia orgánica tuvo correlaciones significativas y positivas con el nitrógeno y con el potasio, indicando una mayor disponibilidad de estos elementos en sitios más ricos en materia orgánica; sin embargo, las concentraciones de estos dos elementos son independientes, ya que no estuvieron correlacionados entre sí. Tampoco se detectaron correlaciones significativas entre el contenido de materia orgánica y las concentraciones de otros elementos nutricionales.

La proporción de arcilla destaca entre las otras variables por que fue la única que no estuvo correlacionada significativamente con ningún otro factor ambiental (en realidad, su correlación con la temperatura fue casi significativa). De la Tabla 18 también se desprende que las correlaciones del índice de Lang (P/T) siguen el mismo patrón que las correlaciones de la precipitación con otras variables, siendo la única excepción la correlación con la altitud, variable que sí está correlacionada significativamente con la temperatura pero no con la precipitación.

4.5.3. Delimitación de tipos de hábitat por medio de la clasificación de los sitios de estudio

Con base en los factores ambientales que caracterizan los 35 sitios de muestreo, la clasificación permitió formar cinco grupos que se interpretaron como tipos de hábitat. Estos grupos representan una aproximación al conjunto de condiciones del medio físico en el que se desarrollan preferencialmente las especies de vara blanca. El dendrograma de clasificación resultante a partir del método de Wards se muestra en la Figura 26. Asimismo, la Tabla 19 incluye los grupos así definidos y su descripción basada en las variables ambientales en los sitios que los forman.

El Grupo I se compone de seis sitios que son: La Higuera (HI), Matatán (MA), San Antonio (SN), Ojitos (OJ), Terreros (TE) y Copala (CO). Este grupo es el más compacto geográficamente y se conforma por sitios distribuidos en los tres niveles altitudinales de la porción más sureña de Sinaloa (Fig. 27). En ninguno de los sitios que lo conforman se encontró alguna especie de *Croton*. Este grupo se caracterizó por tener el promedio más alto de las precipitaciones anuales (1113 mm) y también el mayor valor del Índice de Lang (44.9). Los suelos en este grupo son muy ácidos (pH promedio = 5.3), y pobres en fósforo (concentración promedio = 5.4 kg ha⁻¹) y en calcio (promedio = 2.3 meq l⁻¹).

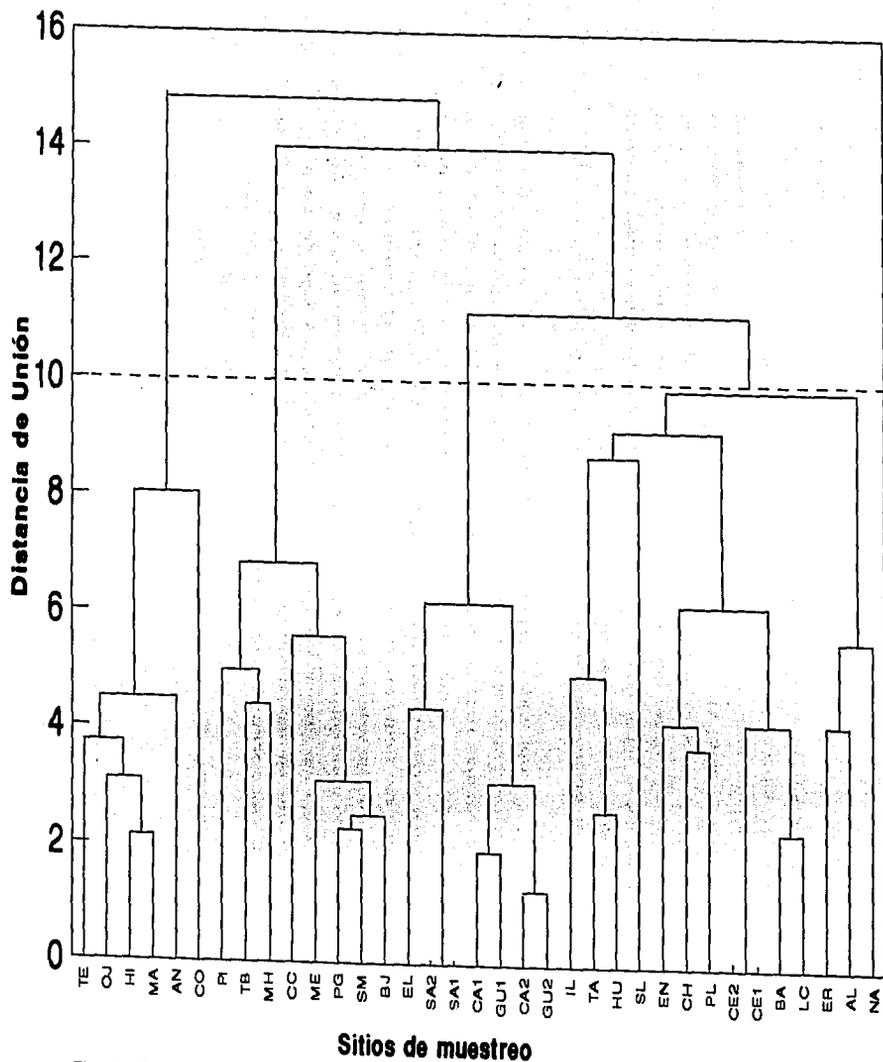


Fig. 26. Dendrograma obtenido a partir de la clasificación politética aglomerativa usando el método de Wards, de 35 sitios de muestreo en el estado de Sinaloa, basado en sus características ambientales.

Tabla 19. Distribución geográfica, características ambientales y riqueza de especies de vara blanca (*Croton* spp.) en los grupos formados por la clasificación. min = valor mínimo, máx = valor máximo, prom = valor promedio entre los sitios de cada grupo.

Característica	Grupos					
	I	II	III	IV	V	
N	6	8	7	11	3	
<i>Distribución geográfica</i>						
Lat (°)	min	22.7	24.6	24.1	23.7	23.0
	máx	23.4	26.5	25.4	26.0	26.8
	prom	22.9	25.7	24.8	24.7	24.8
Alt (m)	min	25.0	40.0	20.0	25.0	40.0
	máx	310.0	700.0	120.0	400.0	290.0
	prom	179.0	326.0	44.0	197.0	186.0
<i>Clima</i>						
Prec (mm)	min	922.0	435.0	559.0	444.0	744.0
	máx	1561.0	863.0	622.0	983.0	992.0
	prom	1113.0	662.0	583.0	784.0	845.0
T (°C)	min	23.9	22.7	24.2	23.0	25.5
	máx	25.2	25.0	25.6	25.4	26.1
	pro	24.9	23.6	24.9	24.6	25.8
P/T	min	38.9	17.6	22.7	18.8	9.0
	máx	65.3	35.2	26.3	40.5	38.9
	prom	44.9	28.2	23.4	31.9	32.9
<i>Factores edáficos físicos</i>						
Arcilla (%)	min	11.6	9.0	11.6	7.6	9.0
	máx	19.3	44.8	44.3	29.6	19.6
	prom	22.1	25.6	26.4	16.2	14.0
D.A.	min	1.83	1.76	2.10	1.87	1.82
	máx	2.28	2.34	2.22	2.54	2.27
	prom	2.10	2.08	2.12	2.18	2.00
<i>Factores edáficos químicos</i>						
P ₂ O ₅ (Kg ha ⁻¹)	min	3.3	3.6	3.8	2.8	9.1
	máx	10.0	50.9	58.0	179.6	32.7
	prom	5.4	24.1	27.5	53.8	20.7
K ₂ O ₅ (Kg ha ⁻¹)	min	19.6	20.8	21.0	30.2	63.7
	máx	392.2	278.7	525.8	744.0	118.8
	prom	229.6	110.6	254.6	523.0	94.8

Continúa.

Tabla 19. Continuación.

Característica		Grupos				
		I	II	III	IV	V
NNO	min	8.1	12.0	7.8	4.4	41.8
	máx	59.0	40.2	43.3	52.1	85.9
	prom	28.0	23.5	23.7	22.2	66.9
pH	min	3.9	5.2	5.9	5.2	5.9
	máx	5.9	6.8	6.9	7.9	7.5
	prom	5.3	6.0	6.7	6.5	6.5
M.O. (%)	min	0.3	1.0	1.1	0.2	0.3
	máx	2.1	2.9	2.0	3.1	1.1
	prom	1.6	1.8	1.5	2.2	0.8
Ca (meq l ⁻¹)	min	1.5	2.0	1.5	2.0	3.4
	máx	3.0	6.0	2.8	5.5	6.8
	prom	2.3	3.8	2.3	3.4	4.8
Mg (meq l ⁻¹)	min	2.0	4.0	0.5	0	0.6
	máx	3.5	18.7	3.6	12.1	21.2
	prom	2.6	5.5	1.7	1.7	1.7
HCO ₃ (meq l ⁻¹)	min	0.6	0.5	1.2	1.0	0.6
	máx	5.0	2.5	3.5	3.0	3.4
	prom	2.9	1.5	2.8	2.3	2.0
Cl (meq l ⁻¹)	min	3.0	2.0	3.3	2.5	3.8
	máx	6.3	3.8	5.0	7.0	4.5
	prom	4.5	3.2	4.6	5.3	3.9
Na (meq l ⁻¹)	min	0.5	0.6	1.4	0	0.6
	máx	1.5	2.2	2.2	1.2	1.2
	prom	1.1	1.2	1.4	1.8	0.9
C.E. (Ω cm ⁻²)	min	0.18	0.18	0.18	0.18	0.38
	máx	0.48	0.72	0.45	0.54	0.63
	prom	0.36	0.38	0.20	0.37	0.50
		Riqueza de especies de <i>Croton spp.</i>				
S		0	4	4	3	1

Lat = latitud, Alt = altitud, Prec = precipitación, T (°C) = temperatura, P/T = Índice de Lang (cociente precipitación/temperatura), M.O. = materia orgánica, C.E. = conductividad eléctrica, D.A. = Densidad aparente, S = Número de especies.

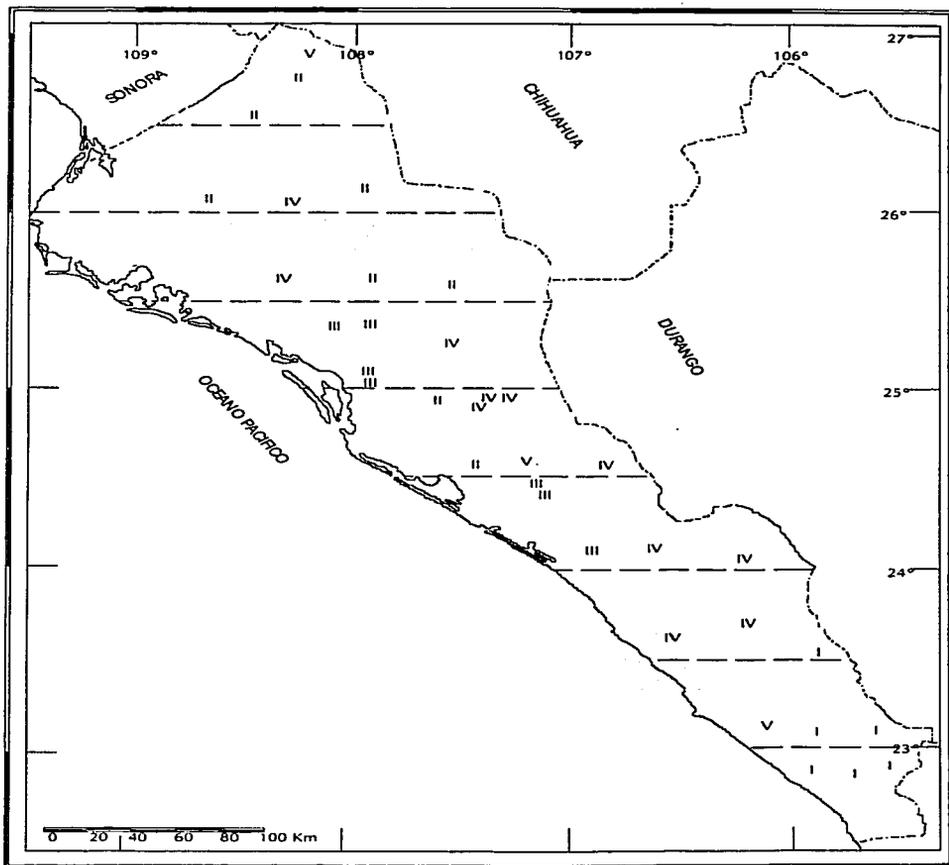


Fig. 27. Distribución geográfica de los grupos de sitios de muestreo, de acuerdo a la clasificación por el método de Wards.

Otras variables como el sodio y la conductividad eléctrica también tuvieron los valores más bajos en este grupo (Tabla 19).

El Grupo II lo conforman ocho sitios: Bajisori (BJ), Miguel Hidalgo (MH), Tablones (TB), Santa Magdalena (SM), Potrero de los Gastélum (PG), Mezquite (ME), Cerro de la Chiva (CC) y La Piedrera (PI). Este grupo se distribuye geográficamente desde la parte central del estado (24°41' N) hasta su límite norte (26°40' N; Fig. 27). Los sitios que lo conforman se distribuyen en los tres niveles altitudinales, aunque su promedio de altitud es el más alto (326 m). Si bien su promedio de precipitación anual (662 mm) no fue el más bajo, a este grupo pertenecen sitios con baja precipitación anual, incluyendo Tablones (TB), que es el sitio menos lluvioso entre todos los sitios muestreados (435 mm). A este grupo correspondió el promedio más bajo de temperatura media anual (23.6°C). A este grupo pertenecen sitios con suelos desde medianamente ricos en fósforo (50.9 kg ha⁻¹), hasta extremadamente pobres (3.6 kg ha⁻¹); en general, los suelos son medianamente ricos en nitrógeno, aunque algunos tienen deficiencias de este nutriente; el pH varía desde fuertemente ácido hasta neutro. La textura también fue variable dentro del grupo, presentándose tanto suelos arcillosos (La Piedrera) como arenosos (Bajisori). En sitios pertenecientes a este grupo se localizaron cuatro de las cinco especies de *Croton*, y éste es uno de los grupos en los que *Croton flavescens* aparece con una frecuencia muy alta (Tabla 20).

El Grupo III se compone de siete sitios. Éstos son La Cruz de Elota (EL), El Salado 1 (SA1), El Salado 2 (SA2), Caimanero 1 (CA1), Caimanero 2 (CA2), Guamúchil 1 (GU1) y Guamúchil 2 (GU2). La distribución geográfica de estas localidades se concentra en la parte central de Sinaloa (Fig. 26), entre las latitudes 24°02' y 25°25' N, y todas ellas se restringen al primer nivel altitudinal, estando el sitio más alto a 120 m s.n.m. A este grupo corresponde el promedio de precipitación media anual más bajo de todos los grupos (583 mm); además, el intervalo de valores de precipitación anual es pequeño, desde 559 mm anuales en Guamúchil hasta 622 mm en La Cruz de Elota. Las temperaturas anuales promedio de los sitios de este grupo son muy cálidas (24.9°C), y el Índice de Lang tuvo el valor promedio más bajo de todos los grupos (23.4). Los suelos de los sitios de este grupo son muy variables. El contenido de fósforo asimilable fluctuó entre 3.8 kg ha⁻¹ en sitios muy pobres hasta 58 kg ha⁻¹ en sitios ricos en este nutriente; lo mismo sucede con el potasio. Con excepción de los sitios El Salado 1 y El Salado 2, donde el suelo fue medianamente rico en nitrógeno, los demás suelos son pobres o extremadamente pobres en este nutriente. El pH tendió a la neutralidad (promedio = 6.7), y el tipo textural varió desde migajón arenoso hasta arcilla. En cuatro de los siete sitios que conforman este grupo se encontraron individuos de *Croton alamosanus* (Tabla 20). Al igual que el Grupo II, éste fue uno de los que incluyeron el mayor número de especies de vara blanca (cuatro cada uno; Tabla 20).

El Grupo IV es el más grande pues incluye 11 sitios: Los Chinos (LC), Sinaloa de Leyva (SL), Badiraguato (BA), Cerrito 1 (CE1), Cerrito 2 (CE2), La Llama (LL), Ensenada (EN), La Tasajera (TA),

Tabla 20. Frecuencia de aparición (y densidades mínimas y máximas) de las especies de vara blanca *Croton* spp. por grupo de acuerdo con la clasificación de los sitios de muestreo.

Grupo	Especie				
	<i>Croton flavescens</i>	<i>Croton septemnerivius</i>	<i>Croton alamosanus</i>	<i>Croton reflexifolius</i>	<i>Croton watsonii</i>
I	0	0	0	0	0
II	7/8 (88-1111)	2/8 (118-224)	2/8 (822-4078)	1/8 (111)	0
III	3/7 (150-2967)	5/7 (166-3667)	4/7 (77-6444)	0	1/7 (233)
IV	10/11 (77.8-3267)	5/11 (1344-1500)	0	0	2/11 (1088-1578)
V	2/3 (1500-1544)	0	0	0	0

Chinacate (CH), La Huerta (HU) y Platanar (PL). Se distribuye desde los 23°42' hasta los 26°02' N en los tres niveles altitudinales, e incluye al sitio más sureño donde se registró alguna especie de *Croton* durante el muestreo. Aunque el grupo ocupó el tercer lugar respecto al promedio de precipitación (784 mm), a él pertenece uno de los sitios que recibe menor cantidad de lluvia al año (Sinaloa de Leyva, 444 mm). La media de las temperaturas promedio anuales fue de 24.6°C. Los suelos de este grupo también son muy variables, lo cual se ejemplifica por el fósforo, el potasio y el nitrógeno, pues el grupo contiene desde sitios muy pobres hasta muy ricos para estos elementos. En 10 de los 11 sitios se encontró *Croton flavescens*, aunque con densidades muy variables entre los sitios. *Croton septemnervius* fue registrada en cinco localidades.

El Grupo V está formado por los sitios Nacimiento (NA), Santa Cruz de Alayá (AL) y El Rosario (ER). Aunque sólo se conformó por tres sitios, es el más disperso geográficamente, ya que se distribuye desde los 23°01' hasta los 26°50' N, y en los dos primeros niveles altitudinales. Después del Grupo I, éste es el que tuvo el mayor promedio de precipitación media anual (845 mm), así como el promedio más alto de temperaturas medias anuales (25.8°C). Este grupo contiene sitios con suelos desde pobres hasta medianamente ricos en fósforo; sin embargo, son mucho más constantes respecto al contenido de nitrógeno, ya que los suelos son ricos o medianamente ricos, siendo este grupo donde se tuvo la mayor concentración de este nutriente. En contraste, a él correspondió la concentración promedio más baja de potasio, con sitios pobres y extremadamente pobres. En este grupo se encontró sólo una especie de vara blanca, *Croton flavescens*, pero sólo en dos sitios, ya que en el tercero (El Rosario), no apareció ninguna especie de este género; por cierto, este último sitio se localiza muy cerca de las localidades del Grupo I, en las cuales tampoco se encontró ninguna especie de vara blanca.

4.5.4. Ordenación de los sitios de muestreo

En la ordenación de los sitios de muestreo realizada con el método de componentes principales se obtuvieron cuatro ejes (componentes), aunque aquí sólo se muestra la gráfica del Eje 1 contra el Eje 2 (Fig. 28). El primer eje sólo explicó 20.2% de la variación global de los valores de los factores ambientales, mientras que los ejes subsecuentes explicaron 16.5% (Eje 2), 12.5% (Eje 3) y 10.4% (Eje 4). Es decir, estos ejes en conjunto explican un poco menos del 60% de la variabilidad total de los valores de los factores del medio físico.

Casi dos terceras partes de las correlaciones entre las posiciones en los ejes de ordenación y las variables ambientales no fueron significativas (Tabla 21). El Eje 1 estuvo correlacionado significativamente con 7 de las 15 variables. La correlación más fuerte se obtuvo con la elevación (coeficiente de -0.70), y ésta estuvo seguida de dos correlaciones también negativas: con el Índice de Lang y con la precipitación (coeficientes de -0.55 y -0.50, respectivamente). Las correlaciones significativas y positivas más altas fueron con el pH y con el potasio (ambas con coeficientes de 0.60).

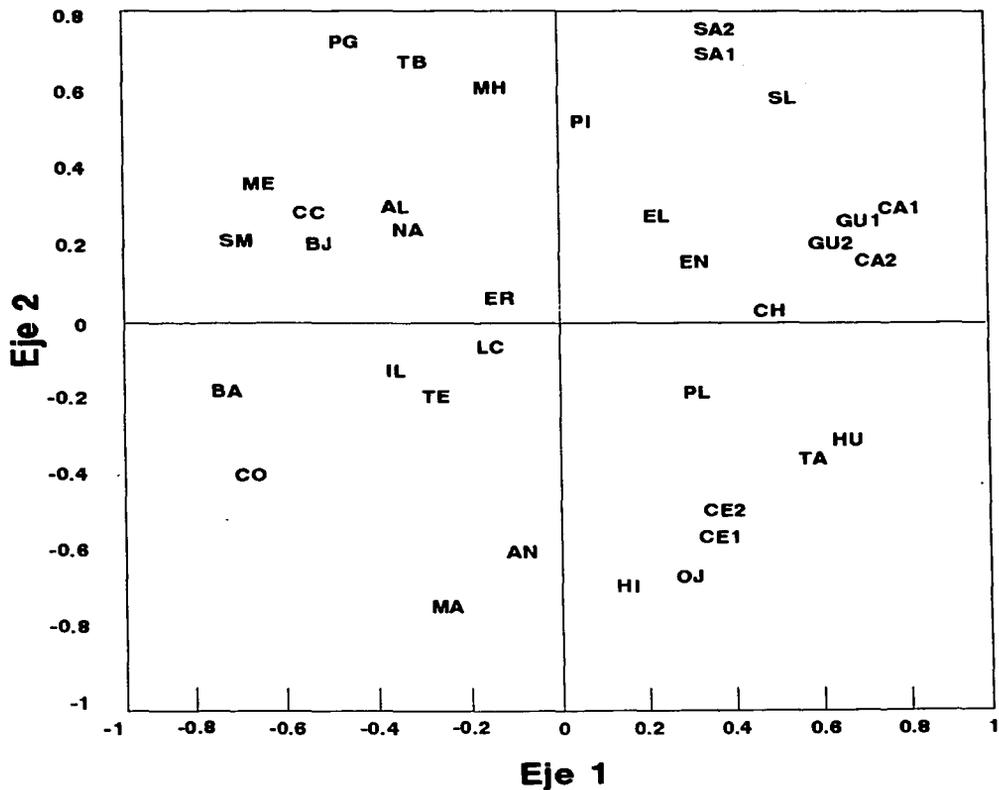


Fig. 28. Ordenación de los sitios de muestreo con el método de componentes principales. Abreviatura de los sitios como en la Tabla 2.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Tabla 21. Coeficientes de correlación entre la posición en los ejes de ordenación y los factores ambientales para los 35 sitios de muestreo de vara blanca (*Croton* spp.) en Sinaloa. Las variables se abrevian como en la Tabla 18.

VARIABLE	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4
LAT	-.14	.62*	-.60*	-.26
ALT	-.70*	-.06	-.20	-.17
PREC	-.50*	-.71*	.29	.04
T	.28	-.22	.40*	-.41*
P/T	-.55*	-.68*	.24	.09
pH	.65*	.45*	.18	-.23
ARC	.06	.31	-.03	.81*
P	.20	.28	.03	-.30*
K	.65*	-.24	-.21	-.12
N	-.30	.20	.66*	-.17
D.A.	.24	-.24	-.27	-.38*
M.O.	.27	-.16	-.49*	.22
Ca	-.21	.33*	-.12	.47*
Mg	-.44*	.36*	-.36*	.25
HCO ₃	.53*	-.29	.13	.06

* significancia con $p < 0.05$

Los valores en el Eje 2 se correlacionaron significativamente y negativamente con dos variables, la precipitación (-0.71) y el Índice de Lang (-0.68), y positivamente con la latitud (0.62). El Eje 3 se correlacionó significativamente con cinco variables, pero sólo dos tuvieron coeficientes de correlación > 0.5: la elevación (-0.60) y el nitrógeno (0.66). El Eje 4 sólo se correlacionó significativamente con la arcilla, siendo ésta una correlación muy fuerte (0.81). La sobreposición de algunas variables sobre la distribución de los sitios respecto a los Ejes 1 y 2 permitió visualizar el acomodo de los gradientes de variación ambiental en el espacio de ordenación (Fig. 29).

La sobreposición de los grupos obtenidos en la clasificación sobre la gráfica de ordenación mostró que, con excepción del Grupo IV, los otros se distribuyen en áreas bien definidas (Fig. 30). Por ejemplo, los sitios ER, AL y NA, que conforman el Grupo V, están dispuestos muy cercanamente entre sí. El Grupo IV se distribuye ampliamente a lo largo del Eje 1, aunque el sitio SL queda relativamente alejado de los otros sitios de su grupo. Los Grupos I, II y V se concentran en la parte izquierda de ese mismo eje, mientras el Grupo III se encuentra segregado en su parte derecha. Ningún grupo se distribuye ampliamente a lo largo del Eje 2. El Grupo IV está bastante limitado a su parte central, y el resto de los grupos se segregan hacia el lado inferior (Grupo I) o superior (Grupos II, III y V) de la gráfica. La sobreposición también permite ver que los Grupos I y III son los más alejados entre sí, y posiblemente los más disímiles ambientalmente, ya que el primero se sitúa en la parte inferior izquierda, mientras que el segundo se ubica en la parte superior derecha.

De acuerdo a la sobreposición de los valores de precipitación y de pH, es claro que el Grupo III se ubica hacia la porción de menor precipitación y mayor alcalinidad en el suelo, y que lo contrario sucede con el Grupo I. El Grupo IV, que es el más heterogéneo, parece ser intermedio ambientalmente respecto a los demás. De hecho, si en el análisis de clasificación el umbral de corte hubiera sido un poco mayor que 10, el Grupo V hubiera quedado integrado al Grupo IV. Asimismo, los Grupos II y V parecen ser muy afines en términos de su caracterización ambiental.

4.5.5. Análisis de regresión múltiple

El análisis de regresión múltiple, la fase final de la búsqueda de relaciones entre algunos factores ambientales con la distribución y abundancia de las especies estudiadas, se realizó solamente para *Croton flavescens*, *C. septemnerivus* y *C. alamosanus*, dado que las otras dos especies aparecieron en muy pocos sitios de muestreo.

Primeramente el análisis se hizo por medio del cálculo de regresiones múltiples por pasos para cada especie, utilizando el procedimiento de agregación sucesiva de variables. El procedimiento se dio por terminado cuando el valor de *F* dejó de ser significativo. Para *Croton flavescens* el modelo así obtenido incluyó seis variables, cinco de ellas significativas (fósforo, potasio, materia orgánica, precipitación y pH), y explicó el 69.4% de la varianza total (Tabla 22). Se consideró que este modelo

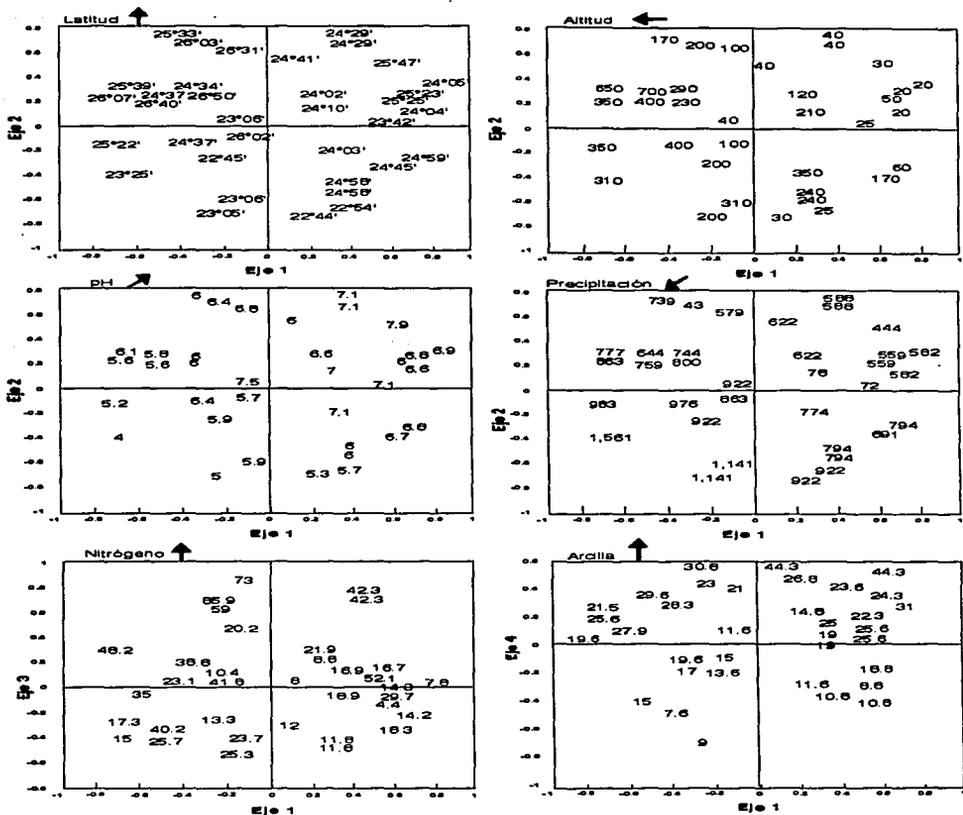


Fig.29. Sobreposición de los valores de diferentes variables con los distintos ejes de ordenación. La flecha indica la dirección de la correlación con los ejes.

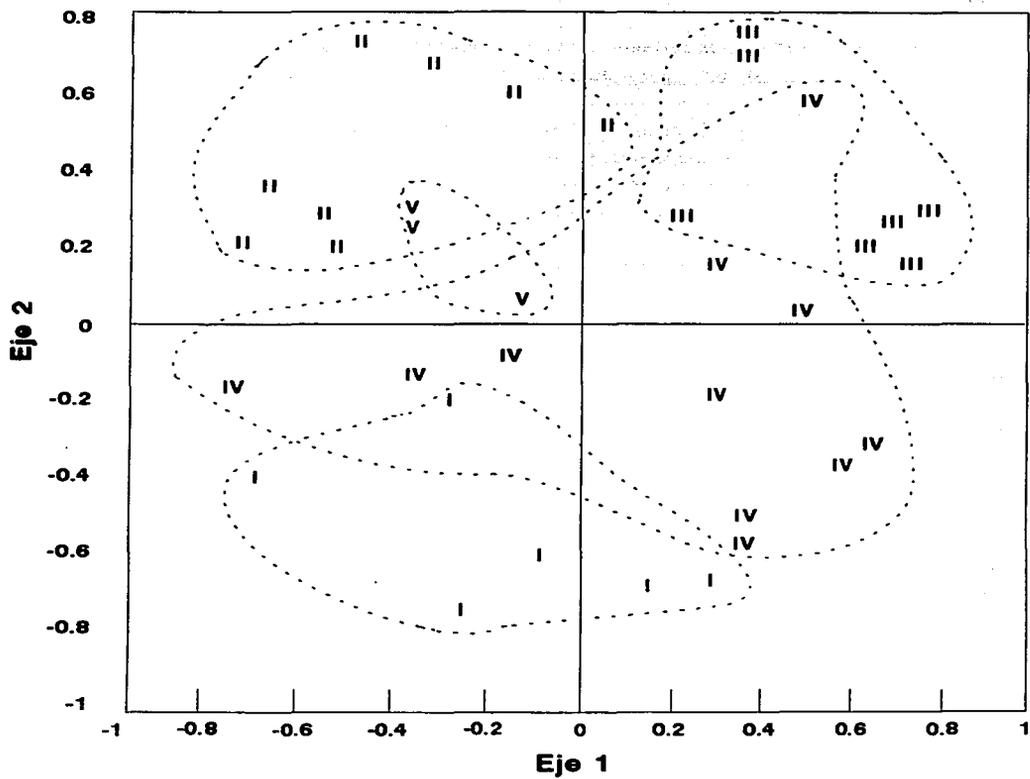


Fig. 30. Sobreposición de los grupos de la clasificación en los ejes de ordenación.

fue el mejor para predecir las densidades de *Croton flavescens*, y la ecuación que lo describe es la siguiente:

$$\text{Densidad de } \textit{Croton flavescens} = 789.75 + 0.89 (\text{fósforo}) + 0.30 (\text{potasio}) + 60.90 (\text{materia orgánica}) - 0.31 (\text{precipitación}) - 83.51 (\text{pH}) + 1.30 (\text{nitrógeno})$$

El procedimiento se repitió una vez más, considerando la entrada al modelo de las variables altitud y latitud. La ecuación así obtenida fue semejante e incluía a las mismas variables, con excepción de la precipitación, la cual fue sustituida por la latitud.

Con fines comparativos, también se realizó un análisis de regresión múltiple por eliminación progresiva de variables (Tabla 23). El modelo obtenido también resultó muy parecido al que produjo el procedimiento por agregación sucesiva, y aunque sólo incluyó cinco variables, el porcentaje de varianza explicada (65.3%) fue algo menor.

Los análisis de regresión múltiple realizados para *Croton septemnerivus* (Tablas 24 y 25) muestran que sólo el pH tuvo un efecto significativo ($p < 0.05$). Además, el coeficiente de determinación fue muy bajo (0.1976) en el procedimiento de incorporación sucesiva, y aún más bajo (0.1490) en el de eliminación sucesiva. Al repetir el procedimiento incluyendo las variables altitud y latitud, también el potasio resultó ser significativo ($p < 0.05$), y el coeficiente de determinación fue muy semejante.

Para *Croton alamosanus* se aplicaron los mismos procedimientos de regresión. El procedimiento por eliminación sucesiva produjo un resultado que excluía a todas las variables ambientales. En el procedimiento de agregación sucesiva (Tabla 26), ninguna de las variables independientes fue significativa, y además el coeficiente de determinación fue muy bajo (0.1990).

Tabla 22. Análisis de regresión múltiple por pasos por el procedimiento de selección por agregación sucesiva de variables para *Croton flavescens*.

Variable	B (Estimador del parámetro)	E.E. de B	t (28)	p
Intercepción	789.7442	183.4503	4.30	.000185
Fósforo	.8860	.3543	2.50	.018506
Potasio	.3031	.0589	5.14	.000019
Materia orgánica	-60.8978	18.6041	-3.27	.002826
Precipitación	-.3089	.0706	-4.37	.000152
pH	-83.5107	24.0060	-3.47	.001666
Nitrógeno	1.2965	.6679	1.94	.062435

N = 35 R = .8332 R² = .6943 F_(6,28) = 10.603 p < .00000 Error estándar estimado: 63.321

Tabla 23. Análisis de regresión múltiple por pasos por el procedimiento de eliminación sucesiva de variables para *Croton flavescens*.

Variable	B (Estimador del parámetro)	E.E. de B	t (28)	p
Intercepción	711.9127	187.3550	3.79	.000687
Precipitación	-.2639	.0698	-3.78	.000717
pH	-67.5682	23.6077	-2.86	.007733
Fósforo	.9505	.3691	2.57	.015392
Potasio	.2811	.0605	4.64	.000068
Materia orgánica	-70.7040	18.7391	-3.77	.000738

N = 35 R = .8082 R² = .6527 F_(6,29) = 10.928 p < .00001 Error estándar estimado: 66.272

Tabla 24. Análisis de regresión múltiple por pasos por el procedimiento de selección por agregación sucesiva para *Croton septemnerivus*.

Variable	B (Estimador del parámetro)	E.E. de B	t (28)	p
Intercepción	-323.96	141.069	-2.29	.028568
pH	57.07	22.865	2.49	.018093
Potasio	.13	.075	-1.84	.074763
Materia orgánica	33.04	24.117	1.37	.180441

N = 35 R = .4462 R² = .1976 F_(6,31) = 2.542 p < .07401 Error estándar estimado: 88.705

Tabla 25. Análisis de regresión múltiple por pasos por el procedimiento de eliminación sucesiva de variables para *Croton septemnerivus*.

Variable	B (Estimador del parámetro)	E.E. de B	t (28)	p
Intercepción	264.36	135.9704	-1.94	.060908
pH	54.56	23.102	2.36	.024446
Potasio	.09	.068	-1.35	.184644

N = 35 R = .3861 R² = .1490 F_(2,32) = 2.803 p < .07553 Error estándar estimado: 89.913

Tabla 26. Análisis de regresión múltiple por pasos por el procedimiento de selección por agregación sucesiva de variables para *Croton alamosanus*.

Variable	B (Estimador del parámetro)	E.E. de B	t (28)	p
Intercepción	-187.12	268.159	-.69	.490659
Arcilla	2.97	2.303	1.29	.205888
Precipitación	-.13	.090	1.47	.151536
Fósforo	.68	.552	-1.23	.224996
Densidad aparente	263.15	219.957	1.19	.240917

N = 35 R = .4461 R² = .1990 F_(4,30) = 1.603 p < 0.14277 Error estándar estimado: 109.04

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Cualquier estudio ecológico puede consistir de dos etapas principales: una es la etapa descriptiva, en la cual se estudian las características del fenómeno, y otra es la etapa analítica, en la que se trata de explicar las causas del fenómeno estudiado (Cox, 1981). Dada la extensión del área cubierta en este estudio, las limitaciones de recursos y de tiempo, pero sobre todo el grado de desconocimiento previo sobre las especies de interés, esta investigación se centró principalmente en la descripción de la distribución y la abundancia de las especies de vara blanca. Este estudio permitió tener un conocimiento general sobre la ubicación geográfica, las condiciones ambientales en que se desarrollan, y el potencial de uso de cinco especies de vara blanca en el estado de Sinaloa. En esta discusión se aborda primeramente el análisis de la identidad de las especies que tienen potencial de uso como sostén en la horticultura. Posteriormente se analizan los resultados sobre la distribución de las especies de vara blanca a nivel estatal, la abundancia local de las especies bajo estudio, las posibles interacciones entre ellas y su uso potencial. En la parte final se discute la distribución de las especies en relación con la heterogeneidad del ambiente físico.

5.1. Discusión

5.1.1. Identidad de las especies de vara blanca utilizadas en la horticultura

Al inicio de este trabajo existía incertidumbre sobre el número y la identidad de las especies de *Croton* utilizadas como sostén de hortalizas. Los distintos estudios indicaban que eran entre tres y diez las especies aprovechables. Esta investigación aporta elementos para resolver esta controversia, complementando los resultados obtenidos por Reyes Olivas (1993). Este autor había identificado tres especies usadas para este fin: *Croton alamosanus*, *C. flavescens* y *C. septemnerivius*. A partir de la realización de este trabajo se incluyeron en la lista dos especies más: *Croton watsonii* y *C. reflexifolius*. Es probable que la diferencia en el número de especies identificadas como vara blanca entre ambos estudios sea resultado de la distribución más amplia de los muestreos aquí realizados, dado que Reyes Olivas restringió su muestreo a tres localidades, una en la zona norte, otra en la zona centro y la tercera en la zona sur del estado. La estratificación del área de estudio en nueve franjas latitudinales y tres niveles altitudinales permitió abarcar una mayor variación ambiental, y por lo tanto las posibilidades de incluir más especies se incrementaron.

Con respecto a las otras especies de *Croton* que habían sido previamente consignadas como vara blanca por distintos autores y colectores, en este trabajo no se encontró ninguna evidencia que apoye su reconocimiento dentro de este grupo de plantas útiles, pero los resultados tampoco permiten

descartar por completo esta posibilidad. Los problemas derivados de la complejidad taxonómica de este género, y la consecuente determinación incorrecta de muchos ejemplares de herbario, explican que se haya llegado a considerar como vara blanca a un número de especies mayor del que arrojó esta investigación. Ejemplares determinados como *Croton morifolius* corresponden en realidad a *C. flavescens*, y algunos determinados como *C. niveus* son en realidad *C. septemnerivius*. Steinmann y Felger (en prensa) comentan la confusión debida a pequeñas diferencias entre *Croton flavescens* y *C. fragilis*, así como entre *Croton niveus* y *C. reflexifolius*. Asimismo, es posible que la especie reconocida en este trabajo como *C. septemnerivius* corresponda a la que dichos autores denominan *C. niveus*.

Por otra parte, también existe la posibilidad de que otras especies de *Croton* presentes en el estado tengan las características para ser utilizadas en la horticultura. De ser así, es muy probable que tendrían una distribución estatal muy restringida o abundancia muy bajas. Por ello, es razonable afirmar que si a partir de un muestreo más fino o más intensivo se llegara a confirmar la existencia de otra u otras especies de vara blanca dentro de este género, seguramente éstas tendrían poca importancia para la horticultura.

La consulta realizada a los cortadores fue fundamental para este estudio. Ellos proporcionaron información sobre las dimensiones que deben tener los tallos para ser cortados. Además, en general distinguen claramente las especies en el campo, aunque esto no sucede así con *Croton reflexifolius* y *C. septemnerivius*, especies que son normalmente confundidas por ellos.

5.1.2. Distribución de las especies de vara blanca a nivel estatal

Los resultados de este estudio indican que al menos tres especies de vara blanca (*Croton flavescens*, *C. septemnerivius* y *C. alamosanus*) se distribuyen ampliamente dentro de la región de la selva baja caducifolia en Sinaloa. A pesar de las notables diferencias entre las distribuciones de estas especies, la mayor parte de ellas se localizan preferentemente hacia las latitudes medias y de poca elevación en el estado.

Los resultados indican que de las cinco especies estudiadas, la más ampliamente distribuida en la selva baja caducifolia de Sinaloa es *C. flavescens*, mientras que *C. watsonii* y *C. reflexifolius* tienen las distribuciones más restringidas. Se ha sugerido que los organismos que tienen intervalos de tolerancia amplios para muchos factores ambientales también tienen una amplia distribución geográfica (Brown, 1984). Asimismo, existe evidencia de que el factor ambiental cuya variabilidad sea menos tolerada por una especie determina, en última instancia, su distribución (Hunter y Price, 1992; Kadmon, 1993). Al parecer, *Croton flavescens* es la especie con el intervalo de tolerancia más amplio para la mayor parte de los factores ambientales evaluados en esta investigación. Esta especie no sólo se presenta en una amplia gama de elevaciones y latitudes, sino que también crece en las condiciones climáticas y edáficas más diversas. La única porción del estado donde la especie está ausente es la

región sureña, donde es mayor la precipitación y los suelos son más ácidos. Es posible que la ausencia de esta especie en algunos sitios se deba a problemas de dispersión más que a limitaciones ambientales. Por ejemplo, aunque la especie apareció en Santa Cruz de Alayá y Nacimiento, no fue encontrada en El Rosario, sitio que forma parte del mismo grupo de hábitat que los otros dos.

Las otras dos especies con distribución geográfica amplia, *Croton septemnerivus* y *C. alamosanus*, no aparecieron en los sitios de mayor elevación (más de 300 m), con la única excepción de la presencia de *C. septemnerivus* en Cerro de la Chiva a 700 m de altitud. Los resultados sugieren que esta última especie tiene intervalos restringidos de tolerancia a varios factores ambientales, o que tiene una dispersión muy ineficiente, ya que su distribución se circunscribe a la parte central semiárida del estado.

Croton alamosanus apareció casi exclusivamente en sitios ubicados en el nivel altitudinal inferior, por lo que puede considerarse como una especie típica de la Llanura Costera. Por lo tanto, se puede suponer que la distribución original de esta especie ha disminuido por la expansión de la agricultura sobre áreas originalmente cubiertas por selva baja caducifolia y bosque espinoso. Esta especie parece distribuirse preferentemente en condiciones de menor humedad que las dos anteriores. La coincidencia de los límites de distribución de una especie con isoclinas climáticas es un fenómeno ampliamente descrito en la literatura (Doing, Biddiscombe y Knedlhans, 1969; Grace, 1987; Wilson et al., 1992). Llama la atención que algunos ejemplares de herbario muestran que *C. alamosanus* había sido recolectado en la región más sureña y húmeda del estado, aunque no apareció en ningún sitio de muestreo de esos lugares. Es probable que en esta región existan áreas muy específicas con microclimas semejantes a los de las regiones más norteñas, o que su distribución en esa porción del estado haya sido severamente afectada por los desmontes, ya que la información contenida en los herbarios indica que esta especie estaba ampliamente distribuida a lo largo de la costa del Pacífico.

5.1.3. Abundancia local de las especies de vara blanca

A pesar de que no se conocen las distribuciones geográficas completas de las especies bajo estudio, las cuales rebasan los límites de Sinaloa, fue posible determinar que sus abundancias fluctúan grandemente a lo largo de los gradientes ambientales donde se desarrolla la selva baja caducifolia en Sinaloa. Los resultados apoyan la hipótesis de que las especies ampliamente distribuidas tanto latitudinal como altitudinalmente mostrarían grandes variaciones regionales en su densidad. Sin embargo, a pesar de esta variabilidad, se detectó un patrón consistente en un aumento de las densidades de muchas especies hacia las regiones central y centro norte del estado. Asimismo, se observó una disminución generalizada de la densidad conforme aumentó la altitud, y de hecho varias de las especies no se encontraron en el piso altitudinal superior.

El presente estudio se realizó como una cuantificación puntual en el tiempo, por lo que refleja

una situación momentánea de las poblaciones. Por lo tanto, aunque en este trabajo no se pretendía llegar hasta ese nivel, sería muy deseable que en el futuro se hagan estudios sobre la dinámica poblacional de estas especies, intentando determinar, entre otras cosas, cuáles son los factores fundamentales que determinan sus tasas de reclutamiento, de mortalidad y de crecimiento (Harper, 1977).

La densidad de muchas especies de plantas está regulada por la alta proporción de semillas que son consumidas por los herbívoros (Janzen, 1970; Harper, 1977). Los efectos de los herbívoros sobre las plantas varían dependiendo de la etapa de desarrollo en la que ésta se encuentra; por ejemplo, en las etapas juveniles los herbívoros pueden matar a una planta (Dirzo, 1984). En los casos de *Croton septemnerivus* y *C. reflexifolius*, probablemente uno de los aspectos que más fuertemente controla la densidad es la herbivoría por insectos. Cuando los frutos están en la planta, muchos son destruidos por un curculiónido (observaciones personales). Un fenómeno semejante fue descrito por Sánchez-Garduño y Wright (1995) para *Anacardium excelsum*, quienes concluyeron que los árboles de esta especie prácticamente no producen semillas viables porque sus partes reproductivas son atacadas al menos por cinco especies de insectos y un hongo.

5.1.4. Interacción entre las especies de vara blanca

En cualquier comunidad biótica es muy frecuente encontrar algunas especies muy abundantes, así como también otras que están representadas por pocos individuos (Preston 1948; Bock, 1987; Brown, Mehlman y Stevens 1995). En este estudio se encontró que a pesar de pertenecer al mismo género, cuando coexisten varias especies de *Croton* en un sitio, éstas suelen tener densidades muy diferentes.

Croton flavescens y *C. septemnerivus*, las dos especies con distribución más amplia, parecen estar negativamente asociadas. Los resultados indican que las mayores densidades de cada una de estas especies se dan cuando la otra está ausente. Aunque es posible que este patrón se deba a que las dos especies difieren en sus tolerancias y requerimientos, es decir, a que tienen distintas preferencias de hábitat, también es posible que la causa sea una interacción competitiva fuerte entre ellas. Reyes Olivas (1993) sugirió que *C. flavescens* tiene una baja capacidad competitiva asociada a su preferencia por sitios con condiciones edáficas limitantes; sin embargo, los resultados de este estudio no coinciden completamente con esta observación, ya que la especie fue encontrada en sitios con suelos de distinta fertilidad.

La tendencia de segregación entre *Croton flavescens* y *C. alamosanus* observada en este estudio también parece tener una base ambiental. La primera fue más abundante en sitios con suelos más ácidos, mientras que la segunda mostró cierta tolerancia a condiciones de mayor aridez.

5.1.5. Uso potencial de las especies

5.1.5.1. Estructuras poblacionales

La estructura poblacional es uno de los aspectos determinantes para evaluar el uso potencial de las especies de vara blanca, dado que proporciona una idea aproximada de la dinámica de las poblaciones de estas especies, indicando la posibilidad de seguir explotando en el futuro el recurso en determinados sitios.

El diámetro a partir del cual se incluyen los individuos en una muestra es un factor que influye grandemente en cualquier evaluación de la densidad de las plantas. Pequeñas variaciones en el valor mínimo de medición del diámetro incrementan o disminuyen drásticamente el número de plantas y de tallos que se incluyen en una muestra poblacional. En el caso de las especies de vara blanca, esto es particularmente cierto. Por ejemplo, en general para *Croton flavescens* la proporción de tallos de 1 a 1.5 cm a una altura de 20 cm del suelo representó el 36% del total, y la de tallos con diámetros entre 1.5 y 2 cm representó el 25%. En vista de esta proporción tan grande de tallos chicos, la utilización de un diámetro mayor como criterio de inclusión hubiera ocultado una proporción considerable de tallos con potencial de transitar a las categorías aprovechables en la horticultura. Por otro lado, si el conteo y las mediciones se hubieran hecho a partir de un diámetro más pequeño, por ejemplo 0.5 cm, el trabajo se hubiera incrementado enormemente, y quizá hubiera sido necesario reducir el número de sitios. Sin embargo, lo más importante es que probablemente se hubieran tenido dificultades serias para la diferenciación de las especies, lo cual a su vez hubiera introducido cierto grado de error en la evaluación de las densidades poblacionales.

El hecho de que las estructuras poblacionales de las distintas especies en los diferentes sitios basadas en las distribuciones de frecuencias de los diámetros del tallo más grande de cada planta hayan coincidido con las inferidas a partir de la distribución de frecuencias de área basal total por planta sugiere que ambos son buenos criterios para categorizar a los individuos de estas poblaciones. En ambos casos los resultados indicaron que las poblaciones tienen una buena regeneración, ya que las categorías de tamaño pequeño generalmente incluyeron a una gran proporción de individuos. Sin embargo, hubo algunos sitios donde se detectó un bajo nivel de reclutamiento, donde además la densidad poblacional era baja. Ejemplos de esta situación son *Croton flavescens* en El Platanar, C. alamosanus en El Salado y *C. septemnerivius* en Caímanero. Para esta última especie, en algunos casos la frecuencia de la clase de diámetros más pequeños fue menor que la de las dos clases inmediatamente superiores, e incluso hubo un sitio donde no se encontraron individuos pertenecientes a la clase de diámetro más pequeño. No se puede descartar, sin embargo, que en estas poblaciones el reclutamiento de nuevos individuos sea un evento episódico (Búrquez y Quintana, 1994).

De acuerdo con estos resultados, es razonable esperar que si no se modifican las condiciones de vida o la intensidad de explotación de estas especies, nuevas plantas estarán disponibles para seguir sosteniendo hortalizas en el futuro, al menos a mediano plazo. Sin embargo, haría falta incluir en este análisis a los eventos pasados que pudieran haber influido en la estructura de tamaños, en particular la eliminación del tallo más grueso por los cortadores.

5.1.5.2. Estructuras diamétricas del total de tallos

Con el análisis de las estructuras de diámetro del total de tallos por especie se pretendió evaluar la disponibilidad presente y futura de tallos para ser utilizados en la horticultura. Esta evaluación no se puede obtener del análisis de la estructura poblacional general, tal y como se planteó en este estudio, dado que una planta puede tener uno o varios tallos. Sin embargo, las distribuciones de tamaños de los tallos principales resultaron ser muy parecidas a las obtenidas para el total de tallos, lo cual sugiere que las primeras pueden usarse, aunque con cautela, como un indicador indirecto de las segundas.

El análisis basado en el total de tallos muestra que en todas las especies existe una proporción alta de tallos pequeños, lo cual puede interpretarse como la existencia de una buena reserva de tallos para usarse en la horticultura en el futuro. *Croton septemnerivus* fue la especie que tuvo la mayor proporción de tallos capaces de sostener hortalizas. En *Croton flavescens*, la especie que tuvo el segundo lugar en este sentido, la proporción de estos tallos fue bastante menor. Esta diferencia entre las dos especies probablemente se deba más a sus características de crecimiento que a la influencia de factores ambientales o a la corta de tallos por parte del hombre, pero esto habría que verificarlo posteriormente. *Croton alamosanus* tuvo la proporción más pequeña de tallos útiles para la horticultura, lo cual probablemente esté relacionado con las condiciones de baja precipitación en las que se desarrolla preferentemente esta especie, pues las limitaciones en el crecimiento vegetal impuestas por la carencia de agua son bien conocidas (Cloudsley-Thompson, 1979).

5.1.5.3. Número de tallos por planta

Croton alamosanus fue la especie que presentó el mayor promedio de tallos por planta. Si bien esta característica la ubicaría como una especie muy útil para la horticultura, hay que considerar el hecho de que la mayoría de estos tallos no sirven para este fin. Es probable que exista una relación inversa entre el número de tallos por planta y el crecimiento individual de los tallos. Valdría la pena que futuras investigaciones analizaran este fenómeno, pues si bien existen evidencias de que algunas especies, sobre todo *Croton septemnerivus*, responden al daño ocasionado por el ganado o por la acción de los cortadores produciendo más tallos (Reyes Olivas, 1993; observaciones personales), no hay información sobre la velocidad de crecimiento de estos nuevos tallos.

5.1.5.4. Proporción de tallos útiles

Uno de los factores que provoca una disminución en la proporción de tallos útiles es la extracción de los tallos más gruesos por los cortadores. Como se mencionó arriba, con esta acción se estimula la formación de nuevos tallos. Sin embargo, al distribuirse la energía y los recursos entre un mayor número de ejes, disminuye la probabilidad de que éstos alcancen las tallas determinadas por su potencial de crecimiento. Uno de los resultados más importantes de este estudio fue la gran escasez de tallos que pueden usarse como estacón o como poste, es decir, de tallos grandes. Esto podría interpretarse como un indicio de sobreexplotación de este recurso vegetal, dado que la proporción de tallos gruesos es baja, incluso cuando existen altas densidades de las especies. Sin embargo, también es posible que en algunos sitios las plantas estén muy ramificadas aunque no sean explotadas por el hombre. Por ejemplo, en el sitio La Llama, *Croton flavescens* presentó una de las proporciones más altas de tallos por planta, pero prácticamente ningún tallo tuvo el tamaño requerido por los horticultores, a pesar de que los pobladores locales aseguran que allí no ha habido extracción de vara blanca, al menos recientemente. Es probable que las diferencias de uso potencial entre las especies de vara blanca se deban en gran medida a características propias de las especies más que a distintas formas de uso, dado que la selección que realiza un cortador es sobre los tallos y no sobre las especies.

Algo que llama particularmente la atención es que muchos tallos inútiles parecen haber sido dañados por el ganado vacuno. Cuando las vacas se alimentan de las hojas de vara blanca, a veces rompen algunos tallos. Esto sugiere que la ganadería tiene una influencia considerable en la extracción de vara blanca. Dicha influencia podría ser negativa al dañar los tallos, pero también es posible que estimule la producción de más tallos por planta, como ha sido observado en otras especies (Heady y Child, 1994).

La gran proporción de tallos útiles presentada por *Croton septemnerivus* está muy ligada con la distribución de frecuencias diamétricas del total de tallos en esta especie, ya que entre más gruesos son los tallos es más probable que sean utilizados en la horticultura. La posibilidad de que una planta produzca tallos gruesos está obviamente relacionada con las características genéticas de cada especie, las cuales determinan distintas estrategias de crecimiento (Peters y Platt, 1996), aunque también es claro que su expresión fenotípica depende en cierta medida del hábitat en el que se desarrollan (Silvertown y Wilkin, 1983; Hall, Stanford y Hauer, 1992).

El hecho de que *Croton alamosanus* haya sido la especie con la menor fracción de tallos útiles es simplemente un reflejo de su muy baja proporción de tallos gruesos, ya que es la especie con el mayor cociente de tallos por planta. Sin embargo, esta especie no debe ser descartada en futuros estudios sobre explotación y manejo para extracción de tallos, debido a las densidades tan altas que tiene en algunos sitios, así como a su alto grado de ramificación.

Los resultados de este estudio sugieren que *Croton reflexifolius*, la especie menos frecuente de

las cinco varas blancas, tiene una alta probabilidad de extinguirse localmente. Esto se debe a una combinación de su distribución restringida, con el hecho de que los cortadores confundan a esta especie con *Croton septemnerivus*, y con su alta proporción de tallos potencialmente útiles para la horticultura. A pesar de la gravedad de la extinción de cualquier especie en el planeta, la desaparición de *C. reflexifolius* de la selva baja caducifolia de Sinaloa seguramente no representaría un problema de disponibilidad de tallos para los horticultores. Afortunadamente, el estudio de Arce Mendoza (1990) sugiere que es muy probable que esta especie pueda ser cultivada con éxito.

Haciendo un balance de las características evaluadas para las cinco especies estudiadas, se desprenden muchos elementos que permiten considerar que las especies con mayor potencial de explotación en la actualidad son *Croton septemnerivus* y *C. flavescens*.

Es posible que, sin tomar en cuenta la eliminación de la selva baja con fines agrícolas, las densidades de las especies de vara blanca no están siendo afectadas considerablemente por la extracción de tallos, ya que esta actividad no elimina completamente a las plantas. Sin embargo, la estructura diamétrica de los tallos sí se modifica por la explotación, y es probable que la disponibilidad de tallos que sirvan como varas, estacones y postes esté disminuyendo. En general, los resultados obtenidos en la mayoría de los sitios, con importantes excepciones como La Llama, Miguel Hidalgo y Badiraguato, sugieren que la extracción de vara blanca puede realizarse en los sitios donde se encontró al menos una especie. Sin embargo, sería deseable que se realizaran programas de extracción controlada que contemplen la conservación de plantas grandes para la producción de semillas, por un lado, y que regulen los ciclos de corta en periodos de dos o tres años, por el otro, con el objeto de garantizar la regeneración de la población. Asimismo, la explotación podría ir acompañada de estudios piloto, analizando aspectos como la eficiencia de la siembra de semillas de vara blanca en la selva baja caducifolia, tomando en cuenta los requerimientos ambientales para cada especie y su área de distribución.

Es indudable que las especies de vara blanca tienen tasas de crecimiento, potenciales de uso y potenciales de regeneración distintos. Por esta razón, al realizar estudios para otorgar permisos de corte de vara blanca, es indispensable hacer distinciones entre las diferentes especies, en lugar de tratarlas como un complejo de especies del género *Croton*, como se hace actualmente. De continuar así se corre el riesgo de provocar la extinción local de una especie con bajo potencial de regeneración en sitios donde otras especies son abundantes. Como una forma de contribuir a solucionar este problema, sería recomendable elaborar un folleto ilustrado con las principales características de las especies de vara blanca, cuya difusión masiva entre cortadores y horticultores les permitiría distinguir las especies en el campo.

Existe una gran diferencia entre las cifras oficiales y el volumen calculado de vara blanca que se encuentra en los campos hortícolas. Por lo tanto, es obvio que no existe control sobre la explotación

de este recurso. Esta problemática se complica por la falta de seguimiento a los programas de control forestal para estas especies. De continuar así la situación, cualquier propuesta de solución será inútil. Es necesario que las autoridades correspondientes tomen medidas que garanticen un control sobre la explotación de este recurso forestal.

5.1.6. Relación de las especies de vara blanca con el ambiente físico

La estrategia utilizada para analizar el efecto de los factores físicos sobre la distribución y abundancia de la vara blanca fue satisfactoria, dado que permitió reconocer unidades ambientales más o menos bien delimitadas dentro de la región de selva baja caducifolia en Sinaloa. Además de reconocer a los tipos de hábitat, la clasificación permitió evaluar la similitud entre los grupos, y entre los sitios que conforman cada uno. El análisis de ordenación permitió comprender mejor los resultados de la clasificación, pero sobre todo, permitió hacer una depuración de las variables ambientales y distinguir a los factores que parecen ser más importantes en la determinación del arreglo de los sitios de muestreo a lo largo de los ejes de ordenación.

Algunos grupos formados en la clasificación están muy bien diferenciados ambientalmente de los otros, lo que apoya su reconocimiento como grupos naturales de hábitat. Por ejemplo, el Grupo I incluyó a los sitios que reciben más precipitación al año y cuyos suelos son los más ácidos pero los menos fértiles. En contraste, el Grupo III agrupó a sitios con suelos alcalinos y fértiles, y baja precipitación. La única excepción a este patrón fue el Grupo IV, ya que las características del ambiente físico de los sitios que lo componen se comparten con las de muchos sitios pertenecientes a otros grupos.

En este estudio se encontró que ninguna especie de vara blanca parece estar presente bajo el conjunto de condiciones del medio físico que caracteriza al Grupo I, por lo que este conjunto puede usarse como un criterio para no incluir a determinados sitios en futuros programas de manejo de estas especies. *Croton alamosanus* se desarrolla principalmente bajo condiciones de baja precipitación, tales como las que predominan en el Grupo III. Por su parte, *Croton septemnerivius* se presentó en tres grupos de hábitat (II, III y IV), pero estuvo ausente en los dos grupos de mayor precipitación (I y V), sugiriendo que los climas subhúmedos no son adecuados para su desarrollo. La presencia de *Croton flavescens* en cuatro de los cinco grupos de hábitat sugiere fuertemente que esta especie tiene intervalos de tolerancia amplios para muchos factores ambientales y, por esa razón es la especie de vara blanca más ampliamente distribuida en la selva baja caducifolia de Sinaloa.

En la naturaleza se da una serie compleja de interacciones ambientales que influyen en el comportamiento de las plantas (Billings, 1970), razón por la cual fue importante la realización del análisis de regresión múltiple para analizar la variación de las densidades de las especies de vara blanca. En el caso de *Croton flavescens*, este análisis permitió detectar que no es solo un factor, sino

un conjunto de ellos, los que determinan su distribución y la variación de su abundancia. Para esta especie, el potasio fue el factor más significativo en la regresión múltiple. Esta especie tuvo su mayor densidad en Sinaloa de Leyva, localidad donde se detectó la mayor concentración de potasio en el suelo. Al contrario de lo que sucede con el nitrógeno y el fósforo, el potasio se pierde en grandes cantidades por lixiviación (Buckman y Brady, 1982). Esto coincide con el hecho de que otro elemento cuyo efecto resultó significativo de acuerdo al análisis de regresión fue la precipitación, pero en el sentido negativo (Sinaloa de Leyva también es el sitio de menor precipitación).

Otra variable que resultó altamente significativa en la regresión para *Croton flavescens* es el pH. En los sitios con suelos más ácidos no se encontró a ningún individuo de esta especie. La reacción del suelo tiene efectos directos e indirectos sobre la nutrición de las plantas. El efecto directo se manifiesta en la toxicidad del pH cuando éste se aleja de la neutralidad, mientras que el efecto indirecto se da a través del control de la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Tan, 1994). Además, cada nutriente tiene un comportamiento distinto en relación a la reacción del suelo. Por ejemplo, el potasio se asimila más fácilmente cuando el pH es alcalino. Por otro lado, el pH presentó una correlación negativa con la precipitación. Los sitios de mayor precipitación tuvieron un pH más ácido, puesto que lavado del suelo por la lluvia elimina gradualmente las sales solubles y las bases. Estos resultados coinciden bien con el patrón general observado en las regiones tropicales húmedas que frecuentemente tienen suelos ácidos (Hardy, 1970; Killham, 1994; Turner, Ong y Tan, 1995), mientras que los de las zonas áridas tienden a la alcalinidad (Hills, 1966).

La materia orgánica también tuvo un efecto significativo, pero negativo, sobre la densidad de *Croton flavescens*. No se puede ignorar la posible relación entre los suelos ácidos y el contenido de materia orgánica. La acidez también se produce por la incorporación de ácidos orgánicos al descomponerse los residuos de plantas o residuos orgánicos (Ortega, 1981). La última variable relacionada significativamente con la densidad de *Croton flavescens* fue el fósforo. Este elemento comúnmente es utilizado como un indicador de la fertilidad del suelo porque es un macronutriente limitante y porque es poco soluble en el suelo (Westoby, Rice y Howell, 1990). Sin embargo, el fósforo también está controlado por la reacción del suelo, ya que cuando los suelos son muy ácidos su disponibilidad para las plantas es muy baja (Tan, 1994).

El análisis conjunto de las variables que fueron significativas en la determinación de las densidades de *Croton flavescens* parece indicar que la precipitación es el factor determinante de estas condiciones. Por un lado, el agua de la lluvia lava los suelos, llegando incluso a arrastrar al potasio, y por otro, permite que haya mayor crecimiento vegetativo y por ende, mayor producción y descomposición de materia orgánica. A su vez, esto último también provoca la acidificación del suelo, y por lo tanto determina que exista baja disponibilidad de fósforo y potasio. Estas condiciones en conjunto parecen dificultar o incluso impedir por completo el desarrollo de *Croton flavescens*.

A partir de los resultados del análisis de regresión, puede afirmarse que quizá hizo falta analizar en las muestras el contenido de aluminio y manganeso. Muchas veces el desarrollo deficiente de las raíces de las plantas que viven en un suelo ácido es debido, más que a la acidez misma, a que aumenta la disponibilidad de estos elementos tóxicos para muchas especies. Concentraciones de aluminio tan bajas como una parte por millón pueden restringir el desarrollo radicular (Ortega, 1981).

Para el caso de *Croton septemnerivus*, el análisis de regresión múltiple sólo detectó un efecto significativo para el pH; sin embargo, el coeficiente de determinación para este factor fue muy bajo. Por esta razón no es fácil especular, con base en este análisis estadístico, cuál es el factor principal que determina la distribución y la abundancia de esta especie. La situación de *Croton alamosanus* es parecida, ya que en su caso ninguna variable resultó significativa. Es posible que el análisis de regresión haya sido insuficiente para esta especie dado el número de sitios tan bajo donde apareció. Por ello, para esta especie tampoco es posible especificar qué factores determinan principalmente su distribución y su abundancia, y en este momento sólo se puede especificar bajo qué condiciones ambientales se desarrolla y cuál es su distribución geográfica en el estado.

Debe tomarse en cuenta que las variables independientes con las que se realizó el análisis de regresión múltiple no son las únicas que pueden afectar la distribución y abundancia de las especies de vara blanca. Desgraciadamente es difícil hacer un análisis que incorpore una multitud de factores, por lo que muchos ecólogos tienden a centrar sus investigaciones alrededor de uno o pocos agentes causales. Sin embargo, este enfoque puede tener grandes limitaciones, ya que se ha mostrado que son muchos los factores ambientales bióticos y abióticos que influyen en los patrones de distribución de las especies (Hall, Stanford y Hauer, 1992).

Aspectos no evaluados, tales como la disponibilidad de semillas y de micrositos adecuados, podrían estar limitando en unos casos, pero favoreciendo en otros, el reclutamiento en las poblaciones de plantas (Eriksson y Ehrlén, 1992; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1993). Para algunas especies, el mantillo podría jugar un papel importante en la determinación de su abundancia. Se ha observado en el campo que *C. flavescens* emerge frecuentemente bajo la corteza de tallos en descomposición, tanto en claros como bajo dosel cerrado, lo cual indica un efecto positivo de este factor. Se ha sugerido que el mantillo puede favorecer la germinación y el establecimiento de plántulas al evitar grandes fluctuaciones en la humedad y la temperaturas extremas, y al modificar la luz (Vázquez-Yanes et al., 1990; Burton y Bazzaz, 1991), aunque también existe la opinión de que puede afectar negativamente el establecimiento de las plantas, sobre todo cuando la caída de la hojarasca coincide con la época de dispersión de la semillas (Myster, 1994).

Si bien es cierto que la fase de observación es muy valiosa en los estudios ecológicos, en este momento sería muy conveniente pasar a una etapa experimental que permita investigar el papel de las variables reconocidas como predictores significativos de las densidades de las especies de *Croton*.

5.1.7. Consideraciones finales

El presente trabajo no proporciona todos los elementos necesarios poder planear una explotación racional del recurso forestal conocido como vara blanca. Sin embargo, sí sienta las bases para la realización de nuevas investigaciones encaminadas hacia ese objetivo. Ahora se sabe cuántas y cuáles son las especies de *Croton* las utilizadas para sostener hortalizas y cuáles son las que tienen mayor potencial de uso. Por lo tanto, también se tienen los elementos para decidir cuáles especies urge más seguir estudiando para continuar acercándose a la posibilidad de explotar sustentablemente este recurso.

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo es posible elaborar un programa de investigación dirigido a diseñar estrategias adecuadas de manejo de este recurso. Este programa deberá intentar dar respuesta a algunas preguntas planteadas al principio de este estudio pero que no fue posible responder, y a otras que surgieron durante el desarrollo de esta investigación. Por ejemplo, es necesario averiguar cuáles son los requerimientos de luz en las distintas fases del ciclo de vida de las principales especies de vara blanca, estudiar la influencia de las podas en la morfología de las plantas, describir su dinámica poblacional y examinar los factores que la determinan. Haría falta también estudiar la relación de la dinámica poblacional con la dinámica de la comunidad de selva baja, determinando, entre otras cosas, el papel de los claros en su desarrollo, así como las relaciones ecológicas entre estas especies y otras presentes en las comunidades donde habitan, incluyendo su relación con los insectos frugívoros y granívoros, ya que éstos parecen tener un efecto importante sobre la abundancia local de estas poblaciones. Estos estudios no estarían completos si no se incluye el análisis de los factores sociales, culturales y económicos que están involucrados en el proceso de extracción de la vara blanca en el estado de Sinaloa.

5.2. Conclusiones

1. Las evidencias analizadas en este estudio permiten determinar que las especies que se utilizan como sostén de hortalizas en el estado de Sinaloa son cinco. Éstas son: *Croton flavescens*, *C. septemnerivius*, *C. alamosanus*, *C. watsonii* y *C. reflexifolius*. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que el listado de especies de *Croton* potencialmente útiles en la horticultura sinaloense se incremente con un muestreo y una colecta más intensivos.

2. La especie más ampliamente distribuida en el estado es *Croton flavescens*. Le siguen en orden descendente *C. septemnerivius*, *Croton alamosanus*, *C. watsonii*, y por último por *C. reflexifolius*. Aunque existe una distribución diferencial de las principales especies, la mayoría se distribuye principalmente en las regiones de baja elevación y hacia las latitudes medias del estado. *Croton flavescens* parece tener el límite altitudinal superior más alto entre todas las especies estudiadas.

3. La comparación de la distribución y abundancia de las cinco especies de *Croton* es

coincidente con el planteamiento de Brown (1984), en el sentido de que las especies de más amplia distribución son también las más abundantes.

4. *Croton septemnerivius* es la especie que tiene tallos más gruesos, así como la mayor proporción de tallos útiles. Estas características hacen que esta especie tenga un gran potencial de uso.

5. Las especies que reúnen las mejores características, por su distribución, abundancia y potencial de uso son *Croton flavescens* y *C. septemnerivius*. Futuros estudios deben estar encaminados hacia el conocimiento más profundo de estas especies para obtener el máximo aprovechamiento, evitando alterar la comunidad de la selva baja caducifolia y de sus poblaciones.

6. No se encontraron evidencias fuertes de que la explotación de este recurso esté afectando el potencial de regeneración de las diferentes especies de vara blanca, aunque sí la disponibilidad de tallos destinados a diferentes usos, sobre todo como estación y como poste.

8. En la región de selva baja caducifolia en Sinaloa existen diferencias ambientales marcadas, las cuales permitieron diferenciar al menos cinco grupos de hábitat. Las especies bajo estudio mostraron preferencias claras por algunos grupos, lo cual indica de que la heterogeneidad ambiental afecta su distribución y abundancia en la selva baja caducifolia.

9. Se requiere de un muestreo más exhaustivo, así como trabajos experimentales de laboratorio y de campo, para tener un mejor acercamiento a las causas proximales de la distribución y abundancia de las especies de vara blanca en Sinaloa.

10. La posibilidad de explotar de manera sustentable las especies de vara blanca en el estado de Sinaloa requiere tanto de la realización de estudios desde la perspectiva biológica, en particular desde la ecología, como de estudios sobre aspectos relacionados con la participación del hombre en el proceso de extracción, incluyendo el análisis de factores sociales, económicos y culturales.

LITERATURA CITADA

- Andrewartha, H.G. 1961. *Introduction to the Study of Animal Populations*. University of Chicago Press. Chicago.
- Anónimo. 1993. *La Importancia de la Vara Blanca en la Economía Campesina*. Subdelegación Forestal y de Fauna Silvestre. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Culiacán, Sin.
- Anónimo. 1995. *Campaña para la Erradicación de la Tuberculosis Bovina y Brucelosis en Sinaloa*. Gobierno del Estado de Sinaloa y Unión Ganadera Regional de Sinaloa. Culiacán, Sin.
- Anónimo. 1996. *Superficie y Exportación de los Diferentes Productos Hortícolas, Temporadas 1985-86/1994-95*. Confederación de Asociaciones de Agricultores del Estado de Sinaloa. Informe inédito, Culiacán, Sin.
- Arce Mendoza, J. 1990. *Estudio Fenológico de Cuatro Especies de Plantas Maderables para Tutorear*. Memoria de Servicio Social. Escuela Superior de Agricultura. Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sin.
- Augsburger, C.K. 1984. Light requirements of neotropical tree seedlings: a comparative study of growth and survival. *Journal of Ecology*, 72: 777-795.
- Baker, A.S. 1969. Colorimetric determination of nitrate in soil and plant extracts with brucine. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 17: 802.
- Baskin, C.C. y J.M. Baskin. 1988. Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperate region. *American Journal of Botany*, 75: 286-305.
- Begon, M., J. Harper y C. Townsend. 1986. *Ecology. Individuals, Populations and Communities*. Sinauer. Sunderland.
- Billings, W.D. 1970. *Las Plantas y el Ecosistema*. 2a ed., Herrero. México, D.F.
- Bock, C.E. 1987. Distribution-abundance relationship of some Arizona landbirds: a matter of scale? *Ecology*, 68: 1224-1229.
- Boul, S.W., F.D. Hole y R.J. McCracken. 1981. *Génesis y Clasificación de Suelos*. Trillas. México, D.F.
- Bouyoucos, G.T. 1951. A calibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43: 434-438.
- Bremner, J.M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. *Methods of soil analysis. Part 2* (Eds. C.A. Black, D.D. Evans, J.L. White, L.E. Ensminger y F.E. Clark), pp. 1179-1237. American Society for Agronomy and American Society for Testing Matter. Madison.
- Brokaw, N.V.L. 1985. Treefalls, regrowth and community structure in tropical forests. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. (Eds. S.T. Pickett y P.S. White), pp. 53-69. Academic Press. San Diego.
- Brown, J.H. 1984. On the relationship between abundance and distribution of species. *American Naturalist*, 124: 255-279.
- Brown, J.H., D.W. Mehlman y G.C. Stevens. 1995. Spatial variation in abundance. *Ecology*, 76: 2028-2043.
- Buckman, H.O. y N.C. Brady. 1982. *Naturaleza y Propiedades de los Suelos*. UTHEA. México, D.F.
- Burton, P.J. y F.A. Bazzaz. 1991. Tree seedling emergence on interactive temperature and moisture gradients and in patches of old-field vegetation. *American Journal of Botany*, 78: 131-149.
- Búrquez, A. A. Martínez-Yrizar y P.S. Martin. 1992. From the high Sierra Madre to the coast: Changes in vegetation along highway 16, Maycoba-Hermosillo. *Geology and Mineral Resources of Northern Sierra Madre Occidental, México* (Eds. K.F. Clark, J. Roldán Quintana y R.H. Schmidt), pp 239-251. Guidebook for the 1992 Field Conference. El Paso Geological Society. El Paso.

- Búrquez, A. y M.A. Quintana. 1994. Islands of diversity: ironwood ecology and the richness of perennials in a Sonoran desert biological reserve. *Ironwood: An Ecological and Cultural Keystone of the Sonoran Desert*. Occasional Papers in Conservation Biology (Eds. G.P. Nabhan y J.L. Carr). pp 9-27. Conservation International Occasional Paper No. 1, Washington, D.C.
- Bye, R. 1995. Ethnobotany of the Mexican tropical dry forests. *Seasonally Dry Tropical Forests* (Eds. S.H. Bullock, H.A. Mooney y E. Medina). pp 423-438. Cambridge University Press. Nueva York.
- Calderón de Rzedowski, G. 1985. Euphorbiaceae. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Vol. II. (Eds. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski), pp. 9-32. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (IPN) e Instituto de Ecología. México, D.F.
- Cahn, M.D., D.R. Bouldin y M.S. Cravo. 1992. Nitrate sorption in the profile of an acid soil. *Plant and Soil*, 143: 179-183.
- Chabot, B.F. y J.A. Bunce. 1979. Drought-stress effects on leaf carbon balance. *Topics in Plant Population Biology* (Eds. O.T. Solbrig, S. Jain, G.B. Johnson y P.H. Raven), pp 338-355. Columbia University Press. Nueva York.
- Chapman, H.D. y P.F. Pratt. 1973. *Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Aguas*. Trillas. México, D.F.
- Cloudsley-Thompson, J.L. 1979. *El Hombre y la Biología de las Zonas Áridas*. Blume. Barcelona.
- Cox, G.W. 1981. *Laboratory Manual. The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. 3a. ed., Harper & Row. Nueva York.
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press. Nueva York.
- Cuanalo de la Cerda, H. 1982. *Manual Para la Descripción de Perfiles de Suelo en el Campo*. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sin.
- Daubenmire, R. 1979. *Ecología Vegetal. Tratado de Autoecología de Plantas*. LIMUSA. México, D.F.
- Deans, J.A. y T.C. Rains (Eds.). 1975. *Flame Emission and Atomic Absorption Spectrometry*, Vol. 3. *Elements and Matrices*. Marcel Dekker Inc. Nueva York.
- DGTENAL (Dirección General de Geografía del Territorio Nacional). 1981. Atlas Nacional del Medio Físico. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F.
- Dirzo, R. 1984. Herbivory: a phytocentric overview. *Perspectives on Plant Population Ecology* (Eds. R. Dirzo y J. Sarukhán). pp 141-165. Sinauer, Sunderland.
- Doing, H., E.F. Biddiscombe y S. Knedlhans. 1969. Ecology and distribution of the *Carduus nutans* group (nodding thistles) in Australia. *Vegetatio*, 17: 313-331.
- Eriksson, O. y J. Ehrlén. 1992. Seed and microsite limitation of recruitment in plant populations. *Oecologia*, 91: 360-364.
- FAO-UNESCO-ISRIC. 1991. Mapa Mundial de Suelos. Roma.
- Ferrusquía-Villafranca, I. 1993. Geology of Mexico: a synopsis. *Biological Diversity of Mexico. Origins and Distribution*. (Eds. T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa), pp. 3-107. Oxford University Press, Nueva York.
- FitzPatrick, E.A. 1980. *Suelos: su Formación, Clasificación y Distribución*. CECSA, México, D.F.
- Flores, S. 1992. Growth and seasonality of seedlings and juveniles of primary species of a cloud forest in northern Venezuela. *Journal of Tropical Ecology*, 8: 299-305.
- García, E. 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana)*. 4a ed., Offset Larios. México, D.F.
- García, E. y Z. Falcon. 1993. *Atlas: Nuevo Atlas Purrúa de la República Mexicana*. 9a. ed., Porrúa. México, D.F.
- Gaüch, H.G. 1982. *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.

- Gentry, H.S. 1942. *Rio Mayo Plants: A Study of Flora and Vegetation of the Valley of the Rio Mayo, Sonora*. Carnegie Institution of Washington, Publication 557. Washington, D.C.
- Gentry, H.S. 1946a. Notes on the vegetation of Sierra Surotato in northern Sinaloa. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 73: 451-462.
- Gentry, H.S. 1946b. Sierra Tacuichamona - a Sinaloa plant locale. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 73: 356-362.
- Gentry, H.S. 1948. Additions to the Flora of Sinaloa and Nuevo Leon. *Brittonia*, 6: 309-331.
- Gentry, H.S. 1963. The Warihui indians of Sonora - Chihuahua. *Bureau of American Ethnology Bulletin*, 186: 73-119.
- Gómez-Pompa, A. 1985. *Los Recursos Bióticos de México (Reflexiones)*. Alhambra Mexicana. México, D.F.
- Gómez-Pompa, A. 1986. *Estudios Botánicos en la Región de Misantla, Veracruz*. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México, D.F.
- González Ortega, J. 1929. *Catálogos Sistemáticos de las Plantas de Sinaloa*. Imprenta de la Escuela Preparatoria Mazatlán. Mazatlán, Sin.
- Grace, J. 1987. Climatic tolerance and the distribution of plants. *New Phytologist*, 106 (suplemento): 113-130.
- Hairston, N.G. 1989. *Ecological Experiments: Purpose, Design, and Execution*. Cambridge University Press. New York.
- Hall, C.A.S., J.A. Stanford y R. Hauer. 1992. The distribution and abundance of organisms as a consequence of energy balances along multiple environmental gradients. *Oikos*, 65: 377-390.
- Hamlyn, G.J. 1992. *Plants and Microclimate: a Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology*. 2a ed., Cambridge University Press, Cambridge.
- Hardy, F. 1970. *Suelos Tropicales con Énfasis en América*. Herrero. México.
- Harper, J.L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press. Londres.
- Heady, H.F. R.D. Child. 1994. *Rangeland Ecology and Management*. Westview Press. Fort Collins.
- Herbohn, J.L. y R.A. Congdon. 1993. Ecosystem dynamics at disturbed and undisturbed sites in north Queensland wet tropical rain forest. II. Litterfall. *Journal of Tropical Ecology*, 9: 365-380.
- Hernández Rivera, L. y J. Aguilar Patiño. 1993. Germinación de semillas de vara blanca (*Croton reflexifolius*) bajo diferentes regímenes de imbibición en agua destilada. *Agronomía*, 3 y 4: 59-63.
- Hills, E.J. 1966. *Arid Lands- A Geographical Appraisal*. Mathuen. Londres.
- Hunter, M.D. y P.W. Price. 1992. Natural variability in plants and animals. *Effects of Resource Distribution on Animal-Plant Interactions* (Eds. M.D. Hunter, T. Ohgushi y P.W. Price) pp 1-12. Academic Press. San Diego.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1979. *Cartas Topográficas*. Esc. 1:50,000. México, D.F.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1991. *Anuario Estadístico del Estado de Sinaloa*. INEGI. México, D.F.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1995. *Anuario Estadístico del Estado de Sinaloa*. INEGI. México, D.F.
- Jackson, M.L. 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall Englewood-Cliffs.
- Janzen, D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical rain forest. *American Naturalist*, 104: 501-528.
- Jáuregui, E. 1989. Los huracanes prefieren a México. *Información Científica y Tecnológica*, 11: 32-39.
- Kadmon, R. 1993. Population dynamics consequences of habitat heterogeneity: An experimental study. *Ecology*, 75: 816-825.
- Killham, K. 1994. *Soil Ecology*. Cambridge University Press. Nueva York.
- Kimmins, J.P. 1987. *Forest Ecology*. MacMillan. Nueva York.

- Krebs, C.J. 1985. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. 3a. ed., Harper & Row. Nueva York.
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper & Row. Nueva York.
- Leishman, M.R. y M. Westoby. 1994. The role of seed size in seedling establishment in dry soil conditions: experimental evidence from semi-arid species. *Journal of Ecology*, 82: 249-258.
- Lemus Vázquez, A. y J.G. González Guiza. 1995. *Diagnóstico Ecológico y Socioeconómico de las Selvas del Estado de Sinaloa*. Memoria de Experiencia Profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo. de México.
- López Cota, J.A. 1986. Nociones generales de la flora sinaloense. *Proyecto de Desarrollo Cultural Regional Animales y Plantas en el Estado de Sinaloa*, pp 17-28. Secretaría de Educación Pública. Culiacán, Sin.
- Marrero, L. 1981. *La Tierra y sus Recursos*. Publicaciones Cultural. Barcelona.
- Martínez, M. 1979. *Plantas Mexicanas*. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Matteucci, S.D. y A. Colma. 1982. *Metodología para el Estudio de la Vegetación*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, D.C.
- McConnaughay, K.D.M. y F.A. Bazzaz. 1991. Is physical space a soil resource? *Ecology*, 72: 94-103.
- McLendon, T. y E.F. Redente. 1992. Effects of nitrogen limitation on species replacement dynamics during early secondary succession on a semiarid sagebrush site. *Oecologia*, 91: 312-317.
- Miranda, F. y E. Hernández Xolocotzi. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 28: 29-179.
- Munsell Soil Color Charts. 1954. Munsell Color Company, Inc. Baltimore.
- Muro García, B. 1987. *El Proceso de Producción de la Vara Blanca (Croton sp.) en el Estado de Sinaloa*. Memoria de Seminario de Titulación. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, Edo. de Méx.
- Muro García, B. y L. Sánchez Rojas. 1988. El proceso de producción e importancia de la vara blanca en el Estado de Sinaloa. *Revista Chapingo*, 60-61: 72-75.
- Mustart, P.J. y R.M. Cowlingahn. 1993. The role of regeneration stages in the distribution of edaphically restricted fynbos Proteaceae. *Ecology*, 74: 1490-1499.
- Myster. R.W. 1994. Contrasting litter effects on old field tree germination and emergence. *Vegetatio*, 114: 169-174.
- Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe y L.A. Dean. 1954. *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*. United States Department of Agriculture. Circular 939. Washington, D.C.
- Orozco-Segovia, A. y C. Vázquez-Yanes. 1992. Los sentidos de las plantas. La sensibilidad de las semillas a la luz. *Ciencia*, 43: 399-411.
- Ortega, T.E. 1981. *Química de Suelos*. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo. de México.
- Ortiz Acosta, M. 1982. *Boletín Climatológico del Estado de Sinaloa*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Culiacán, Sin.
- Ortiz Solorio, C. 1984. *Elementos de Agrometeorología Cuantitativa con Aplicaciones en la República Mexicana*. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo. de México.
- Pease, G.M., L. Russell y J.J. Bull. 1989. A model of population growth, dispersal and evolution in a changing environment. *Ecology*, 70: 1657-1694.
- Peters, R. y W.J. Platt. 1996. Growth strategies of main trees and forest architecture of a *Fagus-Magnolia* forest in Florida, USA. *Vegetatio*, 123: 39-49.
- Philippi, T.M. 1993. Multiple regression: herbivory. *Design and Analysis of Ecological Experiments* (Eds. S.M. Scheiner y J. Gurevitch), pp 183-210. Chapman & Hall. Nueva York.
- Pickett, S.T.A. y P.S. White. 1985. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press. San Diego.

- Polina López J. 1995. *Notificación para el Aprovechamiento de Vara de la Especie Canelilla y Otras Comunes Tropicales para el Ejido Campo Acosta, Municipio de Tomatlán, Jalisco*. Documento Oficial, El Tuito, Jalisco.
- Popma, J., F. Bongers, M. Martínez-Ramos y E. Veneklaas. 1988. Pioneer species distribution in treefall gaps in Neotropical rain forest; a gap definition and its consequences. *Journal of Tropical Ecology*, 4: 77-88.
- Preston, F.W. 1948. The commonness and rarity of species. *Ecology*, 29: 254-283.
- Primack, R. y H. Lee. 1991. Population dynamics of pioneer (*Macaranga*) trees and understorey (*Mallotus*) trees (*Euphorbiaceae*) in primary and selectively logged Bornean rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, 7: 439-458.
- Raich, J. 1990. Effects of canopy opening on tree seed germination in Malasian dipterocarp forest. *Journal of Tropical Ecology*, 6: 203-217.
- Reader, R.J. 1993. Control of seedling emergence by ground cover and seed predation in relation to seed size for some old-field species. *Journal of Ecology*, 81: 169-175.
- Reyes Olivas, A. 1993. *Determinantes Ecológicas de la "Vara Blanca" (Croton spp.) en el Estado de Sinaloa*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de México.
- Richards, L.A. (Ed.). 1970. *Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos*. 5a ed., LIMUSA. México, D.F.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México, D.F.
- Sánchez-Garduño, C. y J. Wright. 1995. Depredación predisposición de óvulos y semillas de *Anacardium excelsum*, un árbol tropical dominante en Panamá: un caso de depredación cuasi total. Libro de Resúmenes. XIII Congreso Mexicano de Botánica. pp. 48-49. México, D.F.
- Schmidt, R.H. 1976. *A Geographical Survey of Sinaloa*. University of Texas, El Paso.
- SEP (Secretaría de Educación Pública). 1989. *Sinaloa Tierra Fértil Entre la Costa y la Sierra*. Secretaría de Educación Pública. México, D.F.
- Shreve, F. 1934. Vegetation of the northwestern coast of Mexico. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 61:373-380.
- Shreve, F. 1937. Lowland vegetation of Sinaloa. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 64:605-613.
- Shreve, F. e I.L. Wiggins. 1964. *Vegetation and Flora of the Sonoran Desert*. Vol, I y II. Stanford University Press. Stanford.
- Silvertown, J.W. y F. R. Wilkin. 1983. An experimental test of the role of micro-spatial heterogeneity in the coexistence of congeneric plants. *Biological Journal of the Linnean Society*, 19: 1-8.
- Standley, P.C. 1961. Trees and Shrubs of Mexico. *Contributions of the United States National Herbarium*, 23: 595-690.
- StatSoft. 1995. *Statistica for Windows*. StatSoft, Inc. Tulsa.
- Steinmann, V.W. y R. Felger (en prensa). The Euphorbiaceae of Sonora, Mexico.
- Tan, K.H. 1994. *Environmental Soil Science*. Marcel Dekker, Nueva York.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 1991. *Plant Physiology*. Benjamin/Cummings. Redwood City.
- Toharia Cortés, M. 1981. *Tiempo y Clima*. SALVAT. Barcelona.
- Turner, I.M., B.C. Ong y H.T.W. Tan. 1995. Vegetation analysis, leaf structure and nutrient status of a Malaysian heath community. *Biotropica*, 27: 2-12.
- USSLS (United States Salinity Laboratory Staff). 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. U.S. Department of Agriculture. Handbook 60. United States Government Printing Office. Washington, D.C.
- Vázquez-Yanes, C. y A. Orozco-Segovia. 1993. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 24: 69-87.
- Vázquez-Yanes, C. y A. Orozco-Segovia. 1994. Signal for seeds to sense and respond to gaps. *Exploitation of Environmental Heterogeneity by Plants: Ecophysiological Processes Above and Below Ground* (Eds. M. Caldwell y R. Pearcy). pp 209-236. Academic Press. Nueva York.

- Vázquez-Yanes, C., A. Orozco-Segovia, E. Rincón, M.E. Sánchez-Coronado, P. Huante, J.R. Toledo y V.I. Barradas. 1990. Light beneath litter in a tropical forest: effects on seed germination. *Ecology*, 75: 1952-1958.
- Vega Alvarado R. 1993. *Primer Informe de Gobierno 1993. Anexo Sinaloa*. Gobierno del Estado de Sinaloa. Culiacán, Sin.
- Vega Alvarado R. 1995. *Tercer Informe de Gobierno 1995. Anexo Sinaloa*. Gobierno del Estado de Sinaloa. Culiacán, Sin.
- Vega Aviña, R., G.A. Bojórquez y F. Hernández Alvarez. 1989. *Flora de Sinaloa*. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sin.
- Vickery, M.L. 1987. *Ecología de Plantas Tropicales*. Limusa. México, D.F.
- Westoby, M., B. Rice y J. Howell. 1990. Seed and plant growth form as factors in dispersal spectra. *Ecology*, 71: 1307-1315.
- Whitmore, T.C. 1989. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology*, 70: 536-538.
- Wilson, J.B., G.L. Rapson, M.T. Sykes, A.J. Watkins, y P.A. Williams. 1992. Distribution and climatic correlations of some exotic species along roadsides in South Island, New Zealand. *Journal of Biogeography*, 19: 183-194.
- Zar, J.H. 1984. *Biostatistical Analysis*. 2a ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Zavala Hurtado, J.A. 1986. *Introducción al Enfoque Multivariado en Estudios de Vegetación*. Instituto Nacional de Recursos Bióticos, Xalapa, Veracruz.]

APENDICE

DESCRIPCION DE LAS ESPECIES DE VARA BLANCA

Croton flavescens. Además de ser llamada vara blanca, también es conocida por los campesinos como vara manchadora. La razón para llamarla así es que cuando se le corta una hoja o parte de la corteza secreta un líquido rojizo que tiñe la ropa. Esta es una característica importante para distinguirla en el campo del resto de las especies de vara blanca.

Esta especie es un arbusto de 1 a 4 m de altura, aunque ocasionalmente puede llegar hasta 6 m (Reyes Olivas, 1993). La corteza del tallo es de una coloración parda veteada. Las flores se disponen en racimos terminales de 2 a 5 cm de largo, aunque en ocasiones pueden ser un poco más grandes; las flores femeninas se encuentran en la parte proximal, mientras que las masculinas en la porción distal. La formación de botones florales, y en general de la floración, se presenta después de las primeras lluvias de verano.

Los frutos tienen unos 10 mm de diámetro, los cuales maduran en diferentes momentos de la temporada de lluvias (desde mediados a fines del periodo de lluvias de verano); los frutos son cápsulas tomentosas con pelos estrellados; tienen tres semillas de color café de 5 a 8 mm. Las hojas son de 6 a 10 cm, de margen entero, cordada, con venación palmada con 3 nervaduras; el ápice es acuminado, tiene pubescencia con pelos estrellados e individuales, tupida, la cual disminuye con la maduración de la hoja; presenta un peciolo de 2 a 3 cm; tiene estípulas persistentes entre el peciolo y el tallo.

Croton septemnerivus. En la región es la especie que los campesinos conocen más comúnmente como vara blanca, puesto que la corteza del tallo es blanca (casi siempre blanco con café pálido). Es un arbusto de 2 a 5 m, aunque en ocasiones puede tener mayores dimensiones. Sus flores se disponen en racimos axilares de unos 2 cm. Un aspecto importante es que esta especie tiene botones florales durante toda la temporada de sequía; cuando se presentan lluvias de invierno la planta florece a los tres días, y lo mismo sucede en la época de verano.

La hoja es de unos 7 cm de larga, oblonga, con ápice terminado en punta aguda, corta y flexible; por el envés tiene una superficie escamosa, mientras que por el haz tiene pelos estrellados; tiene un peciolo de 2 a 3 cm. Otro aspecto sobresaliente de sus hojas son las siete nervaduras principales, las cuales tienen disposición palmada.

El fruto es una cápsula globosa de 10 mm que madura entre los 7 y 10 días posteriores a la apertura del botón floral. La semilla es de color café fuerte, el tamaño es de 3 x 5 mm y es expulsada por la planta a principios del periodo de lluvias.

Croton alamosanus. Es un arbusto de 1 a 4 m que se distingue muy fácilmente de los otros dos, principalmente por la forma de sus hojas, éstas son lanceoladas, de unos 10 cm de largo por 3 cm de ancho con pubescencia estrellada; tienen un peciolo corto de 0.5 cm; otra característica que la distingue a simple vista son las estípulas enteras y largas, de 0.7 cm, foliáceas y persistentes en las hojas. Las inflorescencias son en racimos de 3 a 8 cm de largo, las flores femeninas se ubican en la parte proximal y las estaminadas en la porción distal. El comportamiento de la floración y la fructificación es parecido al de *Croton flavescens*.

Croton watsonii. Es llamada por los campesinos vara de la costa. Es un arbusto de 2 a 4 m de alto. Sus hojas son enteras, ovadas o lanceoladas, de 2 a 8 cm de largo. El envés de la hoja es glauco debido a que está cubierto de escamas de un color plateado. De las cinco especies de vara, ésta es la que tiene la inflorescencia más grande, ya que mide hasta 15 cm. Tiene estípulas persistentes de 2 mm de largo. El tallo es de coloración gris rosado. Un rasgo muy distintivo de *C. watsonii* es la disposición de las ramas terminales. Los individuos de esta especie tienen de 8 a 10 pequeñas ramas que parten de un mismo eje en forma alterna, con una distancia de entre 0.5 y 1.5 cm. Esta especie florece pocos días después del inicio del periodo de lluvias de verano. Completa el ciclo, desde la aparición de la flor hasta la maduración del fruto en aproximadamente 45 días (a mediados del periodo de lluvias).

Croton reflexifolius. Es un arbusto que puede alcanzar alturas hasta de 7 m y diámetros de tallo hasta de 20 cm a la altura del pecho. Este arbusto es muy parecido a *C. septemnerivius*. Los cortadores de vara blanca muchas veces confunden a estas dos especies, pues tienen el mismo tipo y tamaño de inflorescencia, la misma ubicación (axilares) y el mismo comportamiento con respecto a la permanencia de los botones florales y la rapidez con que se forma y madura el fruto, la misma forma de hoja y fruto. Sin embargo, la hojas de *C. reflexifolius* tienen 5 nervaduras y por el envés tiene mayor cantidad de escamas, esto le da una tonalidad plateada. Esta última característica la distingue a simple vista de *C. septemnerivius* y *C. flavescens*, pues con el reflejo de la luz se marca la diferencia entre las especies; por el lado también presenta escamas, las cuales se observan a simple vista como puntitos plateados. El fruto también es densamente pubescente con tres semillas, las cuales son de color café oscuro y miden hasta 6 x 3 mm.