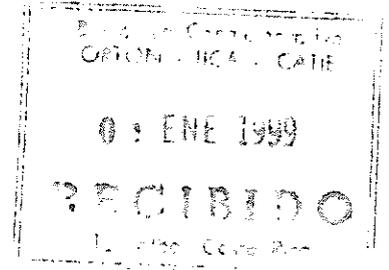


**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**  
**PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION**

**ESCUELA DE POSTGRADO**



**DISTRIBUCION DE *Zamia skinneri*, UN PRODUCTO NO  
MADERABLE DE LOS BOSQUES DE CENTRO AMERICA**

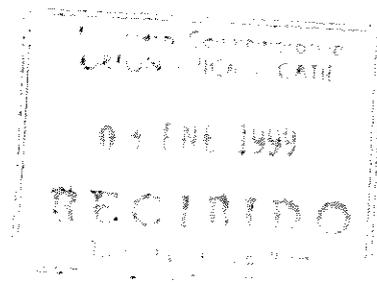
**POR**

**DOMINGO CESAR MAIOCCO**



Turrialba, Costa Rica  
1998

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**  
**PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**



// **DISTRIBUCIÓN DE *Zamia skinneri*, UN PRODUCTO NO MADERABLE DE LOS BOSQUES DE CENTRO AMERICA**

Tesis sometida a consideración del Comité Técnico Académico del Programa de Estudios de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de :

*Magister Scientiae*

*por*

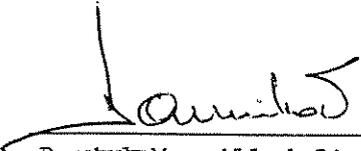
✓  
**DOMINGO CÉSAR MAIOCCO NOSETTO**

Turrialba, Costa Rica  
1998

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Dirección de la Escuela de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

*MAGISTER SCIENTIAE*

FIRMANTES:

  
Daniel Marmilled Sigrist. Ph.D.  
Profesor Consejero

  
Florencia Montagnini. Ph.D.  
Miembro Comité Asesor

  
Gabriel R. Robles Valle. M.Sc.  
Miembro Comité Asesor

\_\_\_\_\_  
Miembro Comité Asesor

  
Gilberto Páez Bogarin. Ph.D.  
Director y Decano de la Escuela de Postgrado

  
Domingo César Maiocco Noretto  
Candidato

## **DEDICATORIA**

A mis padres: Gloria y Juan

A mis adorables hijos: Marcia y Martín

A mi esposa: Alicia Mónica por su amor y paciencia.

## AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a las siguientes personas por su colaboración y apoyo en la elaboración del Proyecto de Tesis:

Dr. Daniel Marmillod

Dra. Florencia Montagnini

M.Sc. Gabriel Robles

M.Sc. Roger Villalobos

Analista Jhonny Pérez

Sr. Angel Páez (baquiano)

Sr. Martín Artavía

Por brindar valiosa información:

Nelson Zamora del Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio)

Carlos Benavidez y Alfonso Quesada (Museo Nacional de Costa Rica)

Profesor Luis Poveda de la Universidad Nacional (UNA)

Por País y zonas relevadas:

### **Costa Rica**

Ing. Rafael Ocampo y Sr. Antonio Rosales (Corina - Talamanca)

Elías Villareal (San Rafael de Bordón- Talamanca)

Guardaparque: Carlos Zuñiga Santana y parataxónomo: Calixto Moraga Medina (Estación Biológica Pitilla - Volcán Orosi - Guanacaste)

Gilromualdo Aguilar Ortíz, Wilfrido Aguilar Aguilar y Alejandro Ortíz (Reserva Indígena Chirripó - Santa Rosa)

Edgardo Arévalo, Crisley Céspedes y Jorge Ramírez Vargas (Reserva Poco Sol - Monteverde)

Marcos Rojas Rojas y Jim Harvey (Finca Cote - Arenal)

Juvenal Ciles y Ronulfo Vargas (Refugio Nacional de Fauna Silvestre, Barra del Colorado)

Carlos Vázquez (Río Barranca - Jesús María)

Tania Brenes y Joel Alvarado (Estación Biológica "La Selva")

Tenorio Jiménez y Pedro Ezeta Salisetti (Parque Nacional Braulio Carrillo, Estación "El Ceibo")

### **Panamá**

Hilario Sánchez Quinteros y Ramón Pineda Castillo (Guardaparques, Parque Internacional La Amistad - "Panajungla")

### **Nicaragua**

Norman Gutiérrez, Urania Estrada Ortiz y Abraham Marín, (Propiedad de la Universidad Centroamericana - "La Lupe").

A las siguientes Instituciones y Proyectos:

- Facultad de Ciencias Forestales - Universidad Nacional de Misiones - Argentina.
- Museo Nacional de Costa Rica.
- Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio).
- Ministerio Nacional de Agricultura y Energía (MINAE).
- Estación Biológica "La Selva".
- Parque Internacional "La Amistad" - Panajungla - IRENARE, Panamá.
- Universidad Centroamericana (UCA), Nicaragua.
- Proyecto OLAFO
- Proyecto COSUDE
- Proyecto TRANSFORMA

Muy especialmente mi reconocimiento a los compañeros de Maestría:

Fernando Bajaña Fabara (Ecuador), Darío Navarrete Gutiérrez (México), Judith Ceballos Espinoza (México) y Rosaura Gómez Alemán (Honduras).

## RESUMEN

Maiocco Nosetto, D.C. 1998. Distribución de *Zamia skinneri*, un producto no maderable de los bosques de Centro América. Tesis M. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE.

**Palabras claves:** *Zamia skinneri*, productos no maderables, gradiente altitudinal, patrón espacial, bosque húmedo tropical, Costa Rica, Panamá, Nicaragua.

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), establecieron en 1989, el Proyecto: "Conservación para el Desarrollo Sostenible en Centro América", denominado "OLAFO", implementando en Costa Rica un Área Demostrativa en la región de baja Talamanca. Durante el primer año se realizaron investigaciones etnobotánicas, en donde se identificaron 120 productos no maderables del bosque. Una de estas plantas es *Zamia skinneri* Warszewicz ex A. Dietrich, perteneciente a la familia *Zamiaceae* y la cual está inscrita en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES).

La especie es originaria de Costa Rica, Panamá y Nicaragua y posee valor económico como producto ornamental, tanto en el mercado nacional como internacional.

El estudio se realizó en los tres países mencionados y con el objetivo de caracterizar la distribución de las poblaciones naturales de la planta y sus requerimientos ambientales, se relevaron 13 zonas. Se implementaron 22 transectos para analizar los gradientes altitudinales y conocer el patrón espacial de la especie. Tomando como base éstos transectos, se aplicó el método de muestreo adaptativo.

Las variables que inciden en la distribución y densidad de individuos de *Zamia Skinneri* son, la luz, temperatura, altitud, posición topográfica y la latitud. Asimismo las zonas altas del relieve, como - parte superior de una fila, parte superior de un lomo o fila secundaria - presentan mayor cantidad de individuos por unidad de área que las laderas suaves (con pendientes menores a 30%) y llanos.

Se diferenciaron dos grupos de zonas, el primero con niveles altitudinales bajos - desde 25 hasta 300 msnm- compuesto por San Rafael de Bordón y Corina en Talamanca, Refugio Nacional de Fauna Silvestre Barra del Colorado y Estación Biológica La Selva en Costa Rica; Parque Internacional La Amistad Panajungla en Panamá presenta una densidad estimada de 336 plantas por hectárea y distribución agregada. El segundo grupo con niveles altitudinales altos - desde 450 msnm hasta 950 msnm - compuesto por Area de Conservación Guanacaste y las zonas Cañón Mena, Orosi, Estación Biológica Pitilla; Finca Cote Arenal, Reserva Poco Sol Monteverde pertenecientes a Costa Rica presentan una densidad estimada de 82 plantas por hectárea y distribución aleatoria.

## SUMMARY

Maiocco Nosetto, D.C. 1998. Distribution of *Zamia skinneri*, a non-timber forest product of Central America. Tesis M. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE.

**Key words:** *Zamia skinneri*, non-timber products, altitude gradient, spatial pattern, tropical humid forest, Costa Rica, Panama, Nicaragua.

In 1989 the Tropical Agriculture Research and Higher Education Center (CATIE) and the International Union for the Conservation of Nature (IUCN) established the Project "Conservation for Sustainable Development in Central America", better known as "OLAFO", which was implemented in Costa Rica in a Demonstration Area in the lower region of Talamanca. During the first year, ethnobotanical research was done, where 120 non-timber forest products were identified. One of these plants is *Zamia skinneri* Warszewicz ex A. Dietrich, pertaining to the Zamiaceae family and which is registered in Appendix II of the Convention regarding the International Commerce of Threatened Wild Flora and Fauna Species (CITES).

The species is native of Costa Rica, Panama and Nicaragua and has economic value as an ornamental product, both in national and international markets.

The study was conducted in the three countries, and 13 zones were inventoried to characterize the plant's natural population distributions as well as its environmental requirements. Twenty-two transects were taken to analyze altitude levels and to learn the species' spatial pattern. These transects were used as the base for an adaptive sampling.

The variables which influence the distribution and density of individual *Zamia skinneri* plants are light, temperature, altitude, topographical position and latitude. In the same manner, higher areas of the relief, such as the top part of a row, low part of a hill or secondary row, show a greater number of individuals per area unit than on low hillsides (with inclines of less than 30%) and flatlands.

Two groups of zones were observed. The first had low altitude levels -from 25 to 300 masl- in the San Rafael de Bordón and Corina in Talamanca, Barra de Colorado National Wildlife Refuge and the La Selva Biological Station in Costa Rica; the La Amistad International Park -Panajungla- in Panama show an estimated density of 336 plants per hectare and aggregated distribution. The second group with high altitude levels -from 450 to 950 masl- included the Guanacaste Conservation Area and the Cañon Mena, Orosi, Pitilla Biological Station, Finca Cote, Arenal, Poco Sol Reserve Monteverde in Costa Rica showed an estimated density of 82 plants per hectare and random distribution.

01 JUN 1999

RECIBIDO

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b>	vi
<b>SUMMARY</b>	vii
<b>CONTENIDO</b>	viii
<b>LISTA DE CUADROS</b>	x
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	xi
<b>LISTA DE ANEXOS</b>	xiii
<b>I. INTRODUCCION</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	3
<b>III. HIPOTESIS</b>	4
<b>IV. REVISION DE LITERATURA</b>	4
<b>4.1. La biogeografía centroamericana.</b>	4
4.1.2. El clima de Costa Rica	6
4.1.3. Características físicas y ambientales de la Provincia Bocas del Toro: Panamá.	14
4.2.4. Características físicas y ambientales del Departamento Río San Juan: Nicaragua	15
<b>4.2. Descripción botánica de la especie <i>Zamia skinneri</i> Warszewicz ex. A. Dietrich.</b>	16
<b>4.3. Caracterización de dos gradientes ecológicos que determinan el hábitat de <i>Zamia skinneri</i> en un bosque neotropical lluvioso de Costa Rica.</b>	17
<b>4.4. Antecedente histórico: El uso de <i>Zamia spp.</i> como un producto comestible</b>	18
<b>4.5. Utilización de <i>Zamia skinneri</i> como un producto ornamental</b>	19
<b>V. MATERIALES Y METODOS</b>	20
<b>5.1. Determinación de la distribución natural de <i>Zamia skinneri</i>.</b>	20
5.1.2. Fuentes de información	20
5.1.3. Zonas de estudio	21
5.1.3.1. Costa Rica	21
5.1.3.2. Panamá	22
5.1.3.3. Nicaragua	22
<b>5.2. Materiales y equipo</b>	25
5.2.1. Otros requerimientos	25
<b>5.3. Metodología</b>	25
5.3.1. Método de muestreo	25
5.3.2. Diseño	27
5.3.3. Implementación de los transectos de muestreo	28
5.3.4. Descripción de las variables ambientales	32
5.3.4.1. Topografía	32
5.3.4.2. Exposición	34
5.3.4.3. Altitud	34
5.3.4.4. Grado de iluminación	34
5.3.4.5. Tipo de bosque	35
5.3.5. Criterios adoptados para la caracterización de las poblaciones de <i>Zamia skinneri</i>	36
<b>5.4. Análisis de la información</b>	38

<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>40</b>
<b>6.1. Análisis de las variables poblacionales</b>	<b>40</b>
6.1.1. Relación entre variables	43
6.2.1. Las variables ambientales.	46
6.2.1.1. Relación entre las variables: clase de agregados por número de plantas y pendientes.	46
6.2.1.2. Relación entre las variables: clase de agregados por número de plantas y altitud.	47
6.2.1.3. Relación entre las variables: clase de agregados por número de plantas y tipo de vegetación.	49
6.2.1.4. Relación entre las variables: clase de agregados por número de plantas y tipo de topografía.	51
6.2.1.5. Distribución del número de agregados en función del grado de iluminación.	52
<b>6.3. Diferenciación de las zonas estudiadas en función a la altitud</b>	<b>54</b>
6.3.1. Información de las zonas estudiadas por grupos	56
<b>6.4. Caracterización de los transectos y parches de las zonas estudiadas</b>	<b>60</b>
6.4.1. Valor discriminante de los caracteres para separar grupos	61
6.4.1.2. Caracteres cualitativos	61
6.4.1.3. Caracteres cuantitativos	61
<b>VII. CONCLUSIONES</b>	<b>66</b>
<b>VIII BIBLIOGRAFÍA CITADA</b>	<b>68</b>
<b>IX. ANEXOS</b>	<b>73</b>

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1:	Zonas donde se realizaron los transectos de medición de <i>Zamia skinneri</i> en Costa Rica, Panamá y Nicaragua	28
Cuadro 2:	Códigos de acuerdo a las condiciones topográficas en las parcelas	33
Cuadro 3:	Índices de iluminación para las plantas, adaptados del índice de iluminación de la copa de Clark y Clark (1992)	35
Cuadro 4:	Coeficientes de correlación de Pearson (P) y Spearman (S) para las variables cuantitativas: número de hojas, número de folíolos y altura de tallos	43
Cuadro 5:	Distribución del número de agregados por clases de agregados en función del número total de parcelas por agregado	44
Cuadro 6:	Relación entre las variables: clase de agregados por número de plantas y pendientes	46
Cuadro 7:	Relación entre las variables: clase de agregados por número de plantas y altitud	47
Cuadro 8:	Relación entre las variables: clase de agregados por número de plantas y tipo de vegetación	49
Cuadro 9:	Relación entre las variables: clase de agregados por número de plantas y tipo de topografía	51
Cuadro 10:	Distribución del número de agregados en función del grado de iluminación	52
Cuadro 11:	Coeficientes del análisis discriminante canónico	56
Cuadro 12:	Síntesis de las variables poblacionales para los grupos de zonas	57
Cuadro 13:	Síntesis de las variables ambientales para los grupos de zonas	58
Cuadro 14:	Síntesis de las densidades de plantas para los grupos de zonas	59
Cuadro 15:	Distribución de las entradas por grupo, según el análisis jerárquico de Ward	60
Cuadro 16:	Caracteres cualitativos de mayor valor discriminante entre grupos	61
Cuadro 17:	Coeficientes de correlación de Pearson (R) para las variables seleccionadas	62
Cuadro 18:	Coeficientes del análisis discriminante canónico	64
Cuadro 19:	Síntesis de las variables consideradas por grupos	65

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Regiones físico geográficas de Costa Rica (Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica, 1998)	7
Figura 2:	Promedios de lluvia mensual, Estación Meteorológica de Limón	8
Figura 3:	Promedios de lluvia mensual, Estación Meteorológica de Los Chiles	9
Figura 4:	Promedios de Humedad Relativa, Estación Meteorológica de Limón	9
Figura 5:	Valores promedios de horas de sol, Estación Meteorológica de Limón	10
Figura 6:	Promedios mensuales de Temperatura, Estación Meteorológica de Limón	10
Figura 7:	Promedios mensuales de lluvia, Estación Meteorológica de Pavas	11
Figura 8:	Promedios mensuales de Temperatura, Estación Meteorológica de Pavas	12
Figura 9:	Promedios de Humedad Relativa, Estación Meteorológica de San José	12
Figura 10:	Valores promedios de horas de sol, Estación Meteorológica de Pavas	13
Figura 11:	Provincia Bocas del Toro, "Panajungla", Panamá	23
Figura 12:	Propiedad de la Universidad Centroamericana, "La Lupé", Nicaragua	24
Figura 13:	Representación gráfica de las unidades primarias y secundarias.	26
Figura 14:	Ubicación de las zonas relevadas en Costa Rica, Panamá y Nicaragua	29
Figura 15:	Corina – Talamanca, Transecto N°1, longitud: 207 metros	30
Figura 16:	La Lupe- Nicaragua, Transecto N°1, longitud: 478 metros	31
Figura 17:	San Rafael de Bordón, Transectos N°1 y 2, longitud: 207 metros	31
Figura 18:	Reserva Indígena Chirripó, Transecto N°1, Longitud: 329 metros	32
Figura 19:	Distribución del total de plantas de <i>Zamia skinneri</i> medidas en Nicaragua, Costa Rica y Panamá por clases de número de hojas, expresado en porcentaje (%)	40

Figura 20:	Distribución del número de plantas, por clases del número total de foliolos, en por ciento (%), amplitud de clase 4 foliolos.	41
Figura 21:	Distribución del número total de plantas de <i>Zamia skinneri</i> con más y con menos de 16 foliolos en la hoja más desarrollada.	42
Figura 22:	Distribución del número de plantas por clases de altura de tallo.	42
Figura 23:	Distribución porcentual del número de agregados por clases en función del número total de plantas por agregado.	45
Figura 24:	Número de foliolos de la hoja más desarrollada de las 14 plantas presentes en una parcela de 25 m <sup>2</sup> , en la Reserva Indígena Chirripó.	53
Figura 25:	Proyección de los dos grupos de zonas sobre los dos primeros ejes del análisis discriminante canónico.	55
Figura 26:	Proyección de los cuatro grupos de zonas sobre los dos primeros ejes del análisis discriminante canónico.	63

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1	Planilla para la toma de datos en transectos: Proyecto: <i>Zamia skinneri</i>	74
Anexo 2	Planilla para la toma de datos por parcelas 5 x 5 m. (25 m <sup>2</sup> ): Proyecto: <i>Zamia skinneri</i>	75
Anexo 3.	Síntesis de la información para las zonas del Grupo 1 correspondientes al primer análisis discriminante canónico	76
Anexo 4	Síntesis de la información para las zonas del Grupo 2 correspondientes al primer análisis discriminante canónico	77
Anexo 5	Listado de Familias identificadas y número de árboles por hectárea (parcela de 2500 m <sup>2</sup> )	79
Anexo 6	Representación gráfica de los transectos	81
Anexo 7	Ubicación de las zonas estudiadas en base a las coordenadas geográficas	84
Anexo 8	Datos de la precipitación total anual y temperatura promedio anual para las zonas de estudio	85

## I. INTRODUCCION

La pérdida de la biodiversidad depende en gran parte de la deforestación, y esto a su vez va unido a la pobre valoración que se hace de los productos no maderables del bosque (PNMB). Los campesinos, generalmente, no son los que explotan la madera, por lo tanto, obtienen muy pocos beneficios. Una de las estrategias para disminuir paulatinamente la deforestación, es mejorar la valorización de los productos y servicios del bosque (Budowski, 1995).

Los bosques tropicales poseen una rica diversidad de PNMB, incluyendo frutos, vegetales comestibles, hongos, exudados como gomas, resinas y látex, así como también especias, animales de caza y plantas de uso ornamental y farmacéutico (Okafor, 1991).

En 1990, la superficie estimada de cubierta forestal tropical en la región de América Latina y el Caribe, era de alrededor de 920 millones de hectáreas, de las cuales unas 800 millones estaban en Sudamérica (Okafor, 1991).

Estos bosques son ricos en recursos genéticos de plantas y el hábitat de numerosas especies multipropósito. Durante milenios los habitantes de los bosques de la región han sobrevivido con productos recolectados o cosechados en los bosques. A través de cientos de años de estrecha relación con los bosques y la naturaleza, los Incas, Aztecas, Mayas, Indios Amazónicos, y otros pueblos indígenas han descubierto y utilizado innumerables PNMB (Chandrasekharan y Firsk, 1995)

De acuerdo a la FAO (1992), los principales factores que han impedido el aprovechamiento de los PNMB a mayor escala son los siguientes:

- a) Los prejuicios contra la utilización de este tipo de productos.
- b) La falta de valorar los PNMB en el contexto de las economías nacionales.
- c) La incompreensión del papel de los PNMB en la vida de las comunidades rurales.
- d) Los prejuicios, tanto de los trabajadores de campo como de los científicos, en favor de productos que exigen una tecnología muy especializada, frente a los productos naturales, que frecuentemente sólo requieren una elaboración sencilla.

- e) La falta de información, la dificultad para acceder a la literatura técnica existente y la carencia de una adecuada capacitación.

Okafor (1991), resalta la importancia de los PNMB para las economías rurales, donde muchas veces estos productos aseguran la alimentación en épocas críticas, proveen materiales para la construcción y medicinas tradicionales.

De acuerdo a Wickens (1991) la investigación actual, aunque escasa, alcanza para indicar la diversidad de usos y aprovechamientos asociados con los PNMB. Como ejemplo de comunidades que ordenan y explotan sus recursos naturales de manera sostenible se cita a los Kapayós, de la selva amazónica, en la parte meridional del estado de Pará, en Brasil, que utilizan más del 98 por ciento de un conjunto de 120 especies recolectadas.

Los "Productos Forestales No Madereros" (PFNM) cumplen un papel crucial en la vida diaria y en el bienestar de las comunidades locales, como fuente de importantes insumos, tales como alimentos, forraje, fertilizante, energía, fibra, medicina, material de construcción y otros que constituyen materia prima para innumerables industrias (FAO 1992).

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), establecieron en 1989, el Proyecto: "Conservación para el Desarrollo Sostenible en Centro América", denominado Proyecto "OLAFO", implementando en Costa Rica un Área Demostrativa en la región de baja Talamanca. Durante el primer año se realizaron investigaciones etnobotánicas, en donde se identificaron 120 productos no maderables del bosque.

Posteriormente, se realizaron estudios para la selección entre los recursos nativos identificados, de ocho especies de plantas, con el fin de evaluarlas, ya que poseen un gran potencial económico y de utilización en procesos de desarrollo sostenible, aportando a estimular la conservación de los bosques. Una de estas plantas es *Zamia skinneri* Warszewicz ex A. Dietrich, perteneciente a la familia *Zamiaceae* y la cual está inscripta dentro del Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies

Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES), que permite solamente la exportación comercial de semillas.

Las primeras observaciones de *Z. skinneri* mostraron que esta especie posee una amplia distribución en la región centroamericana y se encuentra a diferentes niveles altitudinales (desde 20 hasta 1.100 msnm). Su existencia está vinculada a la presencia de cobertura boscosa, ya que la exposición a la radiación solar provoca su muerte (Ocampo, 1992).

Actualmente la *Z. skinneri*, planta originaria de Costa Rica, Panamá y Nicaragua posee valor económico como producto ornamental, tanto en el mercado nacional como internacional (Hauser, 1996).

## II. OBJETIVOS

Como **objetivo general** la presente investigación plantea caracterizar la distribución de las poblaciones naturales de *Zamia skinneri* y sus requerimientos ambientales, en la región centroamericana, a los efectos de aumentar los conocimientos tendientes a su manejo en condiciones naturales, para beneficio de las comunidades rurales.

### Objetivos específicos

- Caracterizar la distribución de *Z. skinneri* y su relación con los factores fisiográficos y climáticos en los países de Costa Rica, Panamá y Nicaragua.
- Diferenciar ecológicamente las poblaciones de *Z. skinneri*, de acuerdo a las condiciones ambientales de los países.
- Determinar gradientes ecológicos que incidan en la capacidad reproductiva de la especie.

### III. HIPÓTESIS

Las hipótesis a ser verificadas, son las siguientes:

- 1) La distribución de las poblaciones de *Z. skinneri* está influenciada por los factores fisiográficos y climáticos. En particular, las poblaciones de la especie presentarán mayor densidad de plantas en las zonas altitudinales bajas, en correspondencia con los transectos entre 0 y 300 msnm.
- 2) Entre las zonas estudiadas por país, las poblaciones de *Z. skinneri* poseen diferencias significativas en cuanto a patrón de micro-distribución y densidades.

### IV. REVISION DE LITERATURA

#### 4.1. La biogeografía centroamericana.

Cabrera (1973) define biogeografía como la rama de la ciencia que estudia la distribución geográfica de los seres vivos y en términos más restringidos puede decirse que trata la distribución geográfica de las plantas (fitogeografía) y de los animales (zoogeografía), con excepción del hombre. La biogeografía no se limita a investigar las áreas geográficas de los distintos grupos de seres, sino que se ocupa también de las relaciones de éstos con el ambiente en que viven, es decir, de las causas de la distribución geográfica; de las relaciones entre unos y otros seres y de las modificaciones ocurridas en su distribución a lo largo de la historia de la tierra.

Los estudios biogeográficos pueden tratar de una sola especie, de un género o de una categoría taxonómica superior o bien de comunidades mixtas.

Fournier (1972) en un estudio preliminar sobre algunos aspectos de la biogeografía de Mesoamérica, realizó un análisis sobre la distribución de 325 géneros de árboles pertenecientes a 20 familias de la región. Este estudio muestra que la región se puede dividir en dos subregiones: la Costarricense - Suramericana, con gran influencia de la flora neotropical y la Mexicano - Nicaragüense con mayor influencia del norte. Nicaragua es,

hasta cierto punto, una zona de transición entre las dos subregiones. Sin embargo esta división no es siempre muy definida, ya que la flora de las tierras bajas del Pacífico es bastante uniforme desde Sixaola - Costa Rica hasta México. Las diferencias son más marcadas en las tierras altas y a lo largo del litoral Atlántico; el litoral Atlántico de Costa Rica por ejemplo, es mucho más húmedo que el del norte de Centro América.

Analizando los aspectos fisiográficos del istmo centroamericano, Gómez (1986) destaca las tierras altas con elevaciones de 1000 msnm o más, alcanzando en algunos puntos hasta 4000 msnm en Guatemala y superiores a los 3000 msnm en Costa Rica y Panamá. Son prominentes las tierras del centro de Costa Rica y del occidente panameño, con elevaciones que llegan hasta 3819 m. en la cordillera de Talamanca. Al oriente se encuentra la parte más angosta del istmo, unos 45 km. entre el Golfo de San Blas y la Bahía de Panamá, con una topografía moderada de montes, serranías y valles bajos, que se prolongan sobre la mayor parte de Panamá hasta el noroeste de Colombia.

Sin embargo las tierras bajas que faldean las cadenas montañosas, son más amplias, por regla general, en la vertiente Caribe que en la del Pacífico. En parte esto se debe a la Cadena Volcánica Cuaternaria, que constituye, geológicamente, una modificación reciente, que por depósito de materiales hacia la tierra firme y hacia el litoral, redujo a valles largos y angostos la antigua planicie costera del Pacífico (Gómez, 1986)

De acuerdo a Schuster (1992), existen varias maneras de clasificar las comunidades de organismos. Una de las más usadas en los trópicos es la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge (1996). En esta clasificación se toman en cuenta cuatro factores principales en la construcción de un triángulo, que abarca las diferentes zonas de vida: promedio anual de biotemperatura, promedio anual de precipitación pluvial, evapotranspiración y altitud sobre el nivel del mar.

Una de las características más importantes de la región tropical es la variación sumamente amplia de las condiciones micro y macroclimáticas. El número de zonas de vidas de tierras bajas - lo que Holdridge (1996) llama piso basal - es mayor a ocho. En los trópicos además hay un mayor número de pisos altitudinales - seis - , desde premontano hasta nival. Las zonas de vida del piso basal, se deben a la variación muy amplia de la

precipitación anual, mientras que el número de pisos altitudinales, refleja la gran variación de temperatura promedio asociada en las cordilleras montañosas altas. En regiones tropicales con variación topográfica amplia, la cantidad de zonas de vida puede ser casi abrumadora; en los 51.100 km<sup>2</sup> de Costa Rica, por ejemplo, están presentes 12 zonas de vida (Finegan, 1997)

El clima es uno de los factores más importantes en la distribución de las plantas. Cada especie requiere condiciones particulares de temperatura, humedad y luz para germinar, crecer, florecer y fructificar (Cabrera, 1973)

En Centro América hay dos diferentes regímenes de lluvia. La zona Atlántica es más lluviosa durante diciembre y enero; en el Pacífico casi no llueve durante el invierno del norte (diciembre-abril). Las lluvias intensas en la costa Atlántica durante noviembre a enero se generan por la intensificación del frente frío y por la depresión polar que impulsa las masas de aire sobre el Mar Caribe llegando hasta los 10 grados norte. Sin embargo en el istmo centroamericano hay grandes variaciones de este patrón en la distribución microgeográfica de la precipitación pluvial, generadas por la orientación de los macizos y por la configuración de la línea de la costa en relación con los patrones de las corrientes de aire de la estación (Coen, 1959)

#### **4.1.2. El clima de Costa Rica**

Cuando nos referimos al clima de un país determinado tratamos de describir el comportamiento promedio de las principales variables meteorológicas de la manera más sencilla posible (Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica, IMN, 1998)

Costa Rica se encuentra ubicada en la parte sur de América Central, al norte del Ecuador, en la región conocida como neotrópica (Figura 1), entre los 8° 02' 26" y los 11° 13' 12" de latitud norte y entre los 82° 33' 48" y 85° 57' 57" de longitud oeste (Herrera, 1985). Tiene una extensión de 51.100 km<sup>2</sup>, limita al norte con Nicaragua, al sur con Panamá, al oeste con el mar Caribe y al este con el océano Pacífico. Está dividida en siete provincias: San José (la capital, 4.959 km<sup>2</sup>), Alajuela (9.752 km<sup>2</sup>), Heredia (2.656

km<sup>2</sup>), Cartago (3.124 km<sup>2</sup>), Puntarenas (11.276 km<sup>2</sup>), Limón (9.188 km<sup>2</sup>) y Guanacaste (10.140 km<sup>2</sup>).

En Costa Rica existe diversidad de climas producto de la acción de los vientos dominantes y de lo pequeño del territorio, además, posee una cadena montañosa que atraviesa el país de noroeste a sureste con elevaciones de hasta 3.820 msnm (Cerro Chirripó). Considerando la latitud, por ser tropical, la diferencia de temperatura en general no es muy acentuada, aunque entre la costa y las partes altas de los sistemas montañosos se puede apreciar mayor variación. Con la cantidad de pluviosidad, esta diferencia es más acentuada, tanto en altitud como a nivel del mar. Por esta razón, y con el objetivo de caracterizar mejor el clima en el país, se designaron seis regiones: a) Valle Central, b) Pacífico Norte, c) Pacífico Central; d) Pacífico Sur, e) Vertiente del Caribe y f) Zona Norte:

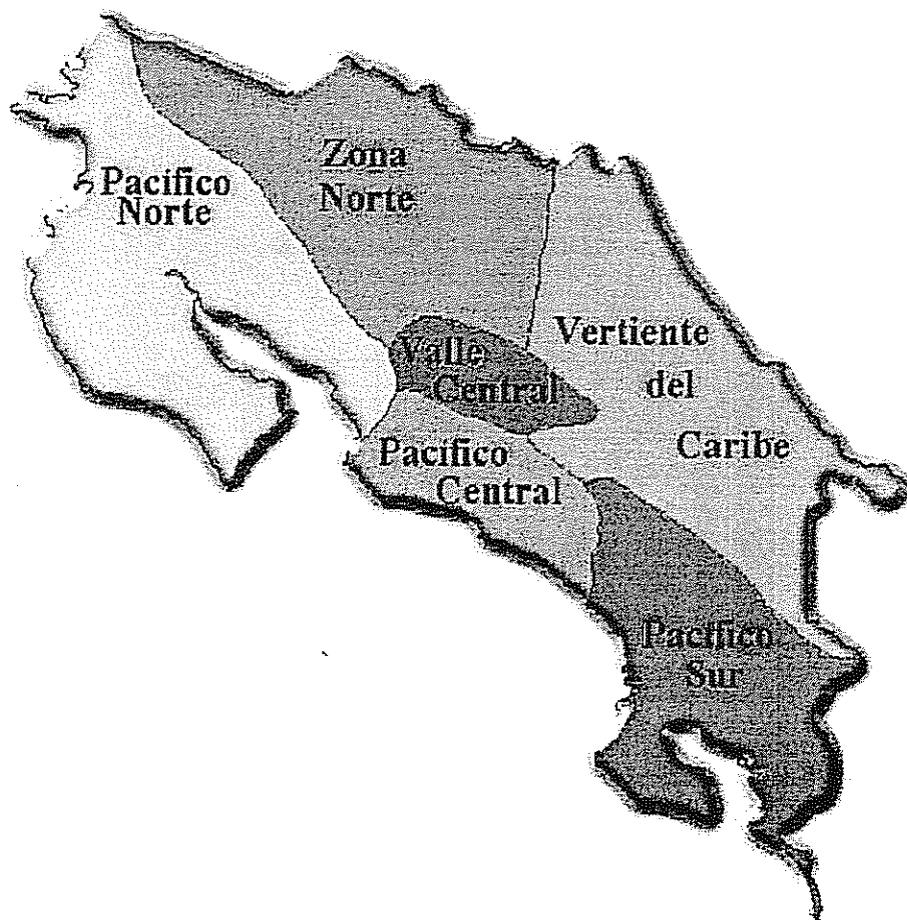
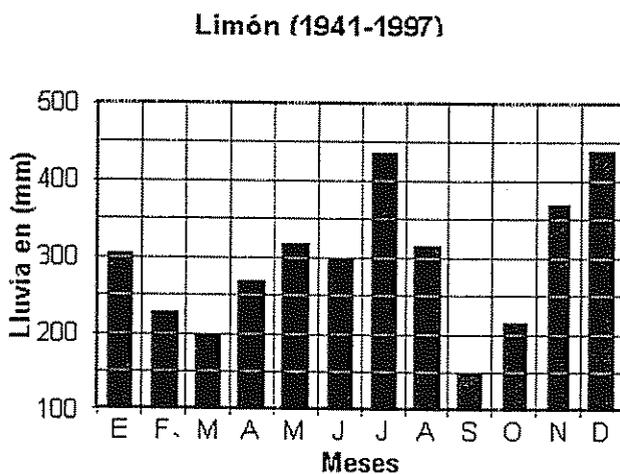


Figura 1. Regiones físico geográficas de Costa Rica (Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica, 1998)

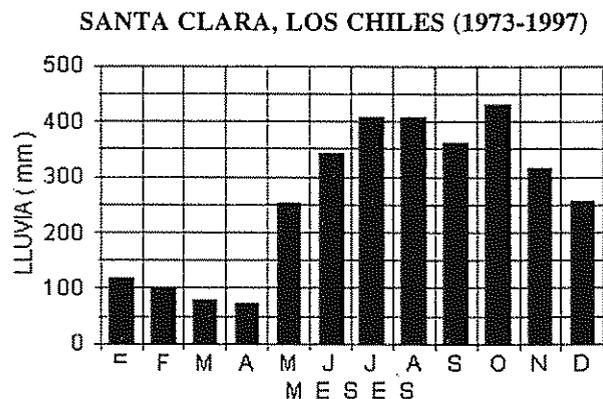
En el presente estudio se relevaron las dos regiones que se ubican en la cuenca Atlántica: Vertiente del Caribe y Zona Norte y la del Valle Central. Seguidamente se describen las principales variables climáticas para las zonas mencionadas.

Las dos primeras se consideran juntas porque ambas están bajo un régimen pluviométrico tipo Caribe. A través del año esta región es considerablemente lluviosa, por esto no se puede hablar de una estación seca bien definida.

**La lluvia:** en la provincia de Limón ubicada en la zona de la vertiente del Caribe, (Figura 2) se registran cantidades desde los 3.000 milímetros de lluvia en las regiones costeras hasta los 4.500 milímetros en el sector montañoso. En la zona costera se puede definir dos periodos relativamente secos, uno que va desde febrero hasta marzo y otro, los meses de setiembre y octubre. Los meses más lluviosos tanto en la región costera como montañosa son julio y diciembre, en la Zona Norte los mínimos de precipitación se dan entre marzo y abril, como lo muestra la Figura 3 de la estación meteorológica de Santa Clara en Los Chiles.

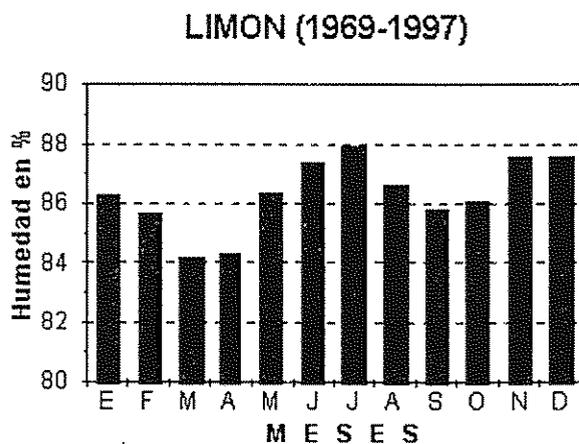


**Figura 2: Promedios de lluvia mensual, Estación Meteorológica de Limón**



**Figura 3: Promedios de lluvia mensual, Estación Meteorológica de Los Chiles**

**Humedad relativa:** toda la región caribeña es la más húmeda del país, debido a la constante entrada de humedad transportada por el viento aliso desde el mar Caribe. Al igual que el resto del país la humedad relativa presenta poca variación anual, en la provincia de Limón (Figura 4) durante abril y marzo los promedios alcanzan valores de 84%, el resto del año se mantiene entre 86% y 88%.



**Figura 4: Promedios de Humedad Relativa, Estación Meteorológica de Limón**

**El viento:** durante todo el año el comportamiento del viento está caracterizado por dos sistemas, durante la noche, brisa de tierra a mar con direcciones Sur-Oeste y Oeste, y en el día se asocia la brisa de mar con el Aliso dando como resultado el componente Norte, Noreste y Este con velocidades promedio próximas a los 12 km/h.

**Horas de sol:** los valores de horas de sol efectivos en esta región ( Figura 5), fluctúan entre las 4 y 6 horas como promedio durante los días de enero y hasta mayo, siendo julio el mes con mayor cobertura nubosa y por lo tanto menor cantidad de horas de sol diarias.

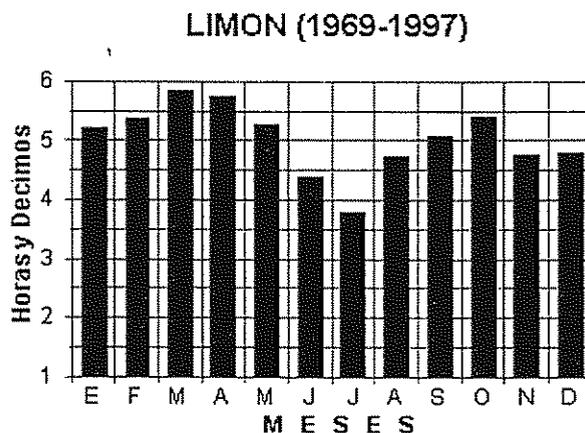


Figura 5: Valores promedios de horas de sol, Estación Meteorológica de Limón

**Temperatura:** la temperatura promedio de esta región (Figura 6), varía a lo largo del año entre los 25 °C y 27 °C en toda la costa, las temperaturas mínimas se producen durante los meses de diciembre a febrero con valores próximos a los 20°C, mientras los termómetros de máximas alcanzan hasta 31°C en los meses más cálidos.

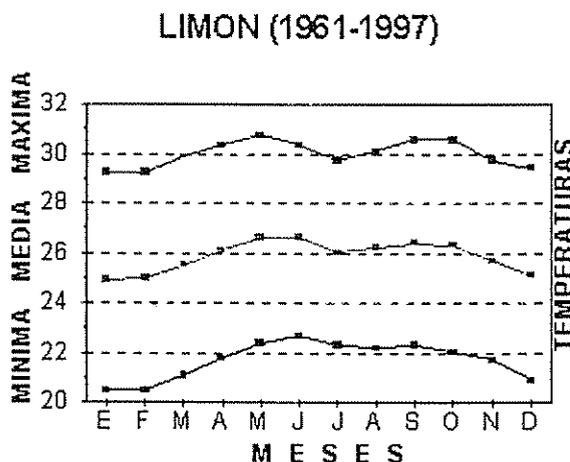
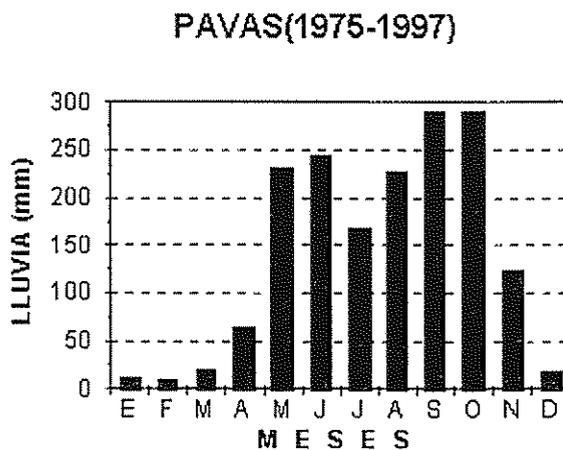


Figura 6: Promedios mensuales de temperatura, Estación Meteorológica de Limón

## Región fisiográfica: Valle Central.

La región del Valle Central comprende parte de las provincias de San José, Alajuela, Heredia, y Cartago.

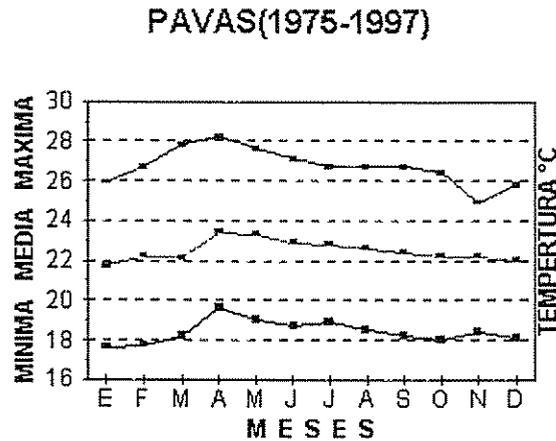
**Lluvia:** la cantidad de lluvia registrada varía de acuerdo con la zona, por ejemplo, en la Meseta alrededor de 1.967 milímetros (litros por metro cuadrado) por año, en Cartago el promedio anual ronda los 1.400 milímetros, en lugares montañosos varía de 2.500 a 3.500 milímetros tanto a principio como a finales de año llueve más que sobre el valle.



**Figura 7: Promedios mensuales de lluvia, Estación Meteorológica de Pavas**

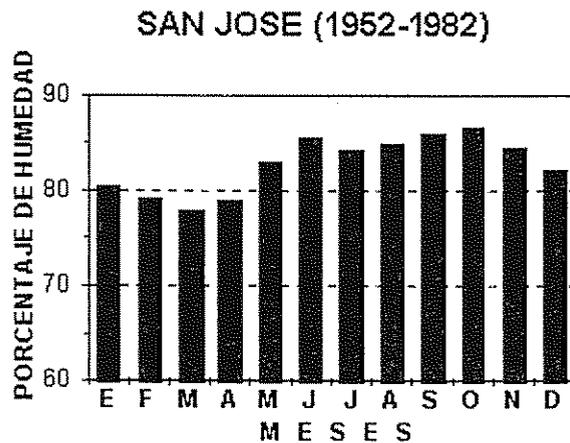
En la Figura 7 de la estación meteorológica ubicada en Pavas, al oeste de la ciudad capital, se observa en general una época seca que va desde diciembre hasta marzo, y una lluviosa que se extiende desde mayo a octubre (bajo condiciones normales), se considera que abril y noviembre son meses de transición de una época a otra. En julio se nota una disminución de las lluvias denominado "veranillo", provocado por un cambio en la circulación del viento, esta condición puede prolongarse de una a tres semanas.

**Temperatura:** en Pavas (Figura 8) la temperatura promedio se mantiene entre los 22 y 24°C y no tiene grandes cambios a través del año, mientras que las máximas promedio no exceden los 30°C los mínimos promedios son de alrededor de 18 °C.



**Figura 8: Promedios mensuales de temperatura, Estación Meteorológica de Pavas**

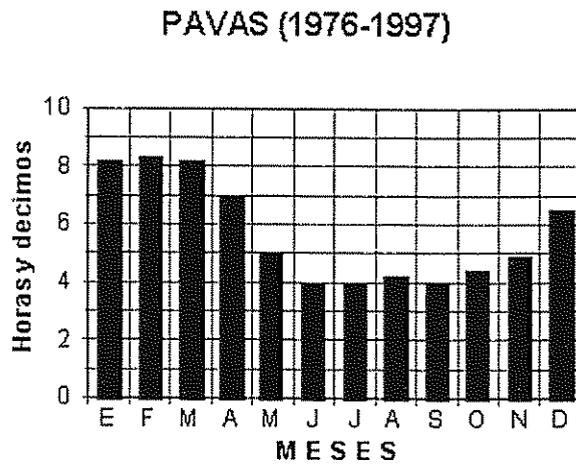
**Humedad relativa:** la humedad relativa promedio anual en San José (Figura 9) es de 83%, mientras que en Alajuela 76% con una variación entre 68% y 85%, dependiendo de la época.



**Figura 9: Promedios de humedad relativa, Estación Meteorológica de San José**

**Viento:** la época seca está marcada por la persistencia del viento alisio (con dirección NE), con velocidades altas de 15 nudos (30 kilómetros por hora) entre enero, febrero y marzo. En la época lluviosa, los vientos alisios disminuyen la intensidad y en horas de la mañana (aproximadamente a las 10:00 a.m.) 16:00 Tiempo Coordinado Universal (TCU), la brisa del Pacífico con dirección Oeste, Noroeste, se adentra hasta el Valle Central y forman un "frente de brisa ", favoreciendo la formación de nubes de tipo cúmulos con suficiente desarrollo vertical como para provocar tormentas y lluvias.

**Sol:** las horas de sol ( Figura 10) varían entre 4 horas en la época lluviosa y 8 horas en época seca lo largo del año.



**Figura 10: Valores promedios de horas de sol, Estación Meteorológica de Pavas**

**4.1.2.1. Zonas de vida**

A continuación se indican las zonas de vida presentes en Costa Rica, según el sistema de clasificación propuesto por Holdridge, todas correspondientes a la región tropical y sus siglas de identificación, adaptadas del mapa de Bolaños y Watson (1993).

En el piso basal están presentes los denominados bosques: Seco tropical (bsT), seco tropical transición a húmedo (bsT trh), húmedo tropical (bhT), húmedo tropical transición a seco (bhT trs), húmedo tropical transición a perhúmedo (bhT trph), húmedo tropical transición a premontano (bhT trP), muy húmedo tropical (bmhT) y muy húmedo tropical transición a premontano (brmhT trP).

En el piso premontano, se distinguen los bosques: Húmedo premontano (bhP), húmedo premontano transición a basal (bhP trb), húmedo premontano transición a perhúmedo (bhP trph), muy húmedo premontano (bmhP), muy húmedo premontano transición a basal (bmhP trb), muy húmedo premontano transición a pluvial (bmhP trpl), pluvial premontano (bpP) y pluvial premontano transición a basal (bpP trb).

En el piso montano bajo, se cuenta con los bosques: Húmedo montano bajo (bhMB), muy húmedo montano bajo (bmhMB) y su transición a húmedo (bmhMB trh), y pluvial montano bajo (bpMB). En el piso montano existen los denominados bosques: muy

húmedo montano (bmhM), pluvial montano (bpM) y pluvial montano transición a montano bajo (bpM trMB). El piso subalpino incluye solamente el páramo pluvial subalpino (PPSA).

#### **4.1.3. Características físicas y ambientales de la Provincia Bocas del Toro: Panamá.**

La Provincia Bocas del Toro está situada al noroeste de la República de Panamá en el extremo occidental del país, limitando al norte con el Océano Atlántico (Mar Caribe), al sur con la Provincia de Chiriquí, al este con la Provincia de Veraguas y al oeste con la República de Costa Rica (Bendiburg, 1993).

Está situada entre los 8° 30' y 9° 35' de latitud norte y los 82° 56' y los 81° 08' de longitud oeste en el límite con Veraguas.

La provincia abarca una superficie de 8.917 km<sup>2</sup> representando cerca del 12% del territorio nacional y por su amplitud de rangos climáticos, edáficos y altitudinales, permite la existencia de una vegetación típicamente tropical, donde Tosi (citado por Rodríguez, *et al.* 1993) identificó seis zonas de vida, según la clasificación ecológica de Holdridge: las que podrían considerarse como las de mayor importancia para la región son tres, debido a que las mismas ocupan en su conjunto cerca de  $\frac{3}{4}$  partes de su territorio, en su orden: Bosque muy húmedo tropical (bmh-T), Bosque pluvial premontano (bp-P) y el Bosque húmedo tropical (bh-T).

Según la clasificación climática de Koppen , en la provincia se encuentran definidos tres (3) tipos de clima: Clima templado húmedo (Cwh), Clima templado muy húmedo (Cfh) y Clima tropical muy húmedo (Afi). Este último tipo de clima está influenciado por el Mar Caribe y se caracteriza por: a) Lluvias abundantes todo el año, b) Períodos relativamente secos en los meses de febrero, marzo, septiembre y octubre y c) La temperatura media anual está por encima de los 18 °C en las cercanías del litoral.

Bocas del Toro está constituida en casi un 70% por tierras altas que se prolongan desde el límite con la Provincia de Chiriquí hasta casi la costa, y desde la frontera con Costa Rica hasta el límite con Veraguas, dejando poco lugar a tierras planas. Entre los

100 y los 1000 msnm aproximadamente se ubican las mesetas, colinas y llanuras costeras, conocidas como tierras planas de Sixaola, Guabito y Changuinola.

#### **4.2.4. Características físicas y ambientales del Departamento Río San Juan: Nicaragua.**

Tomando en cuenta el factor clima, Nicaragua se divide en tres regiones: a) Región del Pacífico, b) Región Central y c) Región del Atlántico (MAG - Nicaragua, 1978).

El Departamento Río San Juan se encuentra comprendido dentro de la Región del Atlántico, presentado un clima típicamente tropical, con temperaturas cálidas en todo el año y una gradiente de precipitación, que aumenta de oeste a este, en dirección al Caribe.

Según el sistema de Köppen, el sur del Departamento se clasifica dentro de la zona tropical lluviosa, con un período seco corto. Las lluvias se distribuyen en un período de 8 a 11 meses al año, con una precipitación estimada alrededor de los 3000 mm (UCA-CATIE, 1991a, citado por Sabogal *et al.* 1992). De acuerdo con la clasificación en zonas de vida de Holdridge, la vegetación característica en esta área es la de un bosque húmedo tropical a bosque muy húmedo premontano tropical (MAG - Nicaragua, 1978).

Al este del río Sábalos, el relieve predominante es escarpado, con pendientes de 15 a 75% y elevaciones entre 100 y 600 msnm

A gran escala, la diversidad y fertilidad de los suelos baja en dirección oeste a este, debido a la uniformidad en la roca madre y al aumento en la precipitación en esa dirección. En general los suelos son pobres en nutrientes, de textura pesada (arcillosos), de colores rojizos o amarillentos y de reacción ácida, ocurriendo principalmente Ultisoles y Oxisoles. (UCA-CATIE, 1991a, citado por Sabogal *et al.* 1992).

#### 4.2. Descripción botánica de la especie *Zamia skinneri* Warszewicz ex. A. Dietrich.

El género *Zamia* (Zamiaceae) se encuentra desde el sur de Estados Unidos hasta Sur América Tropical. La *Zamia skinneri* es una de las plantas más antiguas, está representada en los registros fósiles y a menudo se le clasifica como "fósil viviente". Las especies centroamericanas de *Zamia* son plantas del sotobosque, ocurriendo en los bosques muy húmedos (Janzen, 1991).

*Zamia skinneri* presenta tallo arborescente, de hasta 2.5 m de altura, con 3 a 6 hojas, de 1 a 2 m de largo, pecíolo de 0.5 a 1 m de largo, con espinas escasamente esparcidas; raquis con 6 a 10 pares de folíolos, ocasionalmente con unas pocas espinas en el tercio inferior. Los folíolos son elípticos, acanalados entre las nervaduras sobre la cara adaxial, base cuneada, ápice acuminado, márgenes aserrados en el tercio superior, el largo promedio de las hojas es de 30-50 cm y el ancho de 12-15 cm. Es una especie dioica, presentando estróbilo masculino, de color crema a tostado, cilíndrico a cilíndrico-elongado de 8 a 12 cm de largo, 1 a 2 cm de diámetro y estróbilo femenino marrón, con pedúnculo corto, cilíndrico a cilíndrico-ovoide, de 20 a 50 cm de largo y 8-12 cm de diámetro. Las semillas son rojas, ovoides, de 1.5 a 2.5 cm de diámetro. El número cromosómico de la especie es:  $(2n=18)$  (Dietrich, 1851, citado por Stevenson, 1993).

*Zamia skinneri* es la *Zamia* más grande en altura de Centro América y ocurre en el bosque primario lluvioso, desde la zona central de Nicaragua hasta Panamá en elevaciones desde 50 a 750 msnm (Stevenson, 1993).

De acuerdo a consultas realizadas con pobladores de las zonas visitadas en cada país, a la especie se la conoce con los siguientes nombres: "cola de fierro" en Nicaragua; "zamia", "pianga" y "butrú" (cabécar) en Costa Rica y simplemente "zamia" en Panamá.

#### 4.3. Caracterización de dos gradientes ecológicos que determinan el hábitat de *Zamia skinneri* en un bosque neotropical lluvioso de Costa Rica.

Desde 1980 y durante 10.5 años, se ha efectuado un largo período de estudio sobre poblaciones naturales de la Cycadácea *Zamia skinneri*, en la Estación Biológica La Selva (Clark *et al.* 1992). Con base en ese estudio en el ambiente interior del bosque lluvioso neotropical, se presentan dos gradientes ecológicos, que inciden en el crecimiento y mortalidad de las hojas de la especie: la luz y la potencialidad en la presión de los herbívoros.

Según Clark *et al.* (1992) los individuos de *Z. skinneri*, frecuentemente sobreviven más en condiciones de ambientes muy oscuros, lo cual sugiere que la longevidad de las hojas en estas circunstancias es determinada por el deterioro inevitable en el balance de carbón, debido al envejecimiento y al aumento de la cobertura de hongos y líquenes y por la pérdida debido a ataques con daño físico por el herbívoro especialista *Eumaeus minyas*.

Los mismos autores determinaron que la longevidad media de hojas sería de aproximadamente 4 años y la máxima tasa fotosintética en hojas, que se desarrollan a la sombra, está en un rango desde solamente 2,5 micromoles / m<sup>2</sup> / segundo, para hojas de 16 meses de edad, a 3,5 micromoles / m<sup>2</sup> / segundo para hojas de 4 meses de edad.

En la Estación Biológica La Selva, *Zamia skinneri*, es atacada por un único herbívoro, la larva gregaria de la mariposa *Eumaeus minyas*. Las únicas partes de la planta vulnerable a larvas jóvenes son las hojas nuevas o los estróbilos de machos o hembras. En un período de 7 años, de 1.475 nuevas hojas pertenecientes a 173 individuos observados 21% se perdieron por herbivoría (Clark *et al.* 1992).

Otro factor que afecta la vida de las hojas es la acumulación de hongos y líquenes, éstos absorben la luz incidente disminuyendo la ya baja tasa fotosintética de hojas de *Zamia*.

#### 4.4. Antecedente histórico: El uso de *Zamia spp.* como un producto comestible

En el trabajo de Maggiolo (1992), se discute la utilización de la Guáyiba (*Zamia spp.*), una cicadácea, posiblemente desde 7000 a. C., en el caribe isleño, en particular en República Dominicana.

Estudios arqueológicos realizados en esta región, demuestran que habitaban tribus pertenecientes al grupo de los Banwari hacia 1400 a. C. En la Cueva de Berna sureste de la isla de Santo Domingo se encontraron restos de hojas de guáyiba, envueltos en ceniza a buena profundidad, lo que revela que el tallo era asado, mediante el uso del fuego.

Los grupos de Banwari o "banwaroides" constituyen un buen ejemplo de la extracción de proteínas provenientes del manglar y carbohidratos obtenidos de la *Zamia spp.* y otros frutos ya que estas comunidades no practicaban la agricultura, sino que el modo de vida era fundamentalmente "recolector".

En la época de contacto indígena-español, de acuerdo a Fray Bartolomé de Las Casas (citado por Maggiolo, 1992) el sistema para transformar la guáyiba en alimento, era rallar la misma, hacer unos bollos, colocarlos durante un tiempo a la intemperie para que se descompusiesen; los mismos se llenaban de gusanos y cuando alcanzaban el máximo de fermento a base de estos gusanos, se amasaban junto a los mismos, y se hacían tortas para el consumo.

La utilización de la *Zamia spp.* ha venido a ser el elemento catalizador de una sociedad que encontró más fácil recolectar y proteger la palmerilla silvestre, que producir la yuca, con todo su contexto tecnológico de rallado, exprimido, secado, cocinado y soleado final.

Por último en Santo Domingo el elemento guáyiba parece ser, por la facilidad de su explotación, un importante fenómeno de sustentación que protege al bosque de la tala y el cultivo intensivo (Maggiolo, 1992)

#### 4.5. Utilización de *Zamia skinneri* como un producto ornamental

La Cicadáceas han sido ampliamente cultivadas, es común en el sur de Estados Unidos *Cycas revoluta* (King Sago), *Cycas circinalis* (Quenn Sago o Fern Palm), *Zamia fufuraceae* (Cadboard palm) y *Zamia pumila* (coontie) estas dos últimas para plantarlas en interiores y exteriores (Olander, 1991).

El interés por la especie *Zamia skinneri* ha ido en aumento con el correr de los años y varios intentos han sido hechos para desarrollar el comercio con el objetivo de importarla desde Costa Rica a Florida (EE.UU.).

Sin embargo debido al daño causado por una extracción no sostenible, su desaparición de algunos sitios conllevó a incluir la especie en el Apéndice II de la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES), que permite solamente la exportación de semillas como material de plantas vivas delegando la regulación de su posible cosecha a las instancias nacionales (Marmillod *et al.* 1998).

Olander (1991), plantea que para proceder al manejo sostenible de la especie, dos productos pueden ser comercializados: semillas o estacas. La semilla es el producto más deseado en el plano internacional, principalmente debido a las normas restrictivas fitosanitarias de importación y regulación, que tiene que ver con plantas vivas, desafortunadamente la producción de semilla de *Zamia skinneri* es muy esporádica y las cantidades en las poblaciones silvestres son muy bajas.

*Zamia skinneri* puede ser también propagada por estacas lo cual es la forma común de extracción de *Dioon edule* (Zamiaceae) de México (Olander, 1991).

## V. MATERIALES Y METODOS

### 5.1. Determinación de la distribución natural de *Zamia skinneri*.

Para determinar la distribución natural de *Z. skinneri*, se realizó una búsqueda bibliográfica, se examinaron los ejemplares de herbarios en dos Instituciones de Costa Rica y una de Nicaragua, se efectuó una gira de reconocimiento a campo durante el mes de octubre del año 1997, se entrevistaron personas relacionadas con el tema de estudio y se materializaron transectos de medición para caracterizar las poblaciones de la especie en los tres países donde se presenta: Costa Rica (CR), Panamá (PA) y Nicaragua (NI). Los transectos permitieron definir el límite altitudinal de la especie, su frecuencia de aparición y el patrón de distribución espacial que desarrolla.

#### 5.1.2. Fuentes de información

La búsqueda bibliográfica sobre la especie en estudio, se realizó en las siguientes Bibliotecas: ORTON de CATIE, en Turrialba, Universidad Nacional (UNA) en Heredia, Universidad de Costa Rica (UCR) y El Museo Nacional de Costa Rica en San José.

Se examinaron un total de 22 ejemplares de herbarios, correspondiendo 11 de ellos al Instituto Nacional de Biodiversidad (INBIO) y los 11 restantes al herbario del Museo Nacional de Costa Rica.

La salida de reconocimiento a campo tuvo lugar en cuatro zonas de la Provincia de Cartago, Cantón de Turrialba en Costa Rica:

a) Sobre la margen izquierda del río Tuis desde el poblado del mismo nombre, hacia la zona protectora de la alta cuenca del río (hasta los 800 msnm), b) cerro al sur del cementerio del poblado de Tuis, donde según testimonios de la gente del lugar hace unos diez años una persona propietaria de un vivero extraía ejemplares de *Zamia skinneri*, c) cerro al norte de la Escuela mixta de Canadá del poblado La Suiza y d) margen izquierda del río Pacuare, en la desembocadura del río Platanillo.

En el caso de Panamá, la información fue proporcionada por el Proyecto OLAFO, (Area demostrativa en el Teribe, Provincia de Bocas del Toro). Hasta el momento de realizar el estudio, el país no cuenta con ejemplares de herbario recolectados de acuerdo a la Señora Carmen Galdames del Herbario de la Universidad Nacional.

Nicaragua por el contrario cuenta con 10 ejemplares, provenientes de los departamentos: Río San Juan y Zelaya; la información fue brindada por el Dr. Ricardo Rueda, Director del Herbario de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN).

### 5.1.3. Zonas de estudio

#### 5.1.3.1. Costa Rica

Con el objetivo de optimizar el muestreo de campo, tomando como base las fuentes de información mencionadas, se decidió visitar las siguientes regiones físico-geográficas, incluyendo Areas Protegidas y propiedades privadas (fincas):

- **Vertiente del Caribe: (VdC)** Para esta área se utilizó la información del proyecto OLAFO, siendo las zonas visitadas las siguientes:
  - a) En San Rafael de Bordón - Talamanca - la finca del Sr. Elías Villareal.
  - b) En Corina - Talamanca - la finca del Sr. Antonio Rosales, ubicada en la zona Oeste de la Reserva Indígena Chirripó.
  - c) Ingresando por el poblado de Grano de Oro, finca del Sr. Gilromualdo Aguilar Ortíz, perteneciente a la Reserva Indígena Chirripó y zona conocida como Santa Rosa de Chirripó.
  - d) Refugio Nacional de Fauna Silvestre Barra del Colorado, a 1km del Río Colorado en dirección a Puerto Lindo, finca del Sr. Juvenal Ciles.
  - e) Por último Estación Biológica "La Selva" propiedad de la Organización de Estudios Tropicales (OTS).
- **Valle Central: (VC)** (Considerado como la transición entre Pacífico Norte y Sur): se recorrieron ambas márgenes del Río Barranca a 7 km del poblado Jesús

María, Fincas aledañas a la Represa Hidroeléctrica del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), inmediaciones de los poblados Monserrat, Constancia, Esparza y Cambronero sobre la Ruta Nacional N° 1.

- **Zona Norte: (ZN)** el muestreo a campo se realizó en:
  - a) Area Protegida por la Asociación Conservacionista de Monteverde, denominada "Bosque Eterno de los Niños", Reservas Poco Sol y San Gerardo.
  - b) Finca Cote, sobre lago del mismo nombre, propiedad del Sr. Jim Harvey entre los poblados de Aguacate y Arenal.
  - c) Area de Conservación Guanacaste: Reserva Biológica Pitilla ubicada a 9 km de la comunidad de Santa Cecilia; por el sendero Cañón Mena del Cerro Orosilito y sobre el límite Sur de la propiedad de la empresa Del Oro S.A., en la base del Volcán Orosi.

#### **5.1.3.2. Panamá**

En este país el muestreo se implementó en la Provincia Bocas del Toro, donde se ubica el 95% de las 207000 hectáreas del Parque Internacional La Amistad (PILA) más específicamente en el área denominada Panajungla (Figura 11). Esta última con una extensión de 120 hectáreas pertenecía a la Escuela de Lucha y Supervivencia Selvática de las antiguas Fuerzas de Defensa, accediendo desde la ciudad fronteriza de Chaguinola en bote por el río Teribe (Corro, 1993).

#### **5.1.3.3. Nicaragua**

El área de estudio, propiedad de la Universidad Centroamericana (UCA) y zona conocida con el nombre de "La Lupe" (Figura 12), pertenece al Departamento Río San Juan. Se ubica al sureste de Nicaragua, a unos 60 km al este del poblado de San Carlos y a 360 km de la ciudad de Managua; las coordenadas geográficas corresponden a los 11° 07' 30" de latitud norte y 84° 25' 50" de longitud oeste, de acuerdo a la hoja cartográfica Río San Juan 3349-III (Nicaragua 1965), (Brown, 1995, citado por Cifuentes Jara, 1996)

Figura 11: Provincia Bocas del Toro, "Panajungla", Panamá.

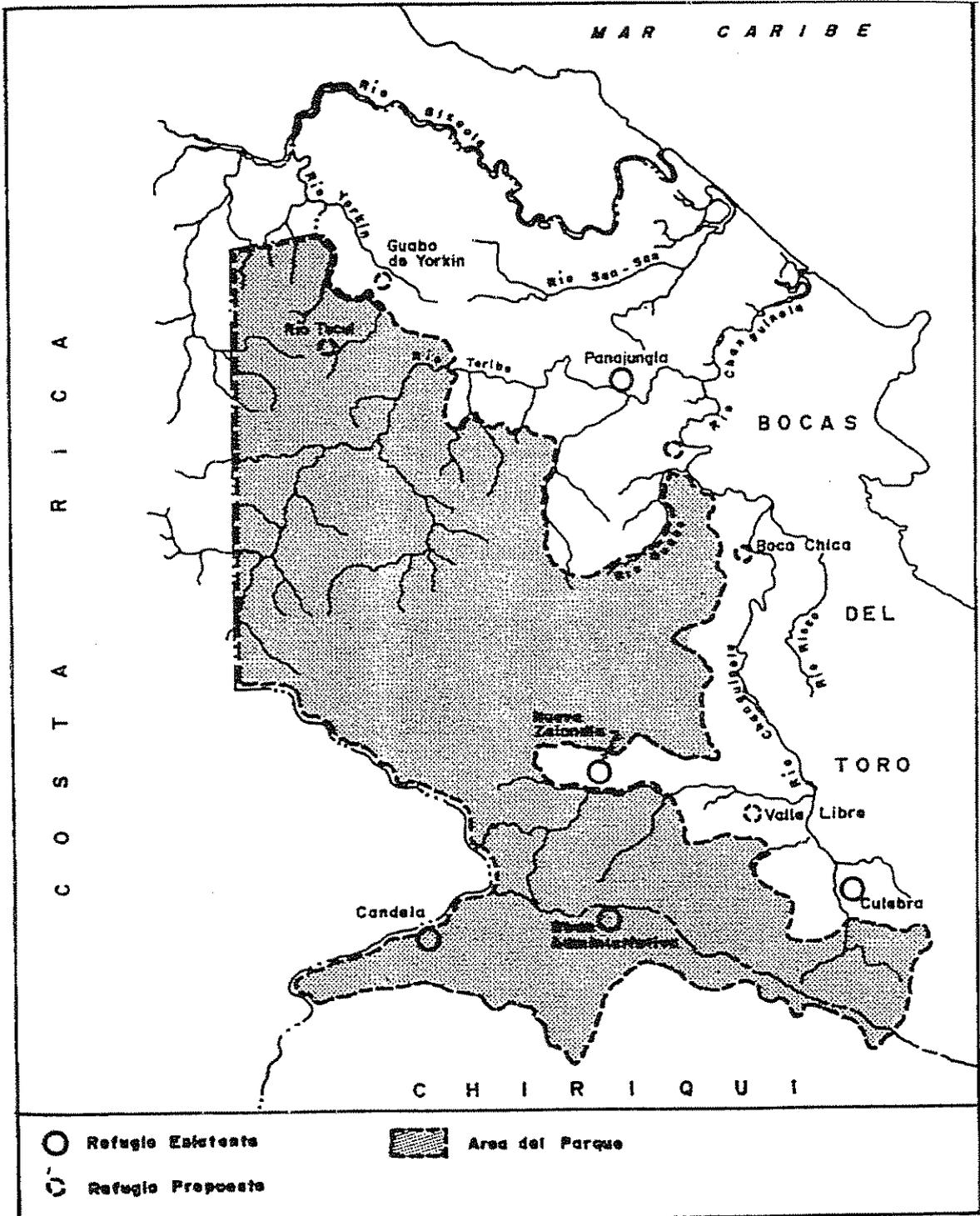
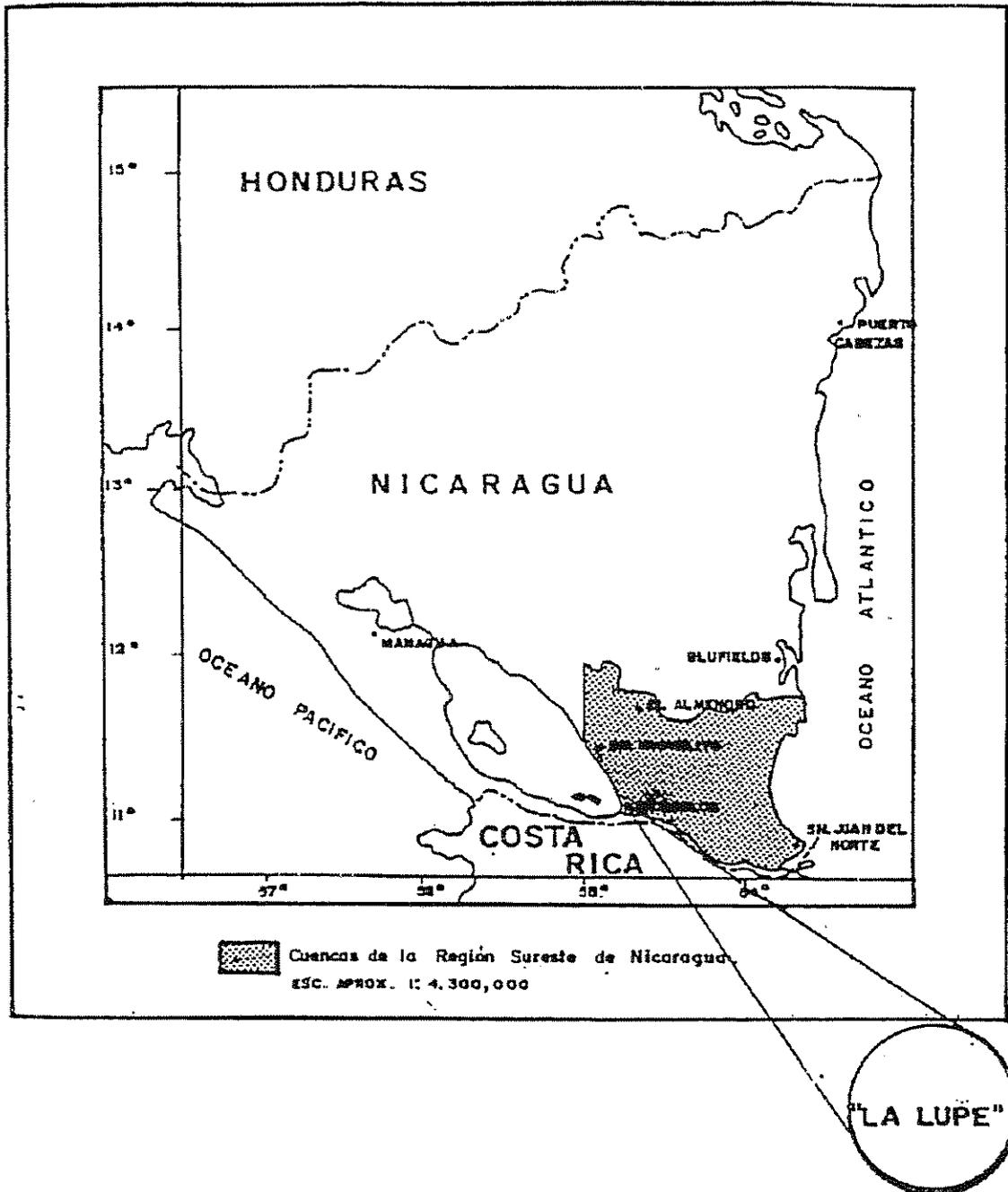


Figura 12: Propiedad de la Universidad Centroamericana, "La Lupe",  
Nicaragua



## **5.2. Materiales y equipo**

Los equipos y herramientas que se utilizaron para las mediciones a campo fueron: mochila, brújula marca Suunto, clinómetro marca Suunto, altímetro marca Gischard, densiómetro esférico, cinta dendrométrica de 5 m, cinta métrica de 15 m, forcípula marca Haglof de 65 cm, sogas plásticas de 5 m y 25 m, papel especial para anotar en condiciones de extrema humedad, libreta para lluvia, marcadores, planillas, botas de hule y machetes.

### **5.2.1. Otros requerimientos**

Se contrató un baquiano (conocedor de especies arbóreas) para la medición de las parcelas en cada una de las zonas de estudio, para el transporte se utilizó un vehículo particular, un utilitario tipo 4x4 para zonas de difícil acceso, propiedad del proyecto OLAFO, autobuses y botes. Con respecto al procesamiento de datos se utilizó el Centro de Cómputo del CATIE, computadora e impresora personal.

## **5.3. Metodología**

### **5.3.1. Método de muestreo**

Para determinar la distribución de las poblaciones de *Z. skinneri* se implementaron transectos en los lugares seleccionados, tratando de contemplar los gradientes altitudinales y conocer el patrón espacial de la especie. Partiendo de éstos transectos, se aplicó el método de muestreo adaptativo (Díaz *et al.* 1997)

En un diseño de muestreo cluster adaptativo, se selecciona una muestra de probabilidad inicial, y cada vez que el valor observado de la variable de interés ("valor-y") satisface la condición dada, a la muestra se añaden unidades vecinas de cualquier unidad seleccionada. Este diseño contrasta con el diseño muestral convencional, en los que la probabilidad de selección de la muestra no depende de la población.

El propósito de la estrategia adaptativa es sacar ventaja de las características de la población para obtener estimadores más precisos de los parámetros de la misma. Por ejemplo, muchas poblaciones de animales y plantas tienen tendencias de agregación

debido a factores tales como patrones de dispersión, rebaños y parches ambientales. Con frecuencia, la ubicación y forma de las agregaciones no pueden ser predichas antes de un análisis muestral, consecuentemente medios tradicionales para aumentar la precisión tal como la estratificación no son suficientes. Para tales poblaciones, la estrategia de muestreo adaptativo proporciona una forma de aumentar sustancialmente la efectividad del muestreo.

En el presente trabajo, se seleccionaron unidades primarias (UP) en el diseño inicial, (los transectos de longitud variable por 5 m de ancho, se subdividieron en parcelas de 5 m x 5 m = 25 m<sup>2</sup>) y posteriormente se añadieron unidades secundarias (US) del mismo tamaño que las anteriores (5 m x 5 m = 25 m<sup>2</sup>), cada vez que se cumplió en ambos casos, la condición: presencia de al menos 1 individuo de la especie en 25 m<sup>2</sup>. Como ejemplo se muestra la Figura 13:

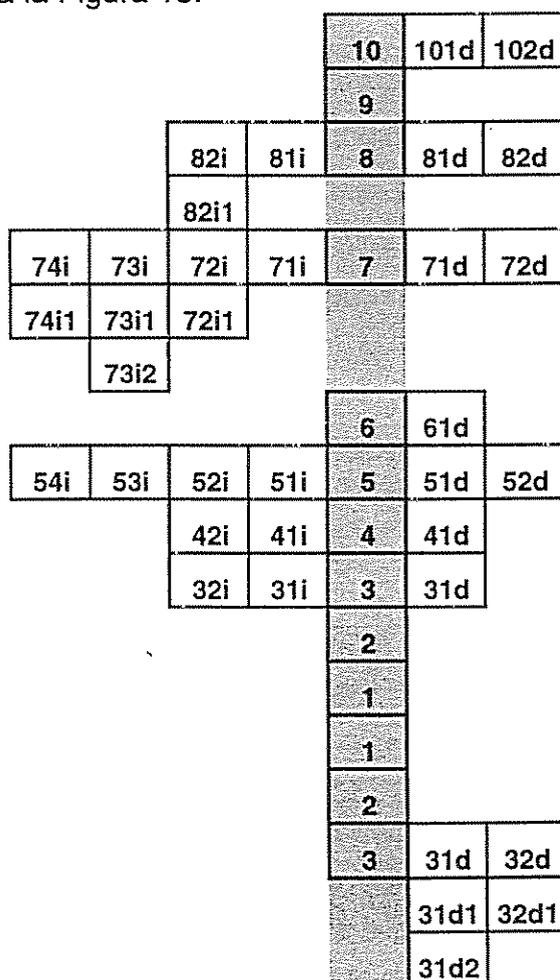


Figura 13: Representación gráfica de las unidades primarias y secundarias.

Considerando la trayectoria del transecto se ubican la UP (tono gris en la figura), a cada una se le asignó un número, en el caso del ejemplo se trata de dos transectos: el primero con 10 UP y el segundo con 3. Las US a izquierda y derecha se identificaron con números y letras de acuerdo a la posición que ocuparon con respecto a la UP de origen.

### 5.3.2. Diseño

Para el diseño de muestras cluster adaptativas, la población está compuesta de  $N$  unidades primarias. Cada unidad primaria contiene  $M$  unidades secundarias. Las  $MN$  unidades de la población son denominadas  $u_{ij}$ , para  $i=1, \dots, N$  y  $j=1, \dots, M$ . Asociado con la  $j$ -ésima unidad secundaria de la  $i$ -ésima unidad primaria esta la variable de interés  $y_{ij}$ . El objeto de la inferencia es la estimación de la media poblacional  $\mu = (MN)^{-1} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M y_{ij}$  o, equivalentemente, del total poblacional  $\tau = MN\mu$ .

Para cada unidad (secundaria) de la población se define una colección de unidades vecinas. Las unidades  $u_{ij}$  pertenecen a la vecindad de las unidades  $u_{i'j'}$ , entonces las unidades  $u_{i'j'}$  pertenecen a la vecindad de unidades  $u_{ij}$ . Es decir, las unidades vecinas se definen como un conjunto contiguo de unidades alrededor de la parcela seleccionada. Las unidades vecinas de uno de estos consiste en más unidades adyacentes a la izquierda, derecha, arriba y/o abajo.

Es posible realizar otro tipo de configuraciones de unidades vecinas. Por ejemplo, pueden incluirse solamente las unidades a la derecha e izquierda (pero no la de arriba y abajo), o las unidades vecinas puede definirse para incluir un conjunto de más de 5 unidades contiguas. Una vecindad podría de hecho consistir de un conjunto de unidades no contiguas, dispersas por ejemplo en una retícula cuadrada de patrón sistemática respecto de la unidad original.

La unidad  $u_{ij}$  se dice que satisface la *condición de interés* si el valor asociado  $y_{ij}$  está en un conjunto especificado  $C$ . La condición puede comúnmente definirse tal que una unidad satisfaga la condición si su valor- $y$  iguala o excede a alguna constante  $c$

Cuando cualquier valor observado de una unidad secundaria en la muestra satisface la condición de interés, todas las unidades de la vecindad se añaden a la

muestra. Si a su turno cualquiera de estas subsecuentes unidades añadidas satisfacen la condición, las unidades de su vecindad también se añaden a la muestra, de este modo, finalmente la muestra contiene cada unidad del vecindario de cualquier unidad de la muestra que satisfaga la condición.

### 5.3.3. Implementación de los transectos de muestreo

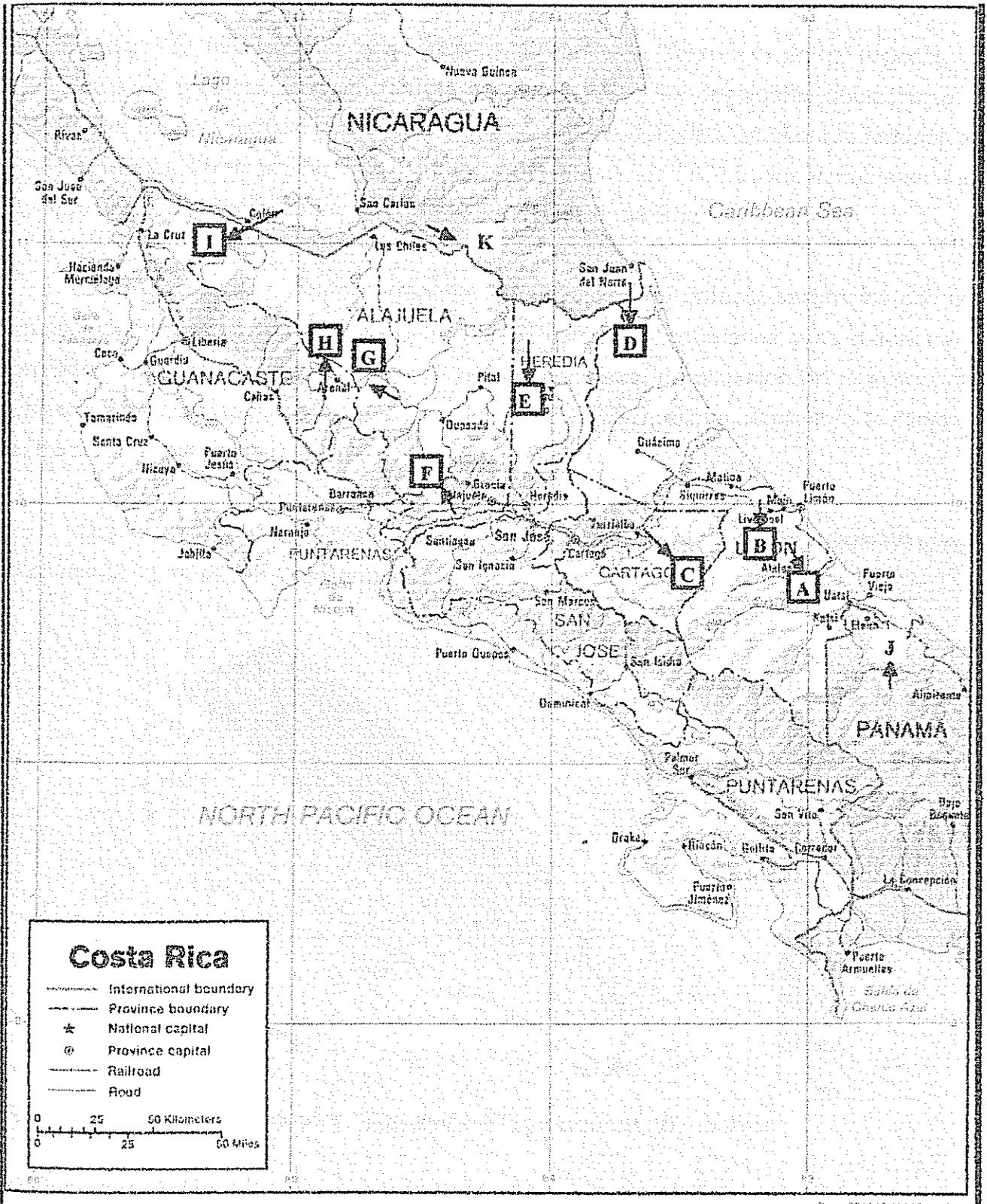
Tomando como base la información producto de las entrevistas con dendrólogos y pobladores, por una parte y por otra, ubicando los ejemplares de herbario de acuerdo a las coordenadas geográficas correspondientes en cartas altimétricas de cada país, los transectos se materializaron por zonas (Cuadro 1 y Figura 14).

**Cuadro 1: Zonas donde se realizaron los transectos de medición de *Zamia skinneri* en Costa Rica, Panamá y Nicaragua.**

Códigos	Identificación de la Zona	País	Provincias	Número de transectos
A	San Rafael de Bordón- Talamanca (VdC)	CR	Limón	3
B	Corina - Talamanca (VdC)	CR	Limón	2
C	Reserva Indígena Chirripó-Santa Rosa (VdC)	CR	Cartago	2
D	Refugio de F. S. Barra del Colorado (VdC)	CR	Limón	2
E	Reserva Biológica "La Selva" (VdC)	CR	Heredia	1
F	Márgenes Río Barranca-Jesús María - (VC)	CR	Alajuela	--
G	Reserva Poco Sol - Monteverde (ZN)	CR	Alajuela	2
H	Finca Cote - Arenal (ZN)	CR	Guanacaste	1
I	Estación Biológica Pitilla - Volcán Orosi (ZN)	CR	Guanacaste	5
J	Parque Internacional La Amistad "Panajungla"	PA	B. del Toro	1
K	Propiedad de la UCA "La Lupe"	NI	Río S. Juan	3

La única zona donde no se encontró *Zamia* es la F, perteneciente a la región físico-geográfica del Valle Central. Es probable que la aparente ausencia de la especie, se relacione con la escasez de condiciones adecuadas para su establecimiento, en cuanto a presencia de bosque por ejemplo. En esta región se observaron pocos fragmentos de

Figura 14: Ubicación de las zonas relevadas en Costa Rica, Panamá y Nicaragua



Scale: ED1045 (405100) 7-67

bosque, cultivos anuales y grandes superficies con pasturas. Sin embargo los pobladores de la zona confirmaron la existencia de individuos aislados de la especie.

Luego de inspeccionar cada zona, verificando la presencia de la especie, los transectos se materializaron procurando que atravesaran las principales poblaciones de *Zamia*. Por las características fisiográficas y la condición descrita en el punto anterior, los transectos requirieron cambios de rumbo. La longitud de los mismos fue variable en cada zona, entre 100 m (longitud mínima) y 4000 m (longitud máxima).

Seleccionado el punto de arranque, la orientación en grados, se precisó con una brújula, midiéndose las distancias entre puntos con cinta topográfica y se determinó la pendiente entre cada punto de avance con un clinómetro. La dificultad en el avance por presencia de obstáculos, características del sotobosque o relieve condicionó la distancia entre puntos, que en ningún caso superó los 15 m.

Con el objetivo de graficar los transectos se utilizó el sistema Surfer para Windows, 4 de los 22 se muestran seguidamente:

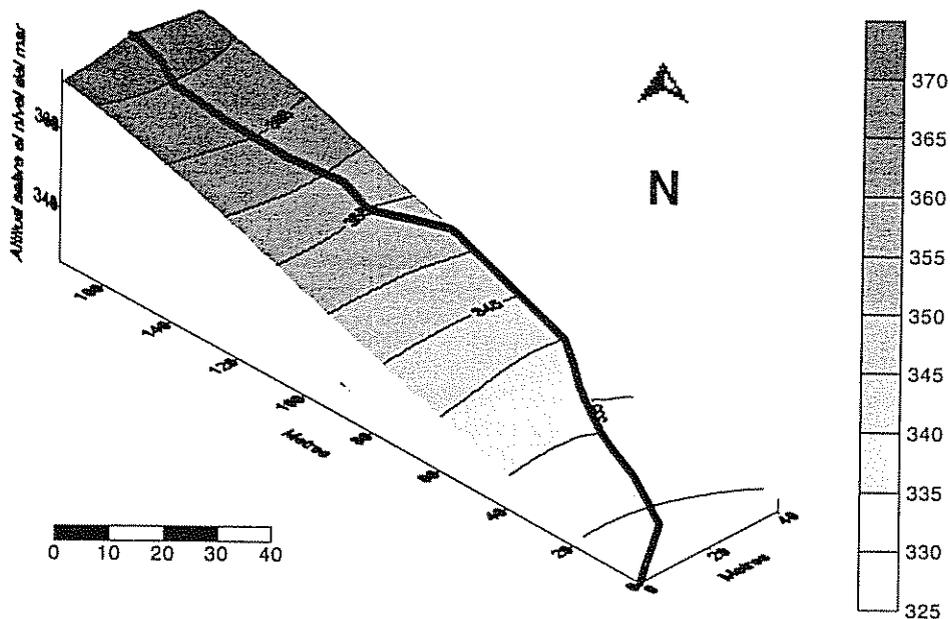


Figura 15: Corina - Talamanca, Transecto N°1, longitud: 207 metros

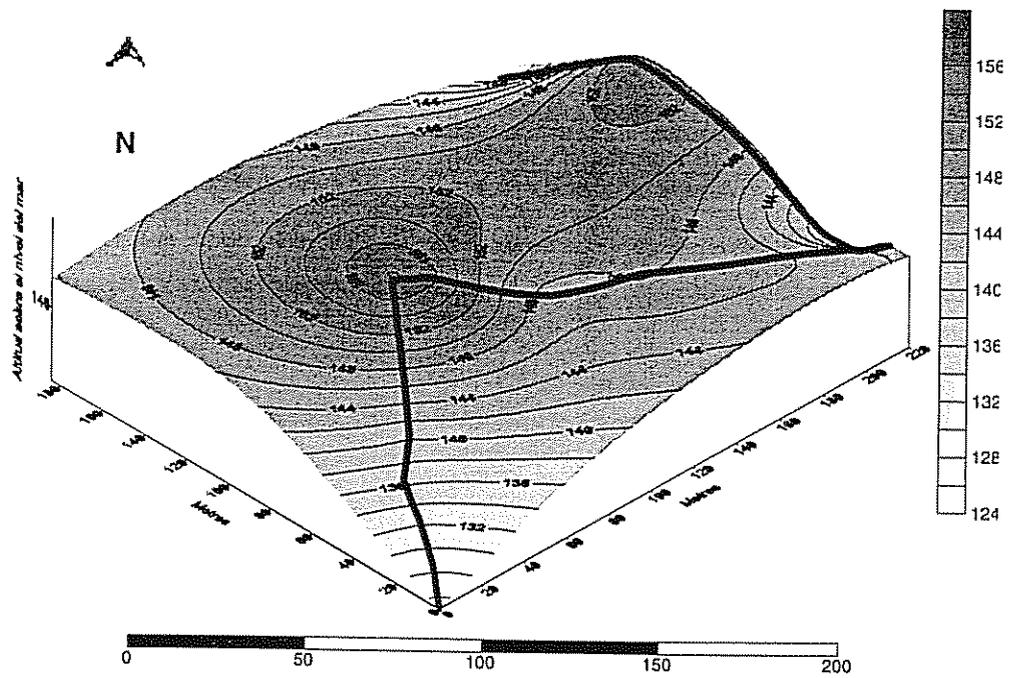


Figura 16: La Lupe - Nicaragua, Transecto N°1, Longitud: 478 metros

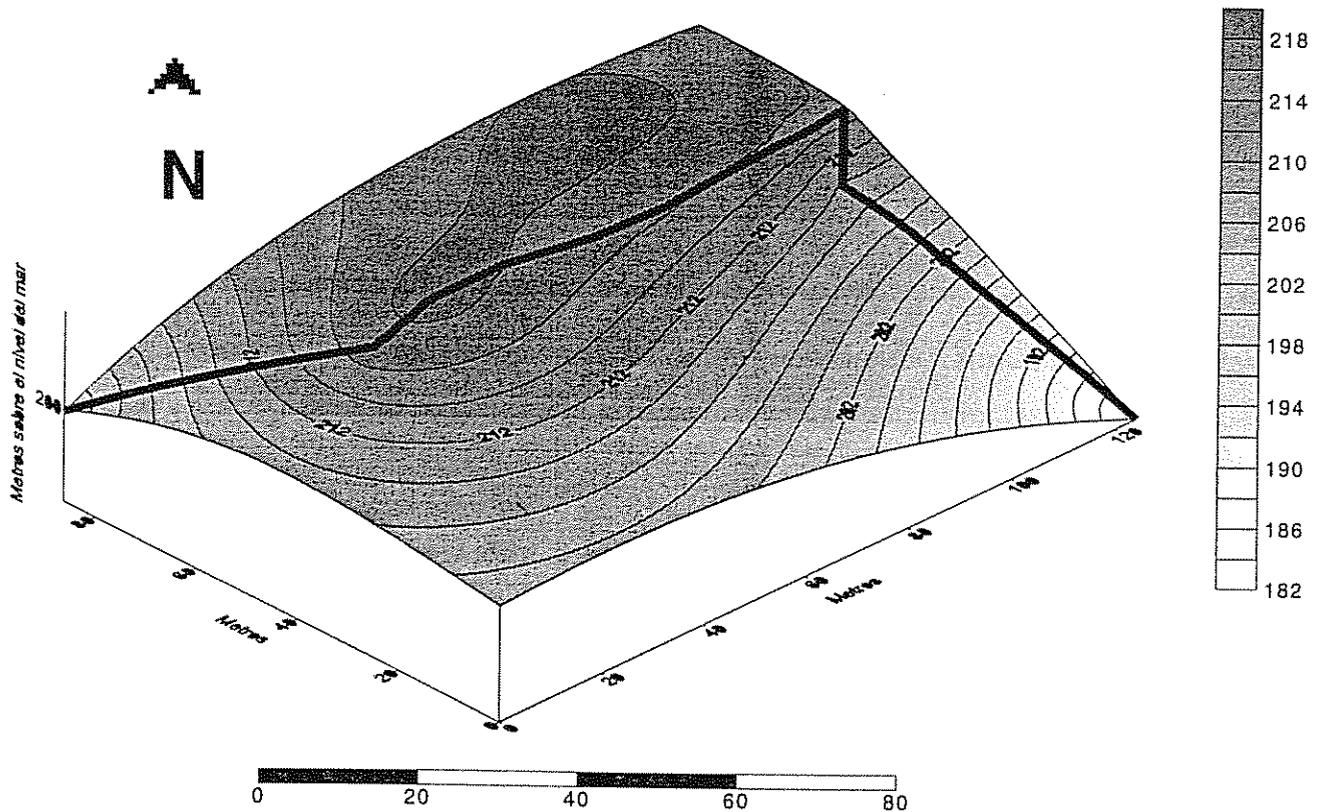


Figura 17: San Rafael de Bordon, Transectos N°1 y 2, longitud: 207 metros

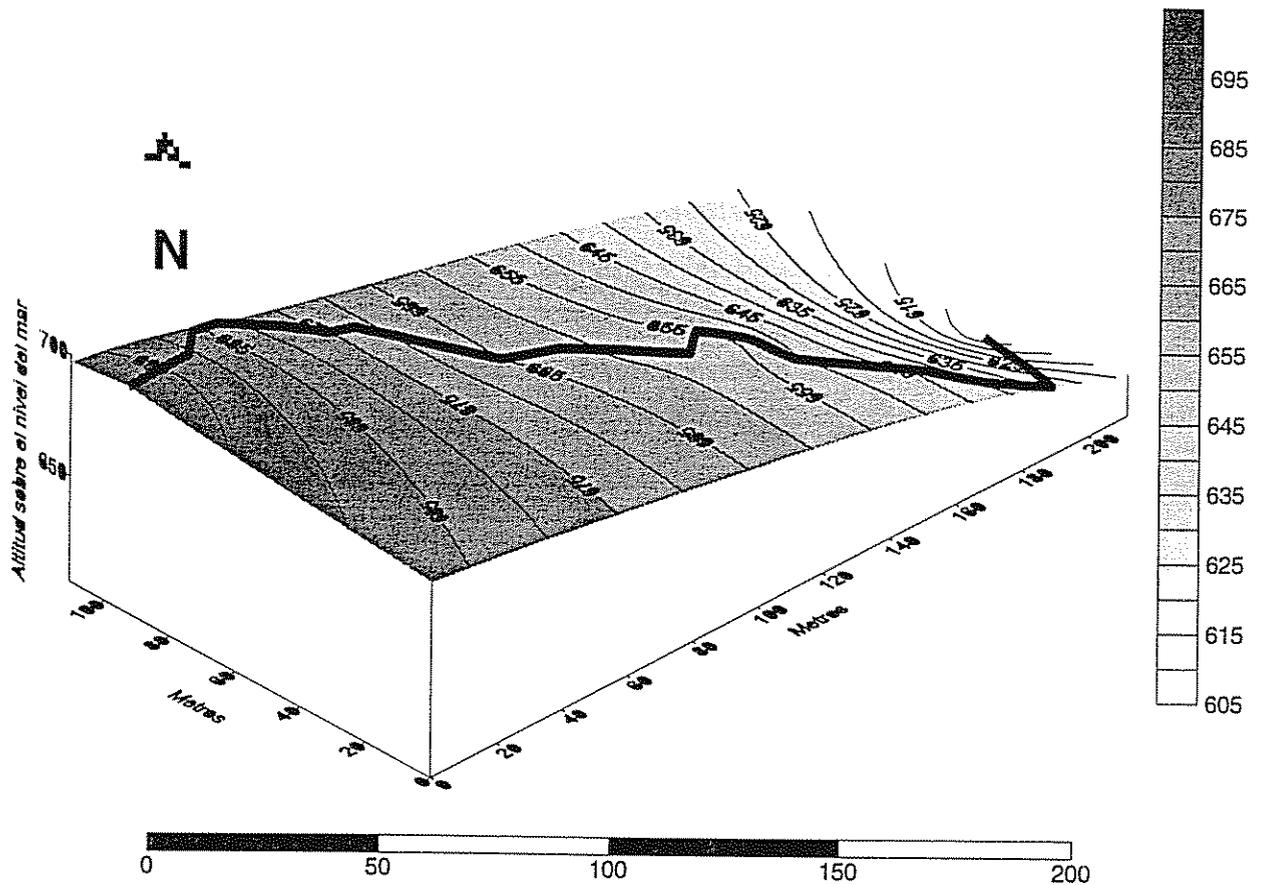


Figura 18 Reserva Indígena Chirripo, Transecto N°1, Longitud: 329 metros

#### 5.3.4. Descripción de las variables ambientales

Uno de los objetivos del presente estudio es determinar los factores ambientales que inciden sobre el desarrollo y distribución de la población de *Zamia skinneri*, para ello se tomó la información a lo largo de los transectos en correspondencia con las unidades primarias y secundarias.

##### 5.3.4.1. Topografía

En relación a las características topográficas se clasificó cualitativamente la posición de las parcelas; adoptando las siguientes categorías definidas por Villalobos (1995) (Cuadro 2)

**Cuadro 2: Códigos de acuerdo a las condiciones topográficas en las parcelas.**

<b>Códigos</b>	<b>Descripción de la ubicación topográfica</b>
11	Parte superior de una fila
12	Borde entre una fila y una ladera
21	Parte superior de un lomo o fila secundaria
22	Ladera suave (pendiente menor a 30% en apariencia)
23	Terraza en una ladera (sector plano en la ladera)
24	Ladera (en apariencia con más de 30% de pendiente)
31	Fondo de concavidad (generalmente debida a quebrada)
41	Llano

Villalobos (1995), relacionó cada situación topográfica con el nivel de exposición a la luz que presenta la vegetación de la parcela, de tal forma que los códigos menores coinciden con ubicaciones más expuestas, asumiendo una topografía muy accidentada.

En la mayoría de los sectores evaluados, se identificaron filas, las partes más agudas y altas de los cerros. Suelen presentarse pequeñas filas o estribaciones, generalmente perpendiculares a las primeras, a las que se denominó lomos. Se llamó terraza a los sectores planos, de 5 a 20 m de ancho, que interrumpen la pendiente de una ladera.

El primer paso hacia el entendimiento de la variación de los suelos tropicales según Finegan (1997), es establecer una clasificación aceptable de tipos de suelo, de acuerdo con sus características físicas y químicas. La denominada Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos, es tal clasificación. En ella, los suelos del mundo se dividen en diez órdenes y un número mucho mayor de subórdenes y grandes grupos. Ejemplos de cada uno de los diez órdenes están presentes en los trópicos, con totales estimados de 39 subórdenes y 136 grandes grupos.

En términos generales, existe una tendencia, de encontrar determinados tipos de suelo en determinados sitios dentro de paisajes tropicales generalizados. En regiones

húmedas, por ejemplo, es frecuente encontrar suelos viejos, altamente meteorizados, (órdenes *oxisol* y *ultisol*) en sitios elevados y bien drenados.

Las terrazas aluviales ya alejadas de la llanura de inundación de los ríos ocuparán sitios más bajos y presentarán mayor fertilidad y a al vez, mayor humedad (orden *inceptisoles* y *alfisoles*). Los suelos de las llanuras de inundación, donde todavía se están depositando sedimentos, se clasifican como *entisoles* (suelos recientes, poco desarrollados).

Para cada una de las zonas seleccionadas en este trabajo, se adoptó la clasificación de suelos definidas en base a estudios realizados en cada país.

#### **5.3.4.2. Exposición**

Cuando las parcelas, se ubicaron en zonas con pendientes mayores a 30% se determinó su exposición. Para los casos donde la especie se encontró en laderas, las exposiciones fueron norte o sur. Esta característica es de fundamental importancia, porque influye en la dispersión de las semillas, de acuerdo a la ubicación de las plantas hembras desarrolladas, capaces de producir estróbilos (observaciones de campo).

#### **5.3.4.3. Altitud**

La altitud sobre el nivel del mar, se midió con altímetro en cada uno de los puntos que definieron la trayectoria de los transectos. Esta variable permitió constatar el límite altitudinal máximo que alcanza la especie.

#### **5.3.4.4. Grado de iluminación**

El grado de iluminación se determinó utilizando dos procedimientos: a) con instrumental, en este caso el densiómetro esférico con mediciones a nivel de cada parcela y b) interpretación visual, aplicando los índices de iluminación de copa de Clark y Clark (1992) adaptados para este estudio y a nivel de cada individuo.

a) El densiómetro esférico consta de un espejo cóncavo o convexo (de acuerdo al modelo), con cuadrados grabados en su superficie. Una vez seleccionado el sitio del bosque, se nivela el instrumento y se cuenta el número de cuadros o puntos marcados por el ingreso de luz. El número obtenido se multiplica por 1.04 para obtener el porcentaje de área no ocupada por el dosel, la diferencia respecto al 100% da la densidad ocupada por el dosel del bosque.

b) Esta metodología consiste en estimar visualmente la condición de iluminación que presenta cada individuo y asignarle un índice. Tomando en cuenta que *Zamia skinneri* es una planta de sotobosque, se diferencia básicamente de los criterios emitidos para árboles que alcanzan el dosel superior, en que resulta muy difícil encontrar individuos en condiciones de exposición con el máximo valor de la escala, un 3 resultó el de mayor iluminación encontrado. Otros factores que pueden modificar el significado de la escala y la cuantificación de la iluminación son: el tipo de vegetación circundante, la altura del dosel y el tipo de copas (Cuadro 3).

**Cuadro 3: Índices de iluminación para las plantas, adaptados del índice de iluminación de la copa de Clark y Clark (1992).**

<b>Categoría 1</b>	Para individuos bajo dosel, sin iluminación directa vertical ni lateral. Es la condición de menor iluminación.
<b>Categoría 1.5</b>	Para individuos bajo dosel, con mínima luz lateral
<b>Categoría 2</b>	Para individuos bajo dosel, que cuentan con una fuente intermedia de iluminación lateral.
<b>Categoría 2.5</b>	Para individuos bajo dosel, con amplia iluminación lateral.
<b>Categoría 3</b>	Para individuos que poseen hasta un 90% de iluminación vertical directa.

#### 5.3.4.5. Tipo de bosque

A los efectos de conocer la estructura del bosque y la composición florística se implementaron parcelas de 0.25 ha ( $2500 \text{ m}^2 = 250 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ ) coincidentes con las zonas donde las plantas de *Z. skinneri* eran más abundantes, se midió con forcípula los árboles

cuyo diámetro (DAP), a 1,30 m del suelo superaron los 10 cm. Se identificaron las especies, así como también se estimó la altura del dosel. Las formaciones vegetales consideradas en los puntos de muestreo fueron las siguientes:

- Bosque primario (BP)
- Bosque primario intervenido: (BPI)
- Bosque primario muy intervenido (BPMI)
- Bosque secundario (BS)
- Tacotal (TAC)

Con las mediciones realizadas, se calculó: densidad de árboles y área basal por hectárea; sumando a éstos datos la interpretación visual del estado del bosque, existencias de tocones (base de árboles cortados), trochas madereras y características del sotobosque se diferenciaron las tres primeras categorías de bosques primarios.

El bosque secundario es la vegetación leñosa que se desarrolla en tierras que son abandonadas después de que su vegetación boscosa original es destruida por la actividad humana. Se denominó tacotal al inicio de la segunda fase de la sucesión secundaria, con una alta densidad de arbustos leñosos (Finegan, 1992).

### **5.3.5. Criterios adoptados para la caracterización de las poblaciones de *Zamia skinneri***

Frente a la búsqueda de alternativas de desarrollo para las comunidades rurales, el CATIE a través del Proyecto Conservación para el Desarrollo Sostenible en América Central (conocido como Proyecto `OLAFO), ha elaborado una propuesta metodológica para afrontar la problemática biológica inherente al proceso de incorporación de especies no maderables en el manejo diversificado de los bosques naturales (Marmillod *et al.* 1998).

Esta metodología, inicia con la definición del producto por cosechar y consta de cinco pasos: 1) acercamiento inicial a la especie, 2) desarrollo de las herramientas suficientes para caracterizar la estructura poblacional de la especie, 3) desarrollo de las

herramientas suficientes para estimar el producto cosechable en una población, 4) desarrollo de una propuesta de sistema silvicultural y 5) diseño de un plan de aprovechamiento sostenible de la especie dentro de una unidad de manejo. Acorde con esta premisa, Ling *et al.* (1996), indica que cada fase comprende procedimientos diferentes para cada especie, dadas sus diferencias en cuanto al producto cosechado, hábito de crecimiento, biología reproductiva y nicho ecológico.

En Costa Rica los lineamientos para el aprovechamiento sostenible de *Zamia*, establecen el bosque como la fuente de producción de semillas, no pudiéndose extraer las plantas "madres" (Robles *et al.* 1996). La semillas sexuales producidas por las plantas establecidas en el bosque constituyen por lo tanto uno de los productos a cosechar, representado un problema práctico para la estimación de su abundancia en el campo: *Zamia skinneri* es una especie dioica, que no presenta dimorfismo sexual evidente. El otro producto son eventualmente las estacas de tallos de plantas con por lo menos 30 cm de altura, que sólo representan el 36% de la población evaluada.

Para fines de la presente investigación se utilizó información propia de los dos primeros pasos de la metodología mencionada anteriormente.

- 1) **Acercamiento inicial a la especie:** esta información básicamente fue proporcionada por los trabajos de investigación y validación del Proyecto OLAFO en Centro América, la búsqueda bibliográfica y primer salida a campo efectuada durante el año 1997 (Ling *et al.* 1996).

Como variables relevantes a medir para diferenciar los estados de desarrollo de las plantas se definieron:

- Número total de hojas vivas.
- Número total de folíolos en la última hoja desarrollada.
- Altura del tallo, medido en centímetros desde el suelo hasta el ápice de la corona.
- Determinación del sexo de las plantas observadas, en la medida que presentaban estróbilo, midiendo el largo y diámetro de los estróbilos femeninos y contando el número de los estróbilos masculinos.

- 2) **Desarrollo de las herramientas suficientes para caracterizar la estructura poblacional de la especie:** la caracterización demográfica de la población que se pretende manejar con fines productivos, en cuanto a madurez productiva y reproductiva de los individuos, es una de las informaciones requeridas en el proceso de fijar la cosecha permisible de un producto (Marmillod *et al.* 1998).

Corresponde entonces plantearse las siguientes preguntas claves:

¿Cuáles características biológicas permiten diferenciar en el conjunto de individuos de una especie, por lo menos las subpoblaciones juvenil y productiva?.

¿Qué observar y/o medir en cada individuo para poder asignarlo a un estado de desarrollo?.

De acuerdo con Robles *et al.* (1997), la variable fácil de medir con el mayor contenido de información relativa al estado productivo de la planta, es el número de folíolos de la última hoja desarrollada. La subpoblación productiva consta de individuos con 16 folíolos o más en la última hoja desarrollada. Pero hasta el momento no se ha logrado identificar una característica para diferenciar las plantas masculinas y femeninas, salvo por el estróbilo, que raramente está presente; se desconoce, por otro lado, la población entre individuos de ambos sexos y por consiguiente cuántas plantas producirán semillas.

#### **5.4. Análisis de la Información**

Los datos recolectados se procesaron en primera instancia con el Programa EXCEL, posteriormente se codificaron los archivos utilizando el Programa FORTRAN. La representación gráfica de los transectos se realizó a través de Surfer para ambiente Windows y el análisis estadístico se efectuó con el Programa: Statistical Analysis System (SAS).

Para observar la relación entre las variables medidas a nivel de planta: número de hojas, número de folíolos de la hoja más desarrollada y altura de tallos, se obtuvieron coeficientes de correlación de Pearson y Spearman.

De igual manera se procedió con las variables ambientales para observar las relaciones con las poblaciones de la especie, haciendo análisis de correlación, que ayudaron a detectar los factores ambientales que estaban influyendo más significativamente.

Otro procedimiento estadístico aplicado fueron dos análisis discriminante canónico, con el objetivo de construir indicadores que diferenciaron las poblaciones de *Zamia skinneri* con base en las variables cuantitativas medidas.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.1. Análisis de las variables poblacionales

Se procedió en primera instancia a analizar las variables medidas en cada planta, para determinar el grado de relación entre las mismas.

- **Número total de hojas por planta:** la especie presenta hojas paripinadas; el mínimo de hojas medido fue 1 y el máximo 30, esta información amplía la descripción botánica de la especie realizada por Dietrich, (1851, citado por Stevenson, 1993) que indica un número de 3 a 6 hojas.

Se clasificaron las 2645 plantas medidas en los tres países, en clases de hojas de amplitud: 2, como se muestra en la Figura 19.

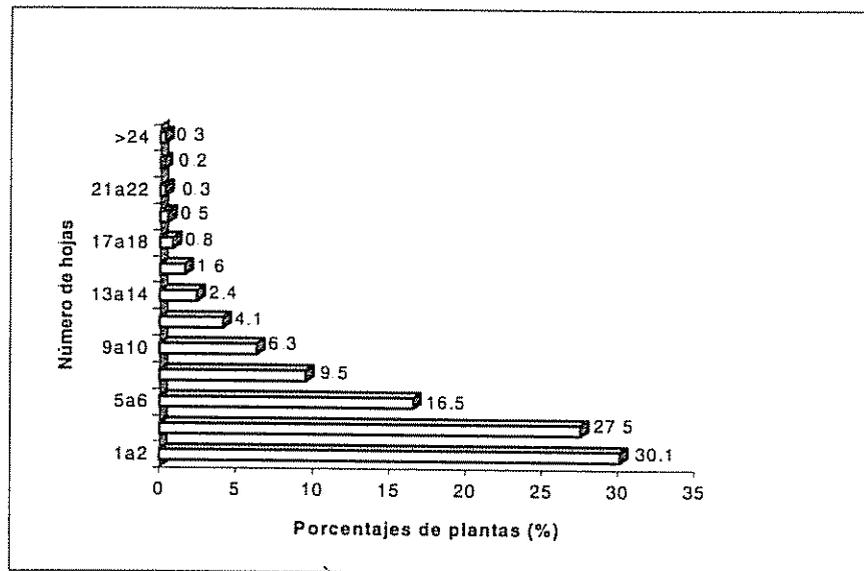
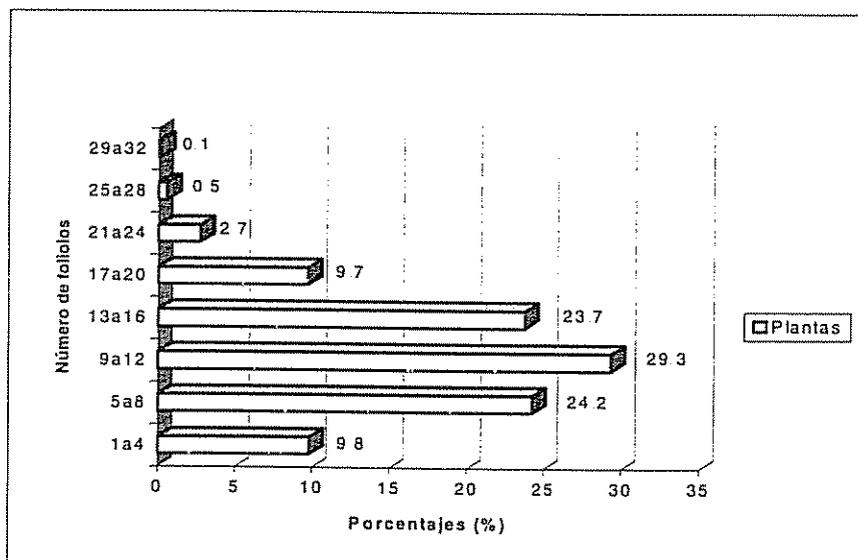


Figura 19: Distribución del total de plantas de *Zamia skinneri*: medidas en Nicaragua, Costa Rica y Panamá por clases de número de hojas, expresado en porcentaje (%), .

El 74% de las plantas poseen entre 1 y 6 hojas, disminuyendo la cantidad a medida que aumenta el número de las mismas por planta. La medición se ve dificultada por la disposición que presentan las hojas, acumulando gran cantidad de materiales que caen del dosel superior y además por la abundante presencia de espinas en los peciolos.

- **Número total de foliolos de la hoja más desarrollada:** En las mediciones a campo se contaron los foliolos de la hoja más desarrollada en cada planta, para el análisis se agruparon en clases de foliolos de amplitud 4. El número máximo de foliolos por hoja mayor medido fue 32, esta información amplía la descripción botánica de la especie que cita de 12 a 20 (Dietrich, 1851, citado por Stevenson, 1993) (Figura 20).



**Figura 20: Distribución del número de plantas, por clases del número total de foliolos, en por ciento (%), amplitud de clase 4 foliolos.**

El número de foliolos por hoja más desarrollada es una característica fácil de medir. Observando la Figura 20, aparentemente el aumento en el número de foliolos durante la fase juvenil se da relativamente rápido y el número se estabiliza cuando la planta alcanza su madurez sexual. Los individuos con 16 foliolos (8 pares) o más pueden producir estróbilos permitiendo clasificar las plantas de *Zamia skinneri* en sexualmente maduras y juveniles (Robles *et al.* 1997), correspondiendo un 13% y 87% respectivamente (Figura 21).

Desde el punto de vista del manejo, el bajo porcentaje de plantas maduras sexualmente constituye un inconveniente, sumado a esto la imposibilidad de diferenciar los ejemplares por sexo y los largos periodos entre eventos reproductivos (Clark y Clark, 1988).

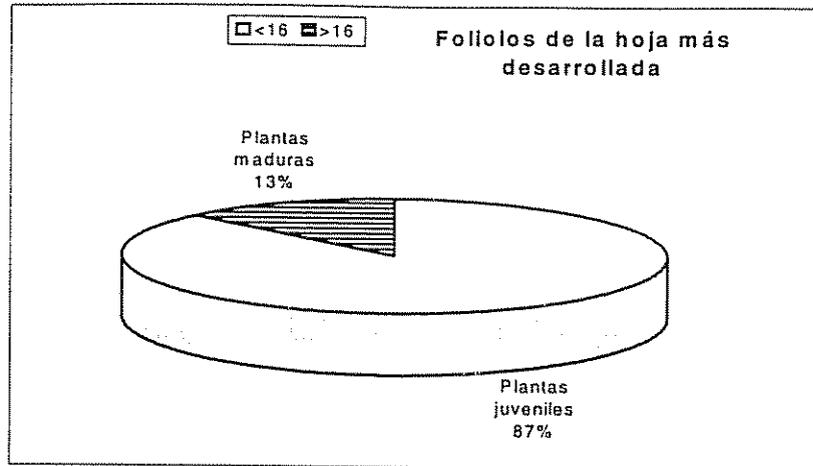


Figura 21: Distribución del número total de plantas de *Zamia skinneri* con más y con menos de 16 foliolos en la hoja más desarrollada.

**Altura del tallo :** Se midieron con precisión de 1 centímetro todas las plantas con tallo; ésta característica es importante pues permite desde el punto de vista productivo estimar el número de plantas que pudieran proveer material para reproducción por estacas (Ling *et al.* 1996.) (Figura 22).

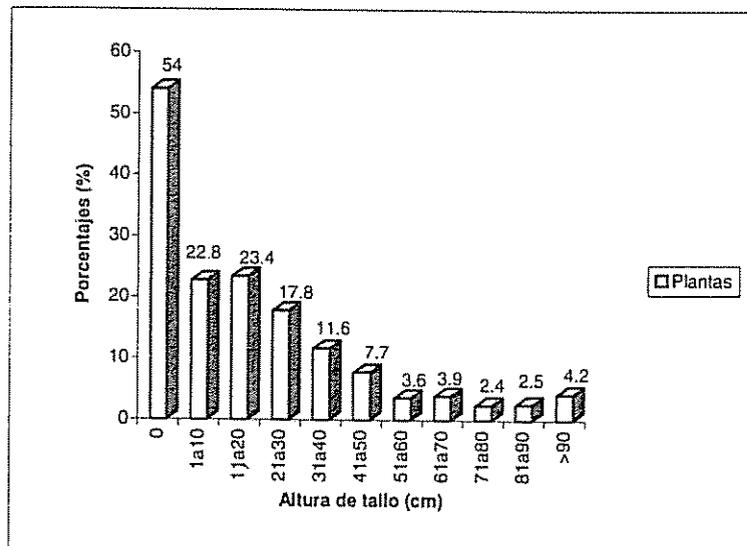


Figura 22: Distribución del número de plantas por clases de altura de tallo

El 54% del total de plantas medidas no presentaron tallo, sin embargo el 36% superaron los 30 cm de altura de tallo, esta característica permitiría la producción de estacas, pero nuevamente el problema de la diferenciación de los sexos hasta el presente no está resuelto.

- **Número de estróbilos:** Se pudo identificar solamente 20 plantas hembras y 19 machos; por presencia de estróbilos o de las bases que soportan los mismos. Las hembras en todos los casos presentaron 1 solo estróbilo y los ejemplares machos variaron en números desde 1 hasta 5. Estas 39 plantas representan solamente el 2% de las poblaciones de *Z. skinneri* medidas, por consiguiente la variable mencionada no se tuvo en cuenta en el análisis de la información obtenida.

### 6.1.1. Relación entre variables

Se efectuaron con el Programa: Statistical Analysis System (SAS) tres análisis de correlación (Cuadro 4) entre las variables:

- Número de hojas por planta - Número de folíolos de la hoja mayor
- Número de hojas por planta - Altura del tallo
- Número de folíolos de la hoja mayor - Altura del tallo.

**Cuadro 4: Coeficientes de correlación de Pearson (P) y Spearman (S) para las variables cuantitativas: número de hojas por planta, número de folíolos de hoja mayor y altura del tallo.**

	Número de hojas por planta	Número de folíolos de la hoja mayor	Altura del tallo
Número de hojas por planta	1	0.66 P* y 0.72 S*	-----
Número de folíolos de la hoja mayor	-----	1	0.38 P* y 0.45 S*
Altura del tallo	0.45 P* y 0.44 S*	-----	1

\* Significativo al 1%

Al encontrar una alta correlación entre el número de folíolos de la hoja mayor y el número de hojas por planta, se decidió considerar para el análisis el primero, por dos razones fundamentales: a) ser una variable fácil de medir y b) por permitir determinar el grado de desarrollo de las plantas y posteriormente caracterizar las poblaciones de las zonas estudiadas.

## Definición y estructura de los agregados.

a) A los efectos de poder relacionar las variables poblacionales y ambientales se agruparon las unidades primarias (UP) y secundarias (US) en unidades espaciales denominados "agregados". Estos agregados se crearon considerando los siguientes criterios:

- A todas las UP ubicadas sobre el eje central de la trayectoria del transecto se le sumaron las US que se materializaron a izquierda y/o derecha de las mismas. Cabe mencionar que esto se aplicó en los 22 transectos de las zonas visitadas.
- Si la distancia entre los puntos centrales de dos UP se encontraba entre 5 y 6 metros se incluían en un mismo agregado.

Se obtuvieron en total 357 agregados que agruparon 926 parcelas (UP+US). Para una mejor comprensión se brinda el Cuadro 5:

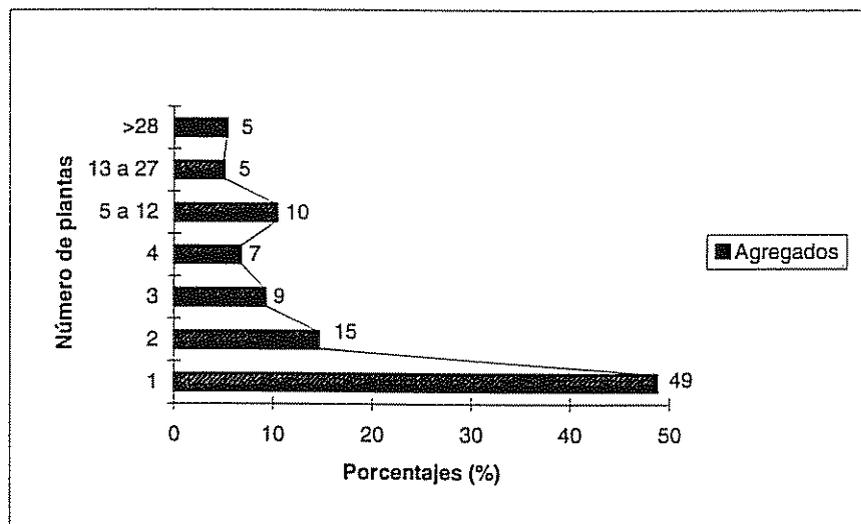
**Cuadro 5: Distribución del número de agregados por clases de agregados en función del número total de parcelas por agregado.**

Clase de agregado en función del número de parcelas	Frecuencias de los agregados	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado
1	245	68.6	68.6
2	39	10.9	79.6
3	21	5.9	85.4
4	13	3.6	89.1
5	7	2.0	91.0
6-116	32	9.0	100
Total	357	100	

En el Cuadro 5 se observa que el 68% de los agregados están conformados por una parcela, alcanzando un porcentaje acumulado del 91% los agregados con 2, 3, 4 y 5 parcelas; solamente el 9% los agregados con 6 y más parcelas se agruparon en una clase: 6-116. Un solo agregado está conformado por 116 parcelas - constituye una excepción - y fue encontrado en la zona de Panajungla en Panamá.

b) Como se explicara en la metodología, las parcelas (UP y US) poseen la misma superficie, es decir tienen 25 m<sup>2</sup> (5m x 5m). Considerando la estructura de los agregados estos variaron en superficie desde un mínimo de 25 m<sup>2</sup> hasta un máximo de 2900 m<sup>2</sup>.

c) De igual manera se procedió con el cálculo del número de plantas por agregados, creando 7 clases de agregados: clase 1: 1 planta por agregado; clase 2: 2; clase 3: 3; clase 4: 4; clase 5: 5 a 12; clase 6: 13 a 27 y clase 7: > 28 (Figura 23).



**Figura 23: Distribución porcentual del número de agregados por clases en función del número total de plantas por agregado.**

El 49% de los agregados poseen una sola planta, el 80 % contienen hasta 4 y el 20% restante 5 y más plantas. Nuevamente la excepción es Panajungla con dos agregados que sumaron 116 y 514 plantas respectivamente. La densidad de ejemplares de *Zamia* por agregados varía entre un mínimo de 1 en 25 m<sup>2</sup> y 514 en 2900 m<sup>2</sup>.

### 6.2.1. Las variables ambientales.

Las variables ambientales: pendientes, altitud sobre el nivel del mar, tipo de vegetación y de topografía se confrontaron con la variable poblacional: clase - categoría de agregados, obteniéndose tablas de frecuencias y análisis de correlación para cada una de ellas.

#### 6.2.1.1. Relación entre las variables: clase de agregados por número de plantas y pendientes.

a) El 87% de los agregados se ubicaron en zonas consideradas planas, el 6% en zonas con pendientes superiores al 30% y exposición norte y el 7% restante en pendientes superiores al 30% con exposición sur (Cuadro 6).

**Cuadro 6: Relación entre las variables: clase de agregados por número de plantas y pendientes**

Clase - categoría de agregado por número de plantas	Pendientes > a 30% con exposición norte (*)	Plano (*)	Pendientes > a 30% con exposición sur (*)
1	----	57	7
2	----	16	7
3	5	10	7
4	5	7	7
5-12	35	6	32
13-27	25	2	18
mayor a 28	30	2	21
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

\* Los valores están expresados en porcentajes (%)

El 90% de los agregados que se ubicaron en zonas consideradas planas, tenían hasta 4 plantas, sin embargo, el 90% y 71% de los agregados con pendientes > a 30% y

exposición norte y sur respectivamente presentaron 5 o más ejemplares con un máximo de 514. Esto implica que la especie cuando se ubica en laderas con pendientes mayores al 30%, se ve favorecida en la dispersión de semillas, que son arrastradas hacia abajo por efectos de las lluvias, fundamentándose esta afirmación en las observaciones realizadas en el campo, donde en todos los casos se constató una alta regeneración.

b) El análisis de correlación entre la variable pendiente y la variable cuantitativa clase de agregados por número de plantas dio un coeficiente de 0,60 resultando altamente significativo ( $P \leq 0,01$ ).

#### 6.2.1.2. Relación entre las variables: clase de agregados por número de plantas y altitud.

a) Las zonas de estudio se ubicaron entre una altitud de 25 msnm (mínima) y 950 msnm (máxima). Para el análisis de la información se crearon 4 clases, con amplitud de 250 msnm: clase 1: 0 - 250; clase 2: 250 - 500; clase 3: 500 - 750 y la última: 750 - 1000.

Con respecto al total el 44% de los agregados, se ubicaron entre los 25 y los 250 msnm, un 6% entre 250 y 500 msnm, un 30% entre los 500 y 750 msnm y por último un 19% entre los 750 y los 950 msnm (Cuadro 7).

**Cuadro 7: Relación entre las variables: clase de agregados por número de plantas y altitud.**

Clase- categoría de agregados por número de plantas	Altitud 0 - 250 (msnm)	Altitud 250 - 500 (msnm)	Altitud 500 - 750 (msnm)	Altitud 750 - 1000 (msnm)
1	31*	35*	70*	60*
2	17	30	4	22
3	13	9	7	4
4	9	4	5	4
5-12	15	9	7	4
13-27	8	4	4	2
mayor a 28	7	9	3	4
TOTAL	100	100	100	100

\* Los valores están expresados en porcentajes (%)

Observando el Cuadro 7 se interpreta lo siguiente:

- Para la clase de altitud: 0 - 250 msnm el 31% de los agregados tenían una planta, y el 69% restante contenían 2 o más.
- Para la clase de altitud: 250 - 500 msnm el 35% presentaron una planta y el 65% restante contenían 2 o más.
- Para la clase de altitud: 500 - 750 msnm el 70% presentaron una planta y el 30% restante contenían 2 o más.
- Por último la clase de altitud: 750 - 1000 msnm el 60% de los agregados tenían una planta y el 40% restante contenían 2 o más.

Prácticamente la mitad de los agregados se ubicaron en las zonas con una altitud de 0 a 250 msnm, presentando en su mayoría un alto número de plantas y por el contrario a partir de los 500 msnm aumenta el número de agregados con una planta.

**b)** El coeficiente de correlación entre la variable ambiental altitud y la poblacional clase de agregados por número de plantas, si bien es altamente significativo ( $P \leq 0,01$ ) con un valor de 0,41, resultó bajo porque en la zona de la Reserva Indígena Chirripó - Costa Rica, la especie presentó distribución agregada a una altitud de 950 msnm.

Considerando que la disminución de temperatura conforme aumenta la altitud, en zonas tropicales, es de aproximadamente de unos 6°C por cada 1000 msnm (Sánchez, 1981), es probable que otro tipo de factor relacionado con la altitud afecte la distribución de *Zamia*. Según Tromp (1980) la altitud afecta el crecimiento vegetal en forma indirecta, no por la reducción en la presión parcial de oxígeno, sino al variar la temperatura promedio, la distribución de longitudes de onda de la radiación solar y la humedad.

### 6.2.1.3. Relación entre las variables: clase de agregados por número de plantas y tipo de vegetación.

a) Los 5 tipos de vegetación definidos para este trabajo: bosque primario (BP), bosque primario intervenido (BPI), bosque primario muy intervenido (BPMI), bosque secundario (BS) y tacotal (TAC), presentaron diferencias en cuánto a la presencia de los agregados. Con respecto al total el 9% se ubicaron en BP, el 47% en BPI, el 20% en BPMI, el 21% en BS y el 3% restante en TC (Cuadro 8).

**Cuadro 8: Relación entre las variables: clase de agregados por número de plantas y tipo de vegetación.**

Clase- categoría De agregados por número de plantas	Bosque primario	Bosque primario intervenido	Bosque primario muy intervenido	Bosque secundario	Tacotal
1	11*	51*	39*	74*	----
2	6	15	13	17	23*
3	9	8	18	5	----
4	12	7	10	3	----
5-12	29	10	10	1	33
13-27	15	5	6	---	11
mayor a 28	18	4	4	---	33
TOTAL	100	100	100	100	100

\* Los valores están expresados en porcentajes (%)

- Para el tipo de vegetación BP: el 11% de los agregados tenían una planta, y el 89% restante contenían 2 o más.
- Para BPI: el 51% presentaron una planta y el 49% restante contenían 2 o más.
- Para el BPMI: el 39% presentaron una planta y el 61% restante contenían 2 o más.
- Para el BS: el 74% de los agregados tenían una planta y el 26% restante contenían 2 o más.
- Por último el TAC: contiene el 23% de los agregados con dos plantas y el 73% restante contenían 4 o más.

Coincidiendo con el estudio de Barrantes Alfaro *et al.* (1995) se dio una alta participación de agregados con 2 o más plantas en el tipo de vegetación BP, esta zona corresponde básicamente al área protegida de Panajungla en Panamá.

La distribución espacial de la especie en bosques primarios poco intervenidos es en forma de agregados, mientras que en bosques más intervenidos tiende a ser aleatoria, tal vez porque la disponibilidad de luz es más uniforme y no depende de aperturas ocasionales del dosel arbóreo.

Es interesante mencionar el alto porcentaje de agregados en las últimas dos categorías de vegetación BS y TAC (24% del total), zonas con bosques secundarios son factibles de enriquecer con *Zamia skinneri*, más aún teniendo en cuenta el trabajo de Clark y Clark (1988) en la Estación Biológica "La Selva". Estos investigadores determinaron que el 26% de las 200 plantas observadas durante 6 años en bosque primario fructificaron 2 veces (1981-1985) mientras que el 73% de los ejemplares bajo bosque secundario produjeron estróbilos en 3 oportunidades (1981-1984-1985).

En la Reserva Poco Sol - Monteverde - Costa Rica, el bosque secundario de 12 años, producto de un ex-potrero, estaba compuesto básicamente por tres especies: *Miconia dorsiloba* (Melastomataceae), *Hedyosmun scaberrimum* (Chloranthaceae) y *Vernonia triflosculosa* (Asteraceae), las especies leñosas mencionadas tenían una altura promedio de 10 m no superando los 10 cm de DAP. Por la alta densidad de ejemplares, la cobertura de copas era del 100% de acuerdo a las lecturas tomadas con el densiómetro esférico y los índices de iluminación variaron entre: 1, 1.5 y 2 estimando una densidad de plantas de *Zamia skinneri* de 27/ha, es decir las condiciones de iluminación fueron similares a las del bosque primario, sería por lo expuesto recomendable realizar investigaciones para estudiar el establecimiento y crecimiento de la especie bajo formaciones vegetales de sucesión secundaria.

b) El análisis de correlación entre la variable cualitativa tipo de vegetación y la variable cuantitativa clase de agregados por número de plantas dio un coeficiente de 0,54 resultando altamente significativo ( $P \leq 0,01$ ).

#### 6.2.1.4. Relación entre las variables: clase de agregados por número de plantas y tipo de topografía.

En relación a las características topográficas definidas en la metodología, se presentan en el cuadro 9 solamente 4 (de 8) debido a que el 88% de los agregados se ubicaron en éstas categorías, correspondiéndole con respecto al total a la parte superior de una fila (11): el 36%; parte superior de un lomo o fila secundaria (21): 19%; ladera en apariencia con más de 30% de pendiente (24): 21% y llano (41): el 12% respectivamente.

Si se analiza el porcentaje de las 3 primeras categorías: parte superior de una fila, parte superior de un lomo o fila secundaria y ladera (en apariencia con más de 30% de pendiente) se demuestra la preferencia de la especie por este tipo de condiciones topográficas (Cuadro 9).

**Cuadro 9: Relación entre las variables: clase de agregados por número de plantas y tipo de topografía.**

Clase- categoría de agregados por número de plantas	Parte superior de una fila	Parte superior de un lomo o fila secundaria	Ladera con más de 30% de pendiente	Llano
1	48*	68*	52*	38*
2	15	7	19	24
3	9	7	11	12
4	8	6	4	10
5—12	9	4	8	14
13-27	5	4	2	---
mayor a 28	6	4	4	2
TOTAL	100	100	100	100

\* Los valores están expresados en porcentajes (%)

- La categorías parte superior de una fila y ladera con más de 30% de pendiente, presentan clases de agregados por número de plantas similares, el 50% con una planta y el 50% restante con 2 o más.

- En cambio la categorías parte superior de un lomo o fila secundaria y llano difieren en cuánto a la clases de agregados por número de plantas, a la primera le corresponde un 68% con una planta y el 32% con más de 2 y a la segunda un 38% y 62% respectivamente.

En una finca de baja Talamanca, Costa Rica, Barrantes Alfaro *et al.* (1995) encontró el mayor número de individuos en pendientes clasificadas como altas (45% o más).

#### 6.2.1.5. Distribución del número de agregados en función del grado de iluminación.

Si bien se asignaron índices de iluminación a nivel de planta, posteriormente se calcularon promedios para relacionarlos con las unidades espaciales denominadas agregados. Estos promedios se sumaron y se presentan en el Cuadro 10:

**Cuadro 10: Distribución del número de agregados en función del grado de iluminación.**

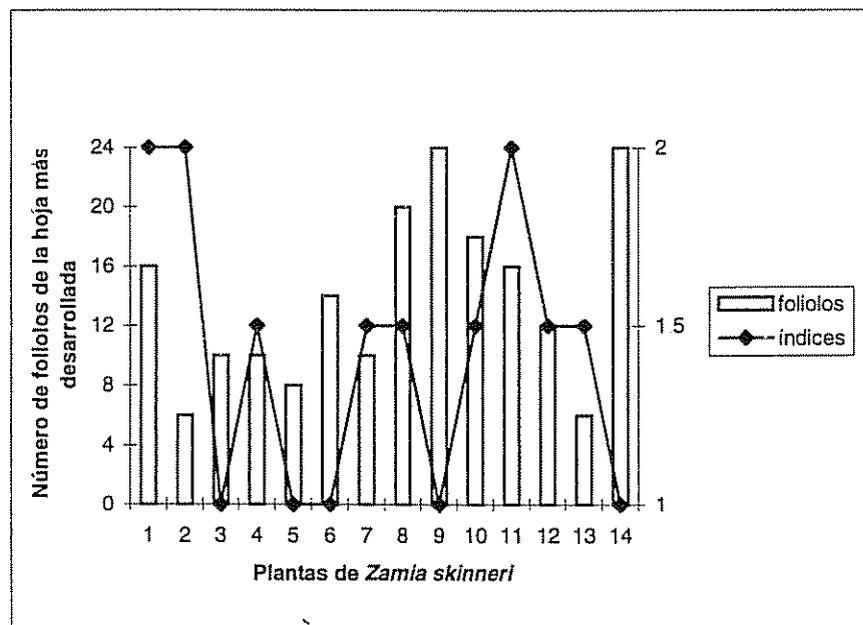
Índices de iluminación	Frecuencias de los agregados	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado
1	64	17.9	17.9
1.5	129	36.1	54.1
2	95	26.6	80.7
2.5	62	17.4	98.0
3	7	2.0	100
Total	357	100	

Al 81% de los agregados le corresponden los índices 1, 1.5 y 2; esto implica que la mayoría de las plantas evaluadas se encontraron en las categorías inferiores de iluminación y se registraron muy pocos individuos con situación de máxima iluminación, asignando el índice 3 en aquellos casos donde por caída de árboles o incidencia de rayos, las plantas se ubicaron en un claro.

De esta manera, los valores hallados, indican que la especie *Zamia skinneri* dispone de muy baja iluminación en el bosque, esto último concuerda con resultados

obtenidos por Clark y Clark (1992) en trabajos realizados en la Estación Biológica La Selva, en Costa Rica.

Con respecto a los tipos de vegetación donde se encontró la especie resulta difícil establecer relaciones entre éstos y las poblaciones de *Zamia* a nivel microambiental, pues el bosque es un sistema dinámico donde la disponibilidad de luz para el estímulo de la regeneración natural de la especie pueden depender de aperturas en el dosel que ocurren en períodos cortos, independientemente del estado sucesional de la vegetación. Debe considerarse además que un bosque secundario no necesariamente tiene un sotobosque más iluminado que uno primario. En la Reserva Indígena Chirripó por ejemplo a las plantas que estaban bajo un bosque primario muy intervenido, se le asignaron índices de iluminación mayores que las del bosque secundario de 20 años y compuesto fundamentalmente por caña de castilla y unas pocas especies leñosas.



**Figura 24: Número de folíolos de la hoja más desarrollada de las 14 plantas presentes en una parcela de 25 m<sup>2</sup>, en la Reserva Indígena Chirripó.**

En la Figura 24 se representa una parcela de 25 m<sup>2</sup>, ubicada en la Reserva mencionada anteriormente, bajo el bosque secundario de 20 años, los índices de iluminación asignados a cada planta variaron entre 1 (mínimo) y 2 (el máximo es 3). Los

ejemplares de *Zamia* tenían un buen desarrollo y presentaban un alto número de plantas juveniles.

- **Comparación de los dos métodos empleados para determinar el grado de iluminación.**

Como se describiera en la metodología para determinar el grado de iluminación se emplearon los índices de copa propuestos por Clark y Clark (1992) y adaptados para este estudio y el densiómetro esférico.

Las lecturas con el densiómetro esférico coincidieron con las categorías de iluminación más bajas; los valores variaron entre un 66% (apertura del dosel por caída de uno o más árboles) y 100% (máxima cobertura de copas). El análisis de correlación efectuado dio un coeficiente de 0,51 ( $P \leq 0,01$ ). Este resultado implica que cualquiera de los dos métodos pueden ser utilizados para estudiar el grado de iluminación, siendo la luz uno de los gradientes ecológicos más importantes para el crecimiento y reproducción de la especie *Zamia skinneri* (Clark y Clark, 1992).

### **6.3. Diferenciación de las zonas estudiadas en función a la altitud**

Los resultados del análisis discriminante canónico aplicado para construir indicadores que diferencien los grupos de zonas derivados por combinación lineal de las variables originales mostraron lo siguiente:

La primera variable canónica explicó el 95% de la variación entre los grupos. La Figura 25 muestra la proyección de los diferentes grupos sobre los dos primeros ejes del análisis discriminante canónico. En general se evidencia una tendencia de agrupación de las zonas con altitudes sobre el nivel del mar bajas (25 - 300 msnm) por un lado y las zonas con altitudes sobre el nivel del mar altas (450 - 950 msnm) por el otro.

Los coeficientes de las variables canónicas 1 y 2, correspondientes a las variables originales canónicas estandarizadas, se muestran en el Cuadro 11; se nota que en la estructura de la variable canónica Can1 domina la variable altitud (Figura 25).

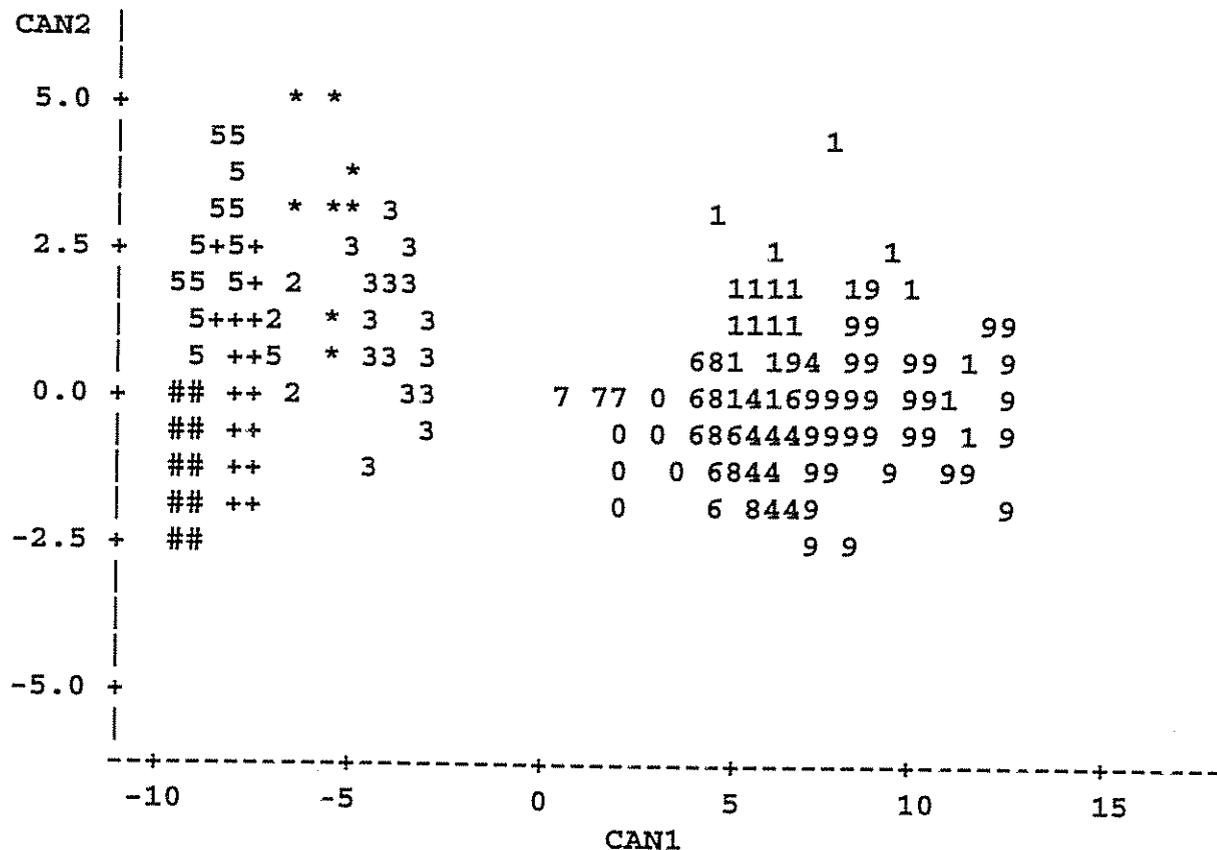


Figura 25: Proyección de los 2 grupos de zonas sobre los dos primeros ejes del análisis discriminante canónico.

Simbología utilizada en la figura 25:

- 0 = Area de Conservación Guanacaste (500 - 575 msnm).
- 1 = Reserva Indígena Chirripó (725 - 950 msnm).
- 4 = Finca Cote - Arenal -(675 - 700 msnm).
- 6 = Cañón Mena - Guanacaste -(600 - 700 msnm).
- 7 = Orosi - Guanacaste -(450 - 500 msnm).
- 8 = Estación Biológica Pitilla- ; Guanacaste -(600 - 675 msnm).
- 9 = Reserva Poco Sol - Monteverde -(625 - 900 msnm).
- \* = San Rafael de Bordón - Talamanca -(175 - 225 msnm).
- + = Estación Biológica La Selva (75 - 100 msnm).
- # = Propiedad de la UCA "La Lupe" - Nicaragua (25 - 50 msnm).
- 2 = Refugio Nacional de Fauna Silvestre Barra del Colorado (100 - 150 msnm).
- 3 = Corina - Talamanca -(225 - 300 msnm).
- 5 = Parque Internacional La Amistad - Panajungla - Panamá (50 - 150 msnm).

**Cuadro 11: Coeficientes del análisis discriminante canónico**

<b>Variabes cuantitativas</b>	<b>Can 1</b>	<b>Can 2</b>
Número de parcelas por agregados	-0,159	0,372
Altitud sobre el nivel del mar	0,998	0,026
Altura media del dosel arbóreo	-0,394	0,218
Iluminación según densiómetro	0,076	0,237
Iluminación según Clark	-0,026	-0,344
Número de plantas con altura de tallos > a 30 cm	-0,093	0,333
Altura máxima del tallo del individuo más desarrollado	-0,113	0,248
Número máximo de hojas del individuo más desarrollado	-0,231	0,629
Número máximo de folíolos de la hoja más desarrollada	-0,207	0,834
Número de plantas con 2 pares de folíolos	0,048	0,593
Número de plantas con 4 pares de folíolos	-0,034	0,216
Número de plantas con 6 pares de folíolos	-0,096	0,294
Número de plantas con 8 pares de folíolos	-0,122	0,350
Número de plantas con 10 pares de folíolos	-0,098	0,348
Número de plantas con 12 pares de folíolos	-0,060	0,376
Número de plantas con 14 pares de folíolos	-0,038	0,425
Número de plantas con más de 28 folíolos	0,006	0,212

### 6.3.1. Información de las zonas estudiadas por grupos

En base al análisis discriminante canónico las 13 zonas quedaron conformadas por dos grupos:

Grupo 1: categorías 0, 1, 4, 6, 7, 8 y 9.

Grupo 2: categorías: \*, +, #, 2, 3 y 5.

a) En el Cuadro 12 se aprecia la información resumida de las variables poblacionales para los grupos 1 y 2.

**Cuadro 12: Síntesis de las variables poblacionales para los grupos de zonas**

Variables poblacionales	Grupo 1	Grupo 2
Porcentaje de agregados con una parcela	88	47
Porcentaje de agregados con una planta	67	29
* Número promedio de plantas	4	10
* Número máximo de plantas	115	514
* Altura de tallo promedio de los individuos (cm)	12	30
* Altura máxima de tallo del individuo más desarrollado (cm)	71	173
* Número promedio de hojas por individuo	5	8
* Número máximo de hojas por individuo	16	30

\* Los valores están referidos a los agregados

Las diferencias más notables entre los grupos, están dadas por la mayor participación de agregados y en consecuencia mayor número de plantas para las zonas ubicadas en altitudes bajas. La excepción es la Reserva Indígena Chirripó, donde la especie alcanzó la máxima altitud sobre el nivel del mar, presentando distribución agregada bajo dos tipos de formaciones vegetales: bosque primario muy intervenido y bosque secundario de 20 años.

La mayoría de las plantas que se encuentran en zonas con altitudes superiores a 450 msnm presentan menor número de hojas y prácticamente no forman tallos, es decir son más pequeñas. Significa por lo tanto que la altitud, no solamente incide en la distribución espacial de la especie, sino también en su crecimiento.

Si bien el hábitat de la especie *Zamia skinneri* de acuerdo a la literatura es el bosque primario, la formación de agregados en bosques primarios intervenidos es significativa; estos muestran el efecto de extracciones de madera, produciendo una fuerte influencia sobre los niveles de exposición a la luz.

b) En el Cuadro 13 se aprecia la información resumida de las variables ambientales para los grupos 1 y 2.

**Cuadro 13: Síntesis de las variables ambientales para los grupos de zonas**

Variables ambientales	Grupo 1	Grupo 2
Altitud mínima sobre el nivel del mar (msnm)	450	25
Altitud máxima sobre el nivel del mar (msnm)	950	300
Porcentaje de agregados en bosque primario	----	20
Porcentaje de agregados en bosque primario intervenido	45	48
Porcentaje de agregados en bosque primario muy intervenido	20	19
Porcentaje de agregados en bosque secundario	30	13
Porcentaje de agregados en tacotal	5	----
Altura del dosel arbóreo (m)	18	23
Número de árboles mayores a 10 cm de DAP por hectárea	374	468
Area basal por hectárea (m <sup>2</sup> )	21,7	26,1
Número de familias de especies arbóreas identificadas	28	36
Porcentaje de agregados con pendientes > a 30% y exposición norte	----	12
Porcentaje de agregados con pendientes > a 30% y exposición sur	3	14

Todas las zonas visitadas presentaron índices de iluminación bajos, la excepción del grupo 2, es la propiedad de la UCA, conocida con el nombre de "La Lupe", en Nicaragua, donde se registraron los mayores índices de iluminación: 2, 2.5 y 3, por la apertura del dosel arbóreo producto de las cortas y si bien se encuentra en un ámbito altitudinal bajo: 25 msnm a 50 msnm, la especie se distribuye aleatoriamente.

Del análisis de las parcelas de 2500 m<sup>2</sup> implementadas en cada zona para el relevamiento de los árboles con un DAP mínimo de 10 cm, se aprecia que el grupo 2 posee un mayor número de familias, el listado de las mismas se encuentra en anexos. Se atribuye un valor más alto de área basal por hectárea por presentar un 20% de agregados en el tipo de vegetación: bosque primario. La densidad mínima de árboles fue desde 312 árb/ha en Panajungla - Panamá hasta un máximo de 576 árb/ha en Finca Cote - Arenal -

Costa Rica. El área basal en cambio varió desde un mínimo de 18.04 m<sup>2</sup>/ha en la Reserva Indígena Chirripó - Costa Rica, hasta un máximo de 32.57 m<sup>2</sup>/ha en la Reserva Poco Sol - Monteverde - Costa Rica.

**Cuadro 14: Síntesis de las densidades de plantas para los grupos de zonas**

	Grupo 1	Grupo 2
Número de transectos materializados	10	12
Número de parcelas	266	660
Número de agregados	188	169
Número total de plantas	792	1843
Superficie total de muestreo (m <sup>2</sup> )	50659	28215
Número de plantas por hectárea	82	336

Los trabajos de Mendoza *et al.* (1995), Barrantes Alfaro *et al.* (1995) y Londoño (1993), se refieren a inventarios de la especie en fincas ubicadas en la región de Baja Talamanca, Provincia de Limón, Costa Rica. Los valores obtenidos son elevados comparados con los de estos autores, los cuales varían entre 28 y 186 plantas/ha. Estas diferencias pueden atribuirse a distintas metodologías de muestreo.

Las densidades medias para los grupos se calcularon considerando las parcelas que se ubicaron sobre los transectos y teniendo en cuenta que la materialización de los mismos en cada sector se fijó después de tener absoluta certeza de la presencia de *Zamia* en el lugar, estas densidades caracterizan las agrupaciones estudiadas y no constituyen una densidad media regional.

El muestreo adaptativo permite no solo conocer la cantidad de plantas presentes en una zona, sino también determinar la distribución espacial de los agregados.

#### 6.4. Caracterización de los transectos y parches de las zonas estudiadas

Debido a que uno de los objetivos de la presente investigación es caracterizar la distribución de *Zamia skinneri* en relación a los factores climáticos en los países, se incorporaron al análisis los datos de precipitación total anual y temperatura promedio anual, considerando los transectos materializados y denominando parches a las poblaciones de la planta en cada sector.

El resultado del agrupamiento de las entradas, obtenido con el método Gower (1967) del paquete estadístico SAS, mediante la matriz de distancia ponderada de la combinación de coeficientes de distancia para los caracteres cualitativos y cuantitativos resume las relaciones entre la totalidad de los 22 transectos. El algoritmo multivariado del análisis de agrupamiento jerárquico de Ward (1963), actuó sobre la matriz de distancia, obteniéndose como resultado del análisis cuatro grupos de entradas cuya distribución se indica en el Cuadro 15.

**Cuadro 15: Distribución de las entradas por grupo, según el análisis jerárquico de Ward**

GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4
Orosi – Guanacaste (CR)	Cañón Mena – Guanacaste (CR)	San Rafael de Bordón 1 (CR)	Reserva Indígena Chirripó 1 (CR)
La Lupe 1- Nicaragua	Reserva Biológica Pitilla 2 (CR)	San Rafael de Bordón 2	Reserva Indígena Chirripó 2
La Lupe 2	Reserva Poco Sol 1 (CR)	San Rafael de Bordón 3	
La Lupe 3	Reserva Poco Sol 2	Corina-Talamanca 1	
Reserva Biológica Pitilla 1 (CR)	Reserva Barra del Colorado 1 (CR)	Corina-Talamanca 2 (CR)	
Area de Conservación Guanacaste (CR)	Reserva Barra del Colorado 2	Panajungla - Panamá	
	Reserva Biológica La Selva (CR)		
	Finca Cote (CR)		

(CR) = Costa Rica

#### 6.4.1. Valor discriminante de los caracteres para separar grupos

##### 6.4.1.2. Caracteres cualitativos

De los 3 caracteres analizados mediante la prueba de  $\chi^2$  se detectó 2 de ellos con alta significancia (1%) y uno con significancia al 5%. Estos resultados indican que existen dos descriptores que hacen un importante aporte para separar los cuatro diferentes grupos de zonas, pues además presentaron altos coeficientes de asociación. En el Cuadro 16 se indican los 3 caracteres cualitativos elegidos por su mayor valor discriminante, que pueden utilizarse para establecer diferencias entre los grupos de zonas.

**Cuadro 16: Caracteres cualitativos de mayor valor discriminante entre grupos**

<b>CARÁCTER</b>	<b><math>\chi^2</math></b>	<b>COEFIC. (P)</b>	<b>CRAMER (V)</b>
Tipo de vegetación	27,8**	1,12	0,65
Tipo de topografía	26,4*	1,09	0,63
Exposición con pendientes > a 30%	17,2**	0,88	0,63

\*\* = Significativo al 1% de probabilidad

\* = Significativo al 5% de probabilidad

El tipo de vegetación y de topografía fueron los caracteres con el mayor discriminante (27,8 y 26,4 respectivamente) y con los más altos coeficientes de asociación, la exposición con pendientes mayores a 30% también aporta una alta contribución para discriminar entre los grupos de zonas, al igual que los dos anteriores.

##### 6.4.1.3. Caracteres cuantitativos

En principio se definieron 20 caracteres o variables cuantitativas y posteriormente con base en los análisis de correlación se seleccionaron 10 caracteres que aportaron para la diferenciación de los nuevos grupos de zonas. Los índices de correlación de Pearson fueron en todos los casos altamente significativos ( $P < 0,01$ )

El Cuadro 17 muestra los altos valores que presentan la latitud, número promedio de individuos por parcela levantada y número promedio de individuos por hectárea.

Los valores de precipitación total anual para cada una de las zonas visitadas se eliminó del análisis por no aportar a la diferenciación de los grupos. El índice de correlación de Pearson para esta variable fue de 0,30 y no significativo ( $P > 0,05$ ).

**Cuadro 17: Coeficientes de correlación de Pearson (R) para las variables seleccionadas**

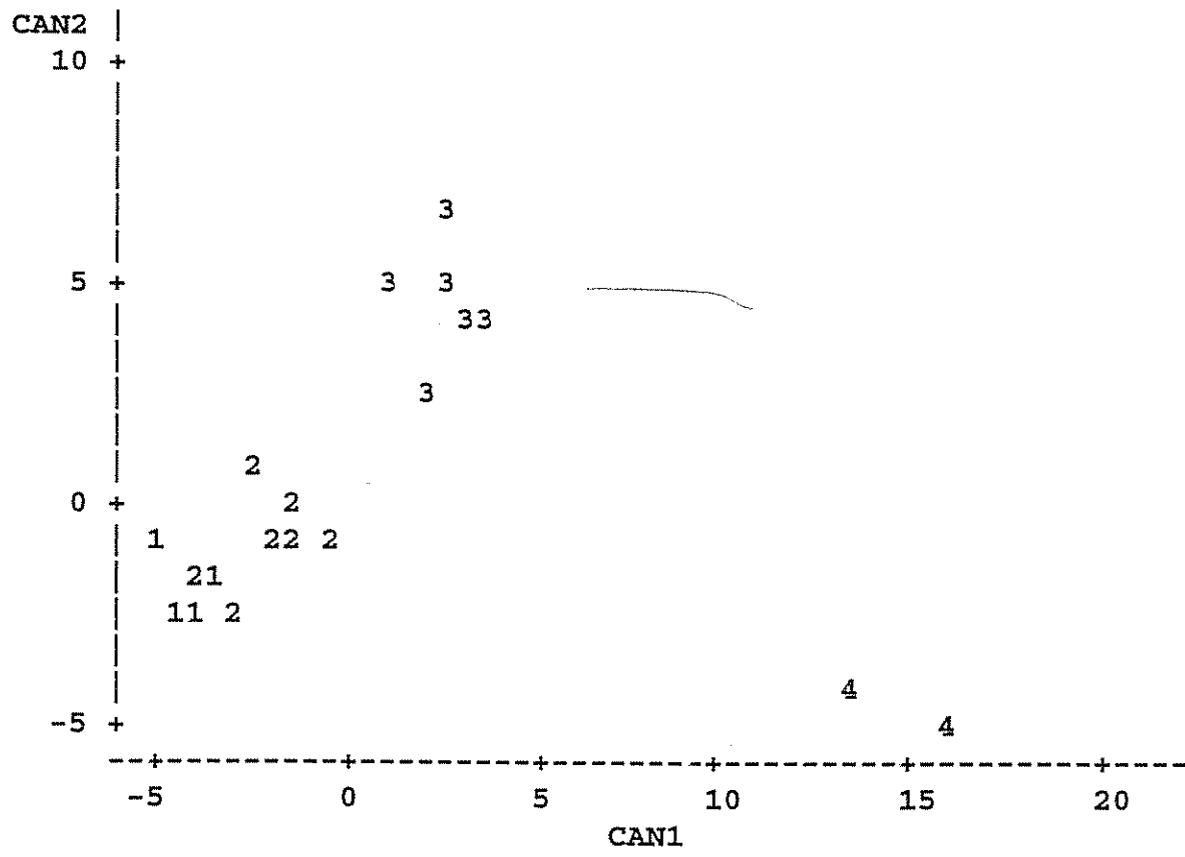
<b>Variables</b>	<b>Coefficiente (R)</b>
Altura del tallo de la planta de mayor desarrollo	0,56**
Número total de hojas de la planta de mayor desarrollo	0,80**
Número total de folíolos de la hoja más desarrollada de la planta de mayor desarrollo	0,46**
Latitud (grados y minutos)	0,96**
Longitud (grados y minutos)	0,72**
Altitud (msnm)	0,36**
Temperatura promedio anual (°C)	0,68**
Número promedio de individuos por hectárea	0,85**
Número promedio de individuos por parcela levantada	0,92**
Número promedio de individuos por agregados	0,57**

\*\* =  $P \leq (0,01)$

### **Estructura de los grupos de zonas**

Para mostrar la relación en grado de disimilitud entre los grupos de zonas, en la Figura 26 se representa la ubicación espacial de los mismos con base en las 10 entradas del análisis discriminante canónico. El valor de lambda de Wilks fue de  $F = 8,047$  para una  $P = 0,01$ , demostrando que los grupos difieren en conjunto.

La variable canónica CAN 1 explica 71,8 % de la variabilidad total y separa el grupo 4 (Reserva Indígena Chirripó) de los demás grupos, mientras que la variable canónica CAN 2 explica el 25,8 % y separa el grupo 3 de los demás (Figura 26).



**Figura 26: Proyección de los 4 grupos de zonas sobre los dos primeros ejes del análisis discriminante canónico.**

Los grupos 1 y 2 prácticamente no se diferencian, si en cambio el 3 y 4.

La variable canónica CAN 1 está influenciada por la latitud, longitud y temperatura contra la densidad de plantas por hectárea y densidad de parcelas por agregados. La variable canónica CAN 2 por el contrario presenta los valores máximos de coeficientes para el número de plantas con altura máxima de tallos y número máximo de hojas por parche. El Cuadro 18 muestra los valores de los coeficientes canónicos.

**Cuadro 18: Coeficientes del análisis discriminante canónico**

<b>Variabes consideradas</b>	<b>Can 1</b>	<b>Can 2</b>
Altura del tallo de la planta de mayor desarrollo	0,413	0,372
Número total de hojas de la planta de mayor desarrollo	0,527	0,026
Número total de folíolos de la hoja más desarrollada de la planta de mayor desarrollo	0,773	0,218
Latitud (grados y minutos)	-0,775	0,237
Longitud (grados y minutos)	-0,684	-0,344
Altitud sobre el nivel del mar (msnm)	0,293	-0,424
Temperatura promedio anual (°C)	-0,808	0,492
Número promedio de individuos por hectárea	0,946	0,194
Número promedio de individuos por parcela levantada	0,996	0,033
Número promedio de individuos por agregados	0,762	0,607

En el Cuadro 19 se muestran las principales variables cuantitativas. Los grupos 1 y 2 no presentan diferencias significativas, las zonas se ubican a la mayor latitud (zona norte de Costa Rica y Nicaragua) y el patrón espacial de distribución es aleatorio con la menor densidad de plantas por hectáreas. El grupo 3 (zona sur de Costa Rica -Talamanca - y Panajungla en Panamá), presenta sin duda las poblaciones de la especie con: mayor altura de tallos, mayor número de hojas y folíolos, es decir poseen las plantas más desarrolladas, ubicándose a la menor latitud y altitud sobre el nivel del mar y una considerable densidad de plantas por hectárea con patrón espacial de distribución en agregados. En el grupo 4 en cambio, que corresponde a la Reserva Indígena Chirripó - Costa Rica - *Zamia skinneri* alcanzó la mayor altitud - 950 msnm - la mayor densidad de plantas por hectárea (Anexo 3 y 4), con patrón espacial de distribución en agregados y la menor temperatura (Anexo 11). Cabe aclarar que la especie no estaba citada para Costa Rica en esta zona.

**Cuadro 19: Síntesis de las variables consideradas por grupos**

<b>Variables consideradas</b>	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>	<b>Grupo 4</b>
*Altura del tallo de la planta de mayor desarrollo	31	68	123	65
*Número total de hojas de la planta de mayor desarrollo	6	12	23	15
*Número total de folíolos de la hoja más desarrollada de la planta de mayor desarrollo	18	22	26	27
Latitud (grados y minutos)	11.04	10.48	9.44	9.48
Longitud (grados y minutos)	84.75	84.32	82.73	83.23
*Altitud sobre el nivel del mar (msnm)	292	488	211	773
Temperatura promedio anual (°C)	24,8	23,5	24,5	19,5
*Número promedio de individuos por hectárea	123	80	545	1022
*Número promedio de individuos por parcela levantada	1,3	1,6	2,9	5,6
*Número promedio de individuos por agregados	1,7	2,2	23,0	22,0

\* = Las cifras corresponden a los valores medios de las variables

En el presente trabajo, el estudio de la distribución de *Zamia skinneri* se realizó en los tres países de donde es originaria, pero no se relevaron las poblaciones que se encuentran más al norte (Nicaragua) y más al sur (Panamá). Sería recomendable poder hacerlo en futuras investigaciones.

## VII. CONCLUSIONES

- Las variables ambientales que inciden en la distribución y densidad de individuos de *Zamia Skinneri* son: la luz, temperatura, altitud, posición topográfica y la latitud.
- Mediante el primer agrupamiento de Ward (1963) se diferenciaron dos grupos de zonas, el primero con niveles altitudinales bajos - desde 25 hasta 300 msnm- compuesto por: San Rafael de Bordón y Corina en - Talamanca -, Refugio Nacional de Fauna Silvestre Barra del Colorado y Estación Biológica La Selva en Costa Rica; Propiedad de la Universidad Centroamericana "La Lupe" - Nicaragua y Parque Internacional La Amistad - Panajungla - en Panamá presentan una densidad promedio estimada de 336 plantas por hectárea y distribución agregada. El segundo grupo con niveles altitudinales altos - desde 450 msnm hasta 950 msnm - compuesto por: Area de Conservación Guanacaste y las zonas: Cañón Mena, Orosi, Estación Biológica Pitilla; Reserva Indígena Chirripó, Finca Cote - Arenal -, Reserva Poco Sol - Monteverde - pertenecientes a Costa Rica presentan una densidad promedio estimada de 82 plantas por hectárea y distribución aleatoria.
- La distribución de *Zamia skinneri* a través del segundo agrupamiento de Ward (1963) considerando los 22 transectos levantados permitió definir cuatro grupos de zonas: el grupo 1 está constituido por 6 zonas que se ubican al norte de Costa Rica (Area de Conservación Guanacaste - 3) y sur de Nicaragua (Departamento Río San Juan - 3). El grupo 2 está compuesto por 8 zonas de Costa Rica: Area de Conservación Guanacaste - 2, Reservas: Poco Sol - 2, Barra del Colorado - 2, Estación Biológica La Selva - 1 y Finca Cote - 1. Al grupo 3 le corresponden 6 zonas: en baja Talamanca, Costa Rica - 5 y Panajungla, Panamá - 1. Por último el grupo 4 presenta 2 zonas en la Reserva Indígena Chirripó.
- Los grupos 1 y 2 no presentan diferencias significativas, las zonas se ubican a la mayor latitud (norte de Costa Rica y sur de Nicaragua) y el patrón espacial de distribución es aleatorio con la menor densidad de plantas por hectáreas de todas las zona visitadas. El grupo 3 (sur de Costa Rica -Talamanca - y Panajungla en Panamá),

presenta sin duda las mejores poblaciones de la especie: mayor altura de tallos, mayor número de hojas y folíolos, es decir posee las plantas más desarrolladas, ubicándose a la menor latitud y altitud sobre el nivel del mar y una considerable densidad de plantas por hectárea con patrón espacial de distribución en agregados. En el grupo 4 en cambio, que corresponde a la Reserva Indígena Chirripó - Costa Rica - *Zamia skinneri* alcanzó la mayor altitud - 950 msnm - la mayor densidad de plantas por hectárea con patrón espacial de distribución en agregados y la menor temperatura promedio anual.

- El patrón espacial de agregados, las mayores densidades y tamaño de plantas se presentan en las zonas con altitudes de hasta 300 msnm. Por el contrario, a medida que se asciende en altitud y hasta un máximo de 950 msnm, la especie se distribuye en forma aleatoria (la excepción es la Reserva Indígena Chirripó).
- Las zonas altas del relieve, como - parte superior de una fila, parte superior de un lomo o fila secundaria - presentan mayor cantidad de individuos por unidad de área que las laderas suaves (con pendientes menores a 30%) y llanos.
- En laderas con pendientes superiores a 30%, la mayor densidad de plantas, se atribuye a la mejor dispersión de semillas que se desplazan por efecto de las intensas lluvias.
- La muy baja presencia de estróbilos - 2% - observados en las poblaciones de *Zamia skinneri*, si bien pudo deberse a un año con poca actividad reproductiva, constituye un serio problema para la obtención de semillas.
- El hábitat natural de la especie de acuerdo a la literatura es el bosque primario, sin embargo el 24% de los agregados se ubicaron en tipos de vegetación categorizadas como bosques secundarios. No se encontraron diferencias, en cuanto al grado de iluminación y densidad de plantas para las formaciones vegetales mencionadas.

## VIII BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Barrantes Alfaro, C. A.; Muñoz Aguirre, J. D. 1995. Inventario del recurso maderable y de dos especies no maderables, *Zamia skinneri* y *Reinhardtia gracilis* para dos fincas en Baja Talamanca, Limón, Costa Rica: Lineamientos para su manejo. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Ingeniería Forestal. 53 p.
- Bendiburg, T. 1993. Situación de los Pequeños Agricultores, Ganaderos y Pescadores. *In* Agenda Ecológica y Social para Bocas del Toro. Actas de los Seminarios Talleres. Panamá, p. 107-118.
- Bolaños, R. A.; Watson, V. 1993. Mapa Ecológico de Costa Rica. Según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de Holdridge. San José. Centro Científico Tropical. Escala 1: 200000. Color.
- Budowski, G; 1994. La biodiversidad y el manejo de los recursos naturales. *In* Potencial de *Quassia amara* como insecticida natural. CATIE, Turrialba, Costa Rica, Serie Técnica. Informe Técnico N° 276. p. 3-8.
- Cabrera, A. L.; Willink, A. 1973. Biogeografía de América Latina. OEA - Washington, D.C. 120 p.
- Chandrasekaran, C.; Frisk, T. 1995. Desarrollo de productos forestales no madereros en América Latina y El Caribe. *In* FAO 1995. Consulta de expertos sobre productos forestales no madereros para América Latina y El Caribe. Memoria de la consulta celebrada del 4 al 8 de julio de 1994 en Santiago de Chile. p. 21-39.
- Cifuentes Jara, M. 1996. Distribución espacial y potencial de aprovechamiento de *Quassia amara* L. (Simaroubaceae) en Río San Juan, Nicaragua. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Ingeniería Forestal. 102 p.
- Clark, D.; Clark, D. 1988. Leaf production and the cost of reproduction in the neotropical rain forest Cycad, *Zamia skinneri*. *Journal of Ecology* 76, 1153-1163.

- Clark, D.; Clark, D. 1992. Life history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. *Ecological Monographs*, 62(3): 315-344.
- Clark, D.; Clark, D.; Grayum, M. H. 1992. Leaf Demography of a Neotropical Rain Forest Cycad, *Zamia skinneri* (Zamiaceae). *American Journal of Botany*, 79 (1) 28-33.
- Coen, E. 1959. Lluvias tormentas y vientos en Costa Rica. San José: Servicio Meteorológico. Ministerio Agricultura e Industrias. s/p.
- Corro, R. 1993. Parque Internacional La Amistad. *In* Agenda Ecológica y Social para Bocas del Toro. Actas de los Seminarios Talleres. Panamá, p. 157-161.
- Díaz, E. D.; Rojas, A. M.; Simón, M.; López, C. M. 1997. Determinación de la distribución de *Reinhardtia gracilis* en función de la densidad arbórea en el bosque los Espaveles. Trabajo presentado en el Curso: Técnicas de Muestreo, CATIE, Turrialba, Costa Rica. s/p.
- FAO 1992. Productos forestales no madereros; posibilidades futuras. Roma: Guía FAO, Montes, (97)
- Finegan, B. 1992. The management potential of neotropical secondary lowland rain forest. *Forest Ecology and Management* (47). p. 295-321.
- Finegan, B. 1997. Documento del Curso: Bases ecológicas para el manejo de bosques tropicales. Turrialba, Costa Rica, CATIE s/p.
- Fournier, L. A. 1972. Las regiones biogeográficas de Mesoamérica: una perspectiva botánica y zoológica. Seminario. Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica. 5 p.
- Gómez, L. D. 1986. Vegetación de Costa Rica. Apuntes para una biogeografía costarricense. San José, Costa Rica. Vol. I. 327 p.
- Gower, J. 1967. A comparison of some methods of cluster analysis. *Biometrics* 23:623-637.

- Hauser, R. 1996. Evaluación de los aspectos sociales y financieros del manejo de la planta ornamental *Zamia skinneri* en San Rafael de Bordón, Costa Rica. Tesis M. Sc. Instituto Politécnico Federal de Zurich (ETHZ), Departamento de las Ciencias Ambientales, Zurich. 80 p.
- Herrera, W. 1985. Clima de Costa Rica. *In* Gómez, L. D. Vegetación y clima de Costa Rica. Universidad Estatal a Distancia, San José. Vol.2. 118 p.
- Historia Natural de Costa Rica. 1991. Ed: Janzen, D.H. San José, Costa Rica. 822 p.
- Holdridge, L. R. 1996. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 216 p.
- Ling, F. ; Villalobos, R.; Marmillod, D. y Robles, G. 1996. Aprovechamiento de productos no maderables del bosque: área demostrativa de Talamanca. *In*: Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales Tropicales - Curso Intensivo Internacional. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 49-73.
- Londoño Maturana, D.L.; 1993. Manejo sostenible de bosques naturales en una finca ganadera: un estudio de caso en San Rafael de Bordón, Baja Talamanca, Costa Rica. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 206 p.
- Maggiolo, M. 1992. Notas sobre la *Zamia* en la prehistoria del Caribe. Revista de Arqueología Americana. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. No. 6, p. 125-138.
- Marmillod, D.; Villalobos, R.; Robles, G. 1998. Hacia el manejo sostenible de especies vegetales del bosque con productos no maderables: las experiencias de CATIE en esta década [disco compacto]. *In*: Congreso Latinoamericano IUFRO (1., 1998, Valdivia, Chile). El manejo sustentable de los recursos forstales, desafío del siglo XXI. Valdivia, CONAF/IUFRO.
- Mendoza, J.; Hamberlant, J. 1995. Estudio de *Zamia skinneri* y *Reinhardtia gracilis* en tres fincas de agricultores en la comunidad de San Rafael de Bordón. CATIE-OLAFO, Talamanca. Costa Rica. 42 p.

- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) - Nicaragua. 1978. Aspectos Sociológicos sobre Flora y Fauna en Nicaragua. Managua. Nicaragua. s/p.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) - Nicaragua. 1978. Reconocimiento Edafológico de la Región Sureste de Nicaragua. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Catastro Nacional. Managua. Nicaragua. s/p.
- Ocampo, R. A. 1992. Manejo Sostenible de una Planta Ornamental. Guía Agropecuaria de Costa Rica p. 32-35.
- Okafor, J. C. 1991. Mejoras de las especies forestales que rinden productos comestibles. *Unasylva* 42(165): 17-23.
- Olander, J. T. 1991. Ornamental plants as non-timber forest products: Studies in the ecology and economics of *Reinhardtia gracilis* and *Zamia skinneri*. Tesis M. Sc. 210 p.
- Robles, G.; Ocampo, R. 1996. Lineamientos para el aprovechamiento sostenible de *Zamia skinneri*, una planta ornamental incluida en la categoría II de CITES. *In: Memorias del "Encuentro Internacional sobre Rescate y Tratamiento de Plantas Amenazadas"*, 5-8 de noviembre 1996, Bayamo, Cuba.
- Robles, G.; Ocampo, R. y Marmillod, D. 1997. Incorporación de una especie no maderable en un sistema silvicultural diversificado: el caso de *Zamia skinneri*. *In: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Actas de la tercera semana científica. Turrialba, Costa Rica. p 133-138.*
- Rodríguez, E.; Almanza, R.; Alvarado, R. 1993. Situación Biofísica y Ambiental de la Provincia de Bocas del Toro. *In Agenda Ecológica y Social para Bocas del Toro. Actas de los Seminarios Talleres. Panamá, p. 55-72.*
- Sabogal, C.; Mejía, A.; Carrera, F.; Castillo, A.; 1992. Bases de Información para el Manejo: Existencias Maderables y Regeneración Natural, en el Bosque Tropical Húmedo de la Zona del Río San Juan, Nicaragua. Un Primer Análisis. Proyecto UCA/CATIE/SAREC: Documento Técnico N° 1. Turrialba, Costa Rica. p. 40 + anexos.

- Sánchez, P. A. 1981. Suelos del trópico. Características y manejo. Trad. E. Camacho. IICA, San José. 634 p.
- Schuster, J. 1992. La biogeografía y la ecología de Guatemala y Mesoamérica en relación con el ecoturismo. Revista de la Universidad del Valle de Guatemala. (Mayo 1992) N° 2. p. 22-24.
- Stevenson, D. W. 1993. The Zamiaceae in Panama with comments on phytogeography and species relationships. Brittonia, 45 (1) p. 1-16.
- Tromp, S. W. 1980. Biometeorology. The impact of the weather and climate on humans and their environment (Animals and Plants). Heyden, Philadelphia. 346 p.
- UCA/CATIE. 1991. Desarrollo de sistemas de manejo sostenible para el aprovechamiento de los bosques húmedos tropicales de Nicaragua. Informe anual 1991. Universidad Centroamericana (UCA) - CATIE - Autoridad Sueca para la Cooperación en la Investigación con los Países en Desarrollo (SAREC). Turrialba, Costa Rica. p. 138 + anexos.
- Villalobos, R. 1995. Distribución de *Quassia amara* L. ex Blom en Costa Rica y su relación con los contenidos de cuasia y neocuasina (insecticidas naturales) en sus tejidos. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 174 p.
- Ward, Jr. J. H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal of the American Statistical Association (EEUU) 58:236-244.
- Wickens, G. E. 1991. El desarrollo de los productos forestales no madereros: principios de ordenación. Unasylva, 42 (165): 3-8.

## **IX. ANEXOS**





**Anexo 3. Síntesis de la información para las zonas del Grupo 1 correspondientes al primer análisis discriminante canónico**

GRUPO 1	Transecto número	Largo del transecto (m)	Superficie del transecto (m <sup>2</sup> )	Número de agregados por transecto	Número de plantas por transecto	Densidad (plantas por hectárea)
Area de Conservación	1	351	1755	13	17	97
Reserva Indígena Chirripó	1	329	1645	20	163	991
Reserva Indígena Chirripó	2	188	940	9	99	1053
Finca Cote - Arenal	1	304	1520	12	27	178
Cañón Mena - Guanacaste	1	1000	5000	14	22	44
Orosí - Guanacaste	1	100	500	3	4	80
Estación Biológica Pitilla - ;	1	100	500	3	3	60
Estación Biológica Pitilla - ;	2	2000	10000	32	38	38
Reserve Poco Sol - Monteverde	1	1500	7500	39	61	81
Reserva Poco Sol - Monteverde	2	4000	20000	43	55	27

**Anexo 4. Síntesis de la información para las zonas del Grupo 2 correspondientes al primer análisis discriminante canónico**

<b>GRUPO 2</b>	<b>Transecto número</b>	<b>Largo del transecto (m)</b>	<b>Superficie del transecto (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Número de agregados por transecto</b>	<b>Número de plantas por transecto</b>	<b>Densidad (plantas por hectárea)</b>
San Rafael de Bordón – Talamanca	1	115	575	2	31	539
San Rafael de Bordón – Talamanca	2	100	500	4	11	220
San Rafael de Bordón - Talamanca	3	228	1140	9	43	377
Estación Biológica La Selva	1	1018	5090	39	74	145
Propiedad de la UCA "La Lupe" -	1	478	2390	32	57	238
Propiedad de la UCA "La Lupe" -	2	216	1080	11	19	176
Propiedad de la UCA "La Lupe" -	3	295	1475	10	13	88
Refugio Nac. de F. S. Barra del	1	192	960	3	7	73
Refugio Nac. de F. S. Barra del	2	119	595	2	3	50
Corina - Talamanca	1	208	1040	12	97	933
Corina - Talamanca	2	234	1170	11	74	632
Panajungla - Panamá	1	670	3350	34	191	570

**Anexo 5. Listado de Familias identificadas y número de árboles por hectárea**  
(parcela de 2500 m<sup>2</sup>)

Reserva Biológica Pitilla - (CR)

FAMILIAS	Nro. de árb/ha
Flacourtiaceae	44
Myrtaceae	32
Melastomataceae	28
Araliaceae	24
Euphorbiaceae	24
Clusiaceae	20
Meliaceae	16
Cecropiaceae	12
Chloranthaceae	12
Rubiaceae	12
Bombacaceae	8
Humiriaceae	8
Sapotaceae	8
Violaceae	8
Vochysiceae	8
Fabaceae	4
Lauraceae	4
Moraceae	4
Myrcinaceae	4
Myristicaceae	4
Solanaceae	4
Tiliaceae	4
Sin identificar	32
<b>22 familias</b>	<b>324 árb/ha</b>

(CR) = Costa Rica

R.F.S. Barra del Colorado, (CR)

FAMILIAS	Nro. de árb/ha
Mimosaceae	108
Burseraceae	16
Cecropiaceae	16
Tiliaceae	12
Boraginaceae	4
Lauraceae	4
Rubiaceae	4
Sapotaceae	4
Simarubaceae	4
Sin identificar	148
<b>9 familias</b>	<b>324 árb/ha</b>

(CR) = Costa Rica

Finca Cote - Arenal - (CR)

FAMILIAS	Nro. de árb/ha
Lauraceae	96
Fabaceae	52
Clethraceae	28
Myrtaceae	28
Araliaceae	16
Sapotaceae	16
Anonaceae	12
Euphorbiaceae	12
Malvaceae	12
Meliaceae	12
Monimiaceae	12
Cecropiaceae	8
Crysobalanaceae	8
Hernandiaceae	8
Melastomaceae	8
Moraceae	8
Myrcinaceae	8
Myristicaceae	8
Rubiaceae	8
Sapindaceae	8
Bombacaceae	4
Boraginaceae	4
Burseraceae	4
Cesalpinaceae	4
Mirtaceae	4
Sterculiaceae	4
Violaceae	4
Sin identificar	180
<b>27 familias</b>	<b>576 árb/ha</b>

Corina - Talamanca - (CR)

FAMILIAS	Nro. de árb/ha
Anacardiaceae	16
Cecropiaceae	6
Mimosaceae	5
Arecaceae	4
Myristicaceae	3
Meliaceae	2
Rubiaceae	2
Anonaceae	1
Boraginaceae	1
Burseraceae	1
Simarubaceae	1
Sin identificar	268
<b>11 familias</b>	<b>436 árb/ha</b>

...Listado de Familias identificadas y número de árboles por hectárea, continua.

"La Lupe", Nicaragua

FAMILIAS	Nro. de árb/ha
Meliaceae	40
Papilionaceae	36
Chrysobalanaceae	32
Mimosaceae	20
Sapotaceae	20
Elaeocarpaceae	16
Flacourtiaceae	16
Moraceae	16
Apocynaceae	12
Bombacaceae	12
Caesalpiniaceae	12
Euphorbiaceae	12
Tiliaceae	12
Cecropiaceae	8
Humiriaceae	8
Rubiaceae	8
Arecaceae	4
Bignoniaceae	4
Boraginaceae	4
Burceraceae	4
Lauraceae	4
Myristicaceae	4
Sterculiaceae	4
Verbenaceae	4
Vochysiaceae	4
Sin identificar	148
<b>25 familias</b>	<b>464 árb/ha</b>

"Panajungla", Panamá

FAMILIAS	Nro. De árb/ha
Euphorbiaceae	24
Humiraceae	24
Moraceae	20
Papilionaceae	12
Sapotaceae	8
Bombacaceae	8
Boraginaceae	4
Sin identificar	216
<b>7 familias</b>	<b>312 árb/ha</b>

Reserva Indígena Chirripó (CR)

FAMILIAS	Nro. de árb/ha
Moraceae	72
Cecropiaceae	12
Mimosaceae	8
Anacardiaceae	4
Rutaceae	4
Sin identificar	272
<b>5 familias</b>	<b>372 árb/ha</b>

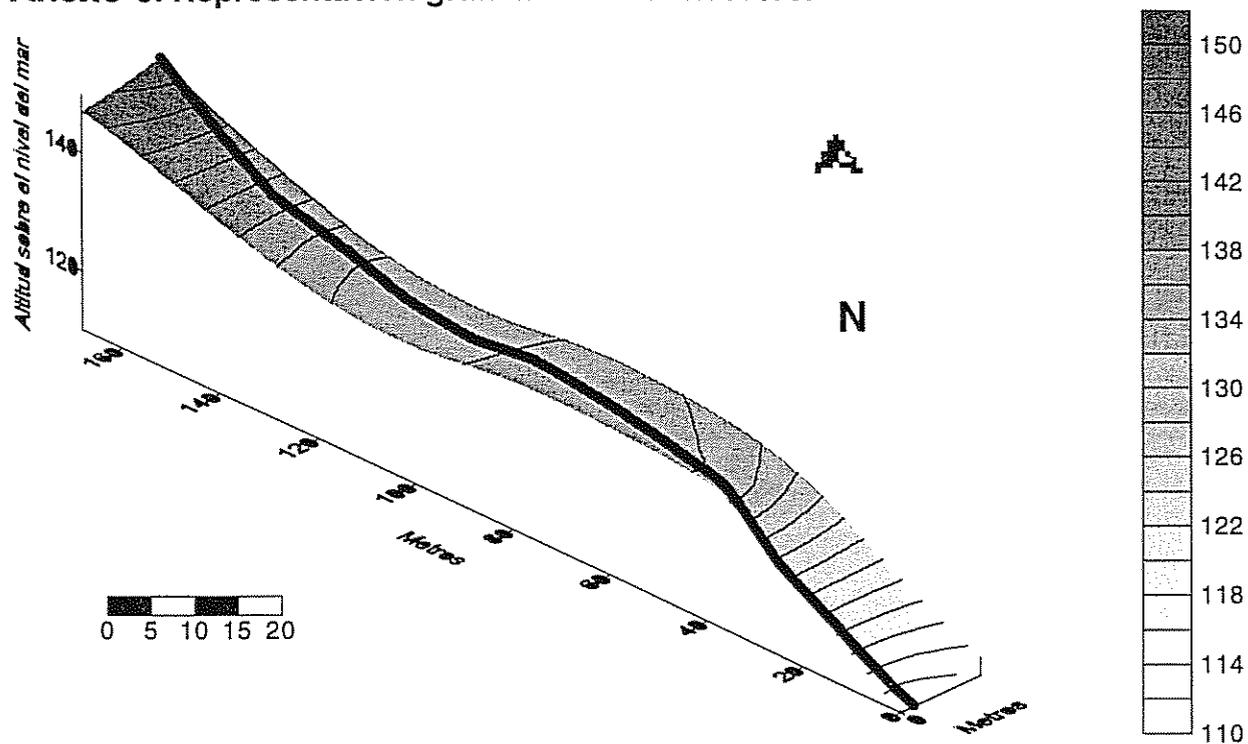
(CR) = Costa Rica

Estación Biológica "La Selva" (CR)

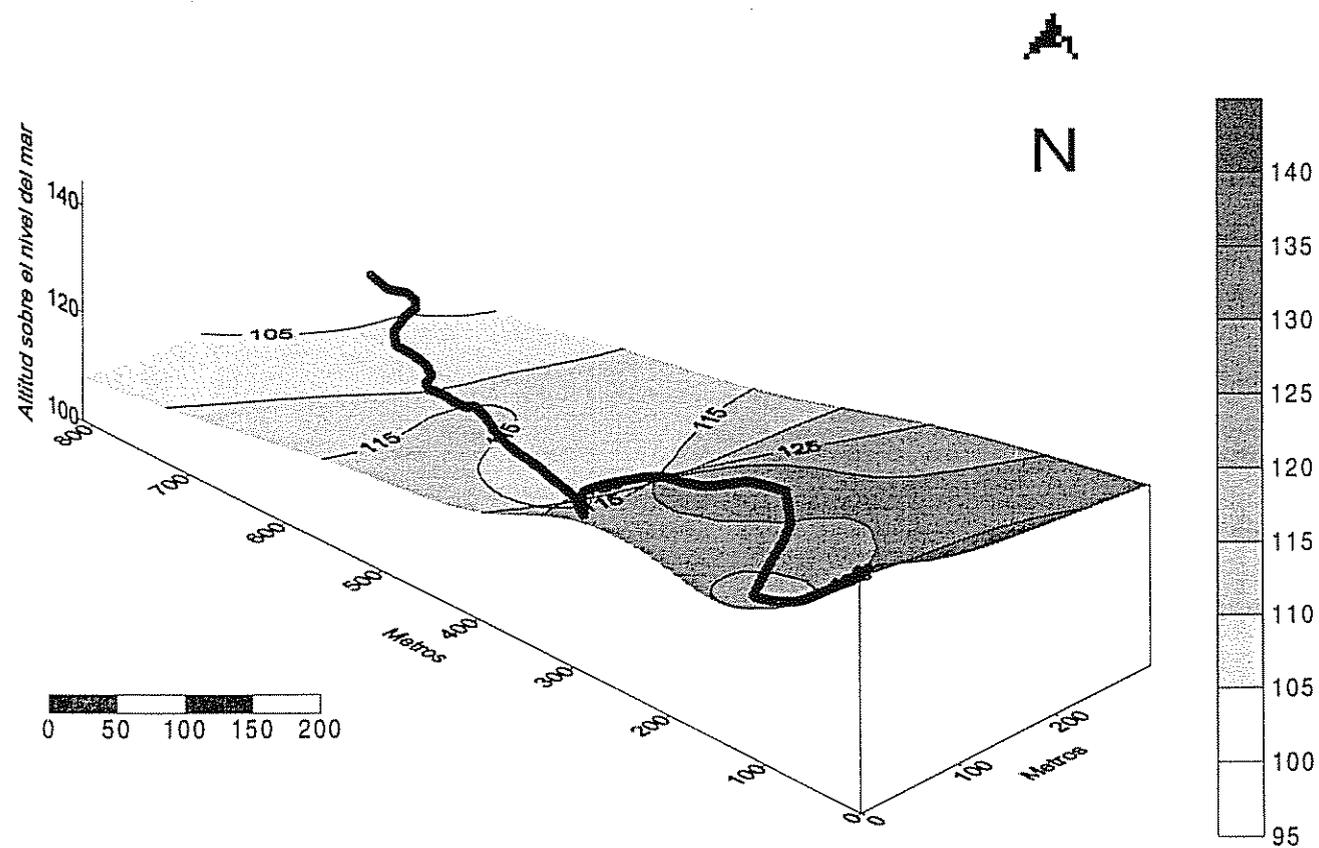
FAMILIAS	Nro. de árb/ha
Tiliaceae	132
Mimosaceae	52
Cecropiaceae	28
Burseraceae	16
Simarubaceae	12
Bombacaceae	4
Lauraceae	4
Myristicaceae	4
Sin identificar	172
<b>8 familias</b>	<b>424 árb/ha</b>

(CR) = Costa Rica

Anexo 6. Representación gráfica de los transectos.

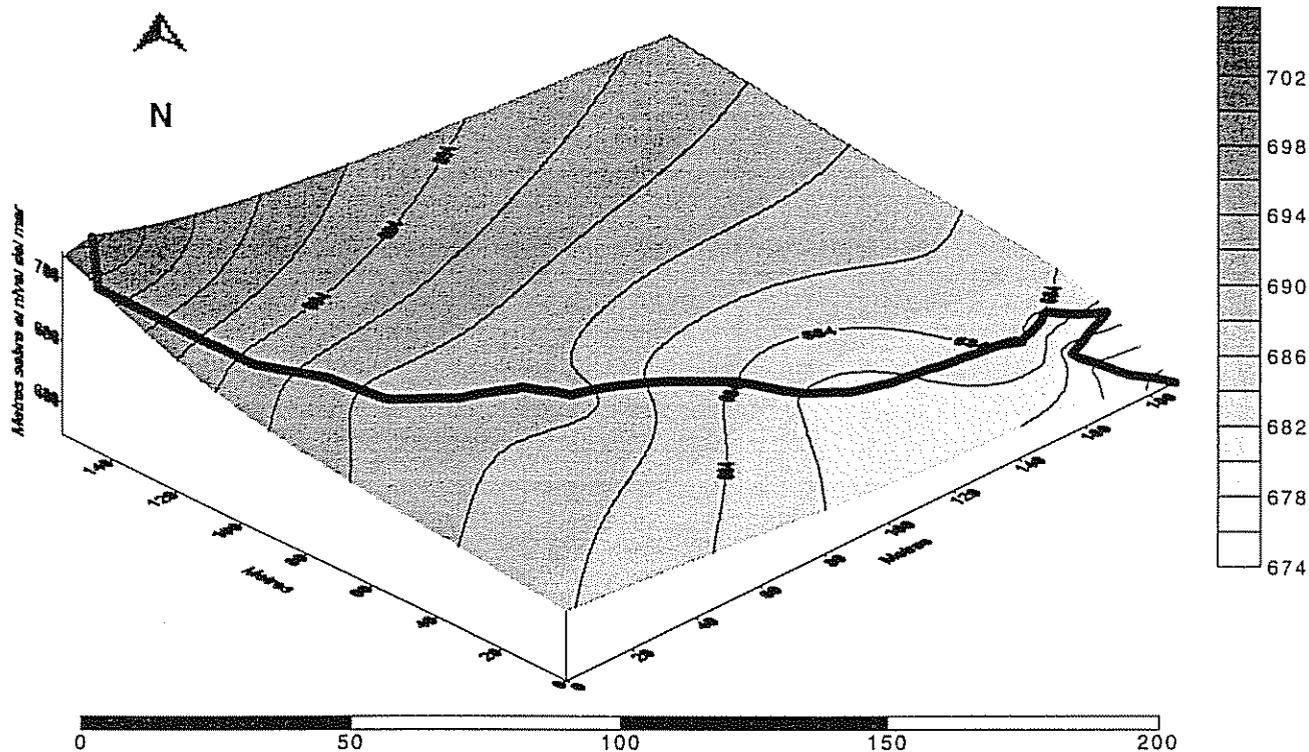


Zona: Barra del Colorado, Transecto N°1, longitud: 191.48 metros

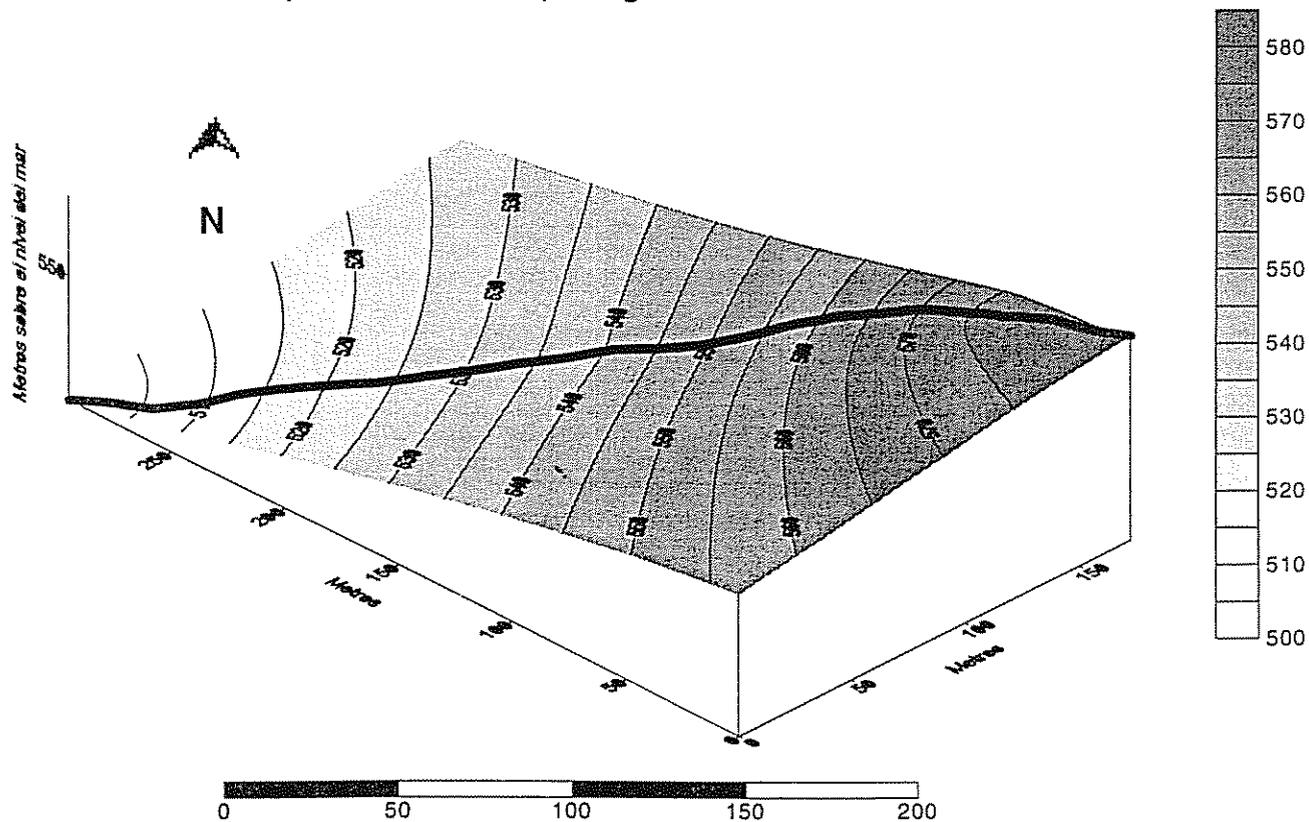


Zona: Estacion Biologica La Selva, Transecto N°1: longitud, 1000 metros

... Representación gráfica de los transectos, continua

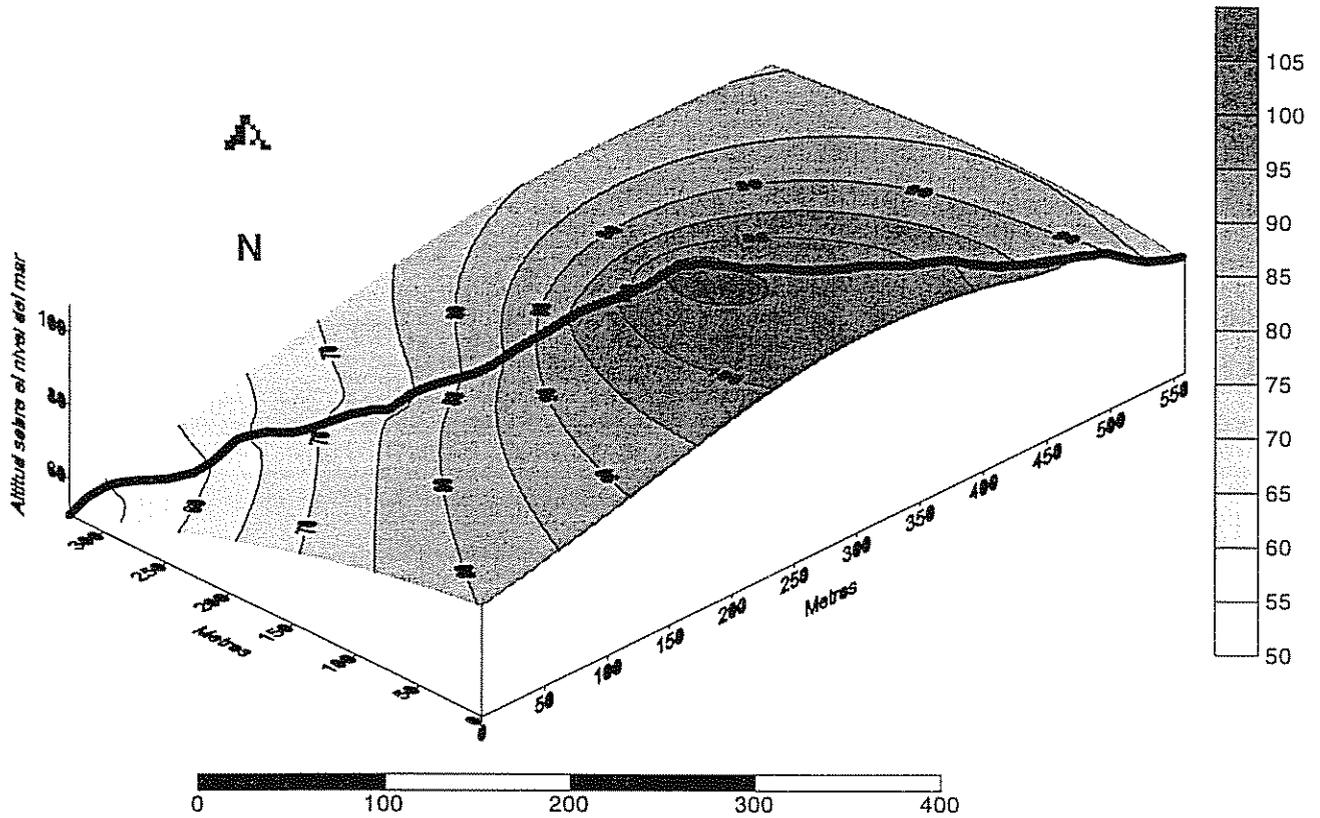


Zona: Finca Cote, Transecto N°1, Longitud: 303 metros

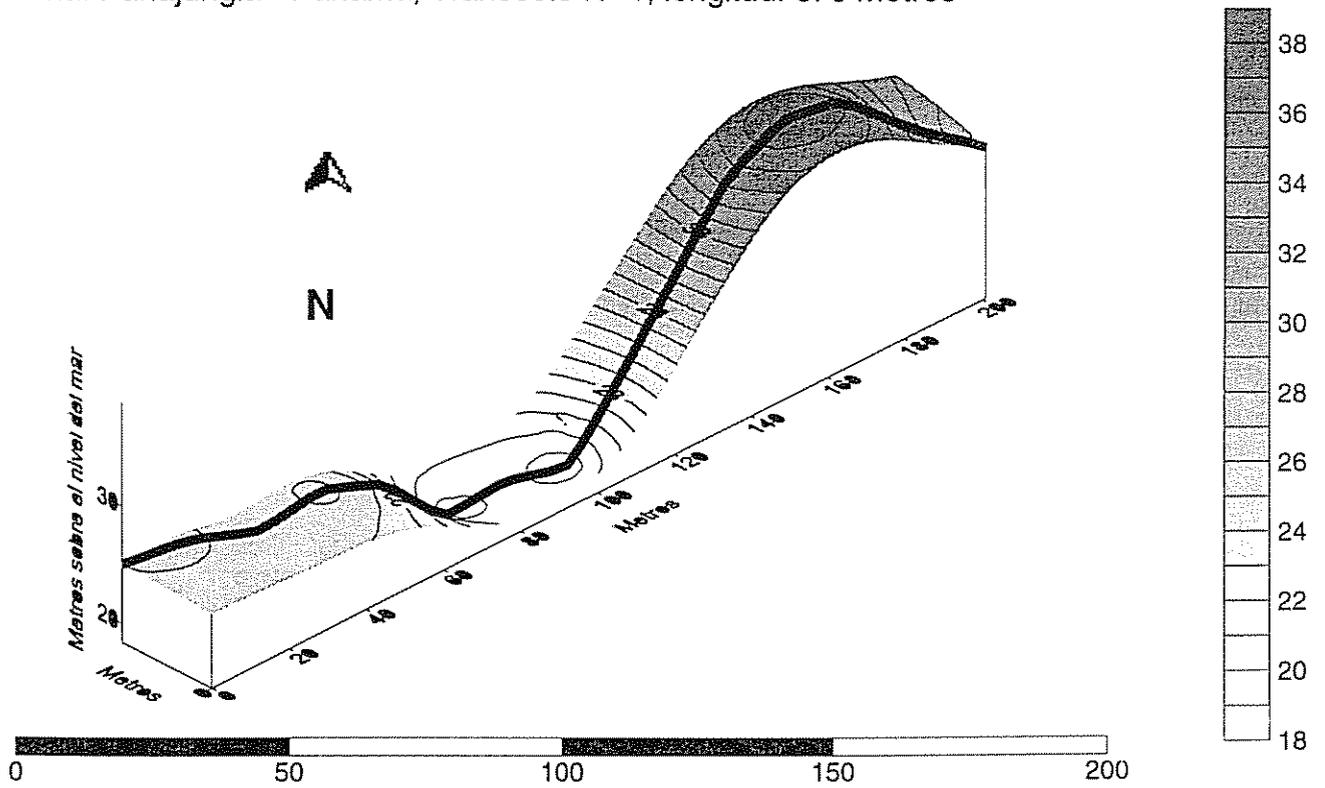


Zona: Guanacaste - Volcan Orosi, Transecto N°2: longitud, 350.85 metros

... Representación gráfica de los transectos, continua



Zona: Panajungla - Panama, Transecto N° 1, longitud: 670 metros



Zona: La Lupe - Nicaragua; transecto N° 2, Longitud: 216 metros

**Anexo 7. Ubicación de las zonas estudiadas en base a las coordenadas geográficas**

<b>ZONAS - (GRUPO 1)</b>	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b>	
Area de Conservación Guanacaste	11° 02' N	85° 25' O
Reserva Indígena Chirripó	9° 48' N	83° 23' O
Finca Cote - Arenal	10° 34' N	84° 55' O
Cañón Mena - Guanacaste	11° 02' N	85° 25' O
Orosi - Guanacaste	11° 02' N	85° 25' O
Estación Biológica Pitilla, Guanacaste	11° 02' N	85° 25' O
Reserva Poco Sol - Monteverde	10° 21' N	84° 38' O

<b>ZONAS - (GRUPO 2)</b>	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b>	
San Rafael de Bordón – Talamanca	9° 43' N	82° 53' O
Estación Biológica La Selva	10° 26' N	84° 01' O
Propiedad de la UCA "La Lupe" – Nicaragua	11° 07' 30" N	84° 25' 50" O
Refugio Nacional de Fauna Silvestre Barra del Colorado	10° 40' N	83° 40' O
Corina – Talamanca	9° 58' N	83° 21' O
Panajungla – Panamá	9° 22' N	82° 37' O

**Anexo 8. Datos de la precipitación total anual y temperatura promedio anual para las zonas de estudio**

ZONAS - (GRUPO 1)	Precipitación total anual (mm)	Temperatura promedio anual (°C)
*Area de Conservación Guanacaste	2750	24.0
+Reserva Indígena Chirripó	3984	19.5
#Finca Cote – Arenal	3500	22.7
*Cañón Mena - Guanacaste	2750	24.0
*Orosi – Guanacaste	2750	24.0
*Estación Biológica Pitilla	2750	24.0
"Reserva Poco Sol - Monteverde	4388	21.6

Fuente	*	Estación Horquetas	11° 02' N	85° 30' O
	+	Estación Oriente	9° 48' N	83° 43' O
	#	Estación Guatuso	10° 41' N	84° 49' O
	"	Estación Metodista	10° 21' N	84° 24' O

ZONAS - (GRUPO 2)	Precipitación total anual (mm)	Temperatura promedio Anual (°C)
*San Rafael de Bordón - Talamanca	2831	24.1
**Estación Biológica La Selva	3962	25.8
#Propiedad de la UCA "La Lupe"	3000	25.6
+Refugio Barra del Colorado	6426	24.0
"Corina – Talamanca	4500	24.2
=Panajungla – Panamá	2871	26.3

Fuente	*	Estación Puerto Vargas		
	**	Estación La Selva	10° 26'	84° 01'
	#	UCA/CATIE (1991)		
	+	Estación Barra del Colorado	10° 46'	83° 35'
	"	Estación San Andrés	9° 52'	82° 59'
	=	Estación Sieyic		