

MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE LA HABANA
FACULTAD DE GEOGRAFÍA

LA DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES FORESTALES EN LAS
MONTAÑAS DE CUBA Y SU RELACIÓN CON LAS
CONDICIONES GEOECOLÓGICAS

Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias
Geográficas

AUTOR: M. Sc. Angel Ramón Claro Valdés

TUTOR: Dr. José Manuel Mateo Rodríguez

CONSULTANTE: Dr. Edson Vicente Da Silva

LA HABANA

2002

*La conservación de los bosques donde existen,
su mejoramiento donde existen mal,
su creación donde no existen*

José Martí

AGRADECIMIENTOS

Citar a todo el que de una u otra forma apoyó la elaboración de esta tesis, sería una larga relación. Sin embargo, resulta obligatorio mencionar al Dr. José Manuel Mateo Rodríguez (tutor) y al Dr. Edson Vicente Da Silva (consultante), así como a otros profesores de nuestra Facultad de Geografía, en particular al Dr. Manuel Bollo Manent, a la M. Sc. Julia de León Herrero, a la Lic. Vivian Oviedo, a la Técnico Sandra Giort y a Reinaldo Fleitas.

Al Dr. Mario R. Farifias García de la Universidad de Los Andes, Venezuela por su colaboración en la bibliografía y en la elaboración del programa CALPERF y al Dr. Timothy S. Brothers de La Universidad de Indiana, Estados Unidos por su valiosa ayuda.

A los ingenieros del Dpto. de Ordenación Forestal de la Dirección Nacional de Silvicultura, especialmente a Ivonne Diago Urfé. Así como a los ingenieros Roberto González de la Empresa Forestal de Cumanayagua y Francisco Fonseca, Director de la Empresa Forestal de Guantánamo, por la valiosa información suministrada.

A los oponentes de la predefensa: Dr. Pedro Acevedo Rodríguez (Facultad de Geografía) y Dr. Enrique Del Risco Rodríguez (Instituto de Investigaciones Forestales), por sus constructivas y acertadas críticas. Así como a la Dra. Rosalina Berazain (Jardín Botánico Nacional) y la Dra. Fabiola Bueno (Instituto Pedagógico Superior Enrique José Varona).

A los geógrafos de Planificación Física de Guantánamo (Martha M. Rivero, Maria Emilia Salles y Alicia García), de Santiago de Cuba (Hector Ocaña y Luis A. Limonta) y de La Provincia Habana, especialmente a Isidro Hernández. Así como al Tte. Cnel. y M. Sc. Fernando J. Añón Peña.

A los geógrafos del Grupo de Montaña del Instituto de Geografía Tropical y a Obluris Cárdenas geógrafa de esa misma institución. Así como los geógrafos Vicente González del Instituto de Ecología y Sistemática y Bárbaro Zabala del CITMA de Guantánamo.

El mayor agradecimiento a mi esposa e hijos de quienes recibí en todo momento apoyo y comprensión.

SÍNTESIS

Se hizo un análisis regional de la zonalidad altitudinal de la flora y la vegetación en los principales grupos montañosos de Cuba, que sirvió de punto de partida para el análisis local de la distribución de importantes especies forestales en territorios específicos, donde se llevan a cabo ordenaciones silvícolas implementadas a nivel de municipio. Por tanto, el análisis local constituye la parte fundamental de la investigación debido a su valor práctico y metodológico que puede contribuir al perfeccionamiento de las investigaciones forestales en nuestro país.

Para el análisis regional de la flora se utilizaron comunidades zonales integradas por un gran número de especies contenidas en alianzas florísticas, las cuales determinan diferentes escalones altitudinales de formaciones vegetales condicionadas por unidades paisajísticas regionales, lo cual se muestra en seis perfiles y dos matrices fitogeoecológicas y en las conclusiones.

Para el análisis local de la flora se utilizaron especies de valor forestal, determinándose sus exigencias ecológicas a través del método de los perfiles ecológicos, que utilizan 6 descriptores geoecológicos y cuyos resultados se expresan en 18 tablas y 3 matrices que sirvieron de base para la zonificación silvícola expresada en mapas a escala 1/25 000 y 1/50 000 y para la elaboración de conclusiones y recomendaciones con valor práctico, que contribuirá significativamente a los planes de ordenación forestal que se ejecutan en determinados territorios ubicados en áreas montañosas de Cuba.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
--------------	---

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS METODOLÓGICOS

1.1: Enfoque geocológico para el estudio de las especies vegetales en las montañas cubanas	10
1.2: Método de los perfiles ecológicos para el estudio de las especies forestales en los sectores montañosos seleccionados	14
1.3: Fundamentación de la selección de las áreas de estudio	25
1.4: Obtención y sistematización de la información	27
1.5: Conclusiones	31

CAPÍTULO 2: LA ZONALIDAD ALTITUDINAL DE LA FLORA Y LA VEGETACIÓN EN LAS MONTAÑAS CUBANAS

2.1: Principales características físico – geográficas de las montañas cubanas	32
2.2: Factores geocológicos que determinan la zonalidad altitudinal de los paisajes	34
2.3: Aspectos generales sobre la zonalidad altitudinal de la flora y la vegetación en Cuba	38
2.4: La zonalidad altitudinal de la flora y la vegetación en las montañas de Cuba Nororiental	40
2.5: La zonalidad altitudinal de la flora y la vegetación en las montañas de Cuba Occidental, Central y Suroriental	46
2.6: Conclusiones	57

CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN DE LOS SECTORES ESTUDIADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.1: Sector Cumanayagua	59
-------------------------	----

3.1.1: Situación, límites y extensión del sector -----	59
3.1.2: Breve caracterización físico – geográfica y descriptores del sector -----	60
3.1.3: Breve caracterización socioeconómica del municipio Cumanayagua -----	64
3.1.4: Análisis de los resultados -----	66
3.1.5: Recomendaciones para la Ordenación Forestal -----	68
3.2: Sector Guamá -----	69
3.2.1: Situación, límites y extensión del sector -----	70
3.2.2: Breve caracterización físico – geográfica y descriptores del sector -----	70
3.2.3: Breve caracterización socioeconómica del municipio Guama -----	75
3.2.4: Análisis de los resultados -----	76
3.2.5: Recomendaciones para la Ordenación Forestal -----	79
3.3: Sector Guantánamo -----	81
3.3.1: Situación, límites y extensión del sector -----	81
3.3.2: Breve caracterización físico – geográfica y descriptores del sector -----	81
3.3.3: Breve caracterización socioeconómica del municipio Guantánamo -----	87
3.3.4: Análisis de los resultados -----	88
3.3.5: Recomendaciones para la Ordenación Forestal -----	91
3.4: Conclusiones -----	92
CONCLUSIONES -----	95
RECOMENDACIONES -----	98
BIBLIOGRAFÍA -----	101

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

NECESIDAD Y ACTUALIDAD DEL PROBLEMA A INVESTIGAR

Las montañas cubanas se caracterizan por su alta complejidad y fragilidad geoecológica, a pesar de ser relativamente poco altas (su punto más elevado no alcanza los 2 000 msnm), y tener una extensión relativamente limitada (abarca no más del 30 % de la superficie el país). A esta complejidad geoecológica se subordina la distribución de la flora y la vegetación. Además, esta distribución ha estado significativamente modificada y transformada por la actividad humana. La utilización de las montañas cubanas ha sido predominantemente irracional, como consecuencia de prácticas agrícolas inadecuadas y la excesiva explotación de sus recursos forestales. Quedan actualmente grandes porciones deforestadas y convertidas en zonas ganaderas o de cultivos, que provocan una pérdida y degradación acelerada de los suelos y los restantes componentes naturales. Sin embargo, las montañas conservan todavía, restos de vegetación natural, que permiten determinar su composición florística y aplicar los métodos fitogeográficos para conocer los requerimientos ecológicos de las especies arbóreas.

Un análisis de la problemática de las montañas, muestra que éstas no sólo presentan dificultades y limitaciones de funcionamiento, sino que pueden ser zonas altamente productivas, al constituir fuentes de valiosos recursos naturales, y muy particularmente los forestales. Para el mejoramiento y la sostenibilidad de estos recursos se han realizado grandes esfuerzos, principalmente desde el triunfo de la Revolución, ya que en las décadas anteriores prácticamente las montañas no se reforestaban, no obstante existir una despiadada tala de árboles forestales.

Entre las escasas reforestaciones que se llevaron a cabo en esta época figura la realizada por el ingeniero *Armando Caffizares* en 1940 en Topes de Collantes, cuando se plantaron más de 6 000

posturas de pinos (*Pinus caribaea*), 2 000 de eucaliptos (*Eucalyptus sp*), 2 000 de caobas de Honduras (*Swietenia macrophylla*). Así como, otras especies forestales y frutales de zonas templadas. Esta reforestación tuvo una supervivencia total (Cañizares, 1997).

Las primeras medidas realizadas referente a la reforestación por el Gobierno Revolucionario a partir de 1959, fueron la implementación y ejecución de amplios planes en todo el país de creación de viveros y siembras masivas de árboles de rápido crecimiento y de valor forestal. Estos fueron plantados preferentemente en zonas con ganadería poco productiva de áreas premontañas y montañosas que presentaban una creciente degradación de sus suelos debido a las fuertes pendientes. En los últimos años, estas tareas se han incrementado, con la implementación del "Plan Turquino - Manatí", que constituye un programa especial del Estado Cubano, dirigido a restablecer las condiciones geoecológicas de las montañas y elevar la calidad de vida de la población que habita esos territorios.

Gran cantidad de recursos y esfuerzos se invierten en este propósito. Sin embargo, en muchos casos no se han recibido los beneficios esperados, debido a la baja supervivencia de las especies plantadas o al poco desarrollo que posteriormente ellas han alcanzado en algunos territorios reforestados. Esto puede deberse a deficientes tratamientos silviculturales, por falta de recursos económicos o fuerza de trabajo, pero también a la siembra de especies en áreas que no responden a sus exigencias geoecológicas. Por eso, uno de los principales problemas de la utilización racional de los territorios silvícolas están en dependencia de la adecuación de las especies forestales a las condiciones geoecológicas existentes en el sitio de plantación.

Por tanto, en las tareas de reforestación contar con esta información es una premisa fundamental para rehabilitar los territorios montañosos con potencialidades forestales. En este aspecto este documento brinda una herramienta metodológica de gran aplicación, para realizar una adecuada

zonificación silvícola y con ello lograr un óptimo aprovechamiento de estas áreas. La falta de efectividad, que en ocasiones ocurre en los planes de rehabilitación forestal se debe a que no se ha tenido en cuenta una concepción científica holística, que parta de la premisa de que la flora y la vegetación en las montañas se distribuye de acuerdo a determinadas regularidades y relaciones con las condiciones geocológicas. De tal manera, el problema científico al cual se ha dedicado la presente tesis es, *la relación que existe entre la distribución de las especies forestales y la estructura que presentan los paisajes montañosos, como expresión de las regularidades geocológicas que tienen lugar en estos territorios.*

IMPORTANCIA Y NOVEDAD CIENTÍFICA

La importancia de la investigación radica, en que fundamenta cómo la concepción geocológica, en la que se establecen las relaciones entre los paisajes, la vegetación y la flora, puede servir de base e incluirse entre los métodos teórico – metodológicos que sustentan la Ordenación Forestal. De tal manera, se espera que esta tesis contribuya de forma significativa, a la creación de una base teórico - metodológica que perfeccione las investigaciones y las prácticas forestales que se realizan en el país.

Por otra parte, los resultados obtenidos al estudiar los diferentes sectores, pueden incorporarse de manera concreta en los trabajos de Ordenación Forestal que lleva a cabo el Estado Cubano. También, estos resultados se enmarcan dentro de las tareas planteadas por el Programa Nacional de Ciencia y Técnica *"Desarrollo Sostenible de la Montaña"*, y el Programa Nacional de Ciencia y Técnica *"Cambios Globales y Evolución del medio ambiente cubano"*, la Comisión Rectora del Plan *"Turquino - Manatí"* y otros organismos de la "Dirección Central del Estado"; además pueden servir, como material de consulta a instituciones científicas y docentes.

En la tesis se hizo un análisis general de la zonalidad altitudinal de la flora y la vegetación en las montañas cubanas en relación con las condiciones geocológicas, sintetizados a través de las unidades de paisajes. Se realizó además, un estudio detallado de la relación especies – descriptores geocológicos en áreas seleccionadas que permitió elaborar mapas de propuestas de zonificación silvícola para tres sectores montañosos, a escalas de 1/25 000 y 1/50 000 mediante técnicas fitoecológicas, lo cual representa una novedad científica para el país.

ANTECEDENTES

La información de campo tiene sus antecedentes en diversos estudios realizados en diferentes épocas, sus orígenes se remontan a los estudios geográficos en las denominadas "*Sierras I (1967); II (1968) y III (1969)*", donde se tuvo la oportunidad de conocer y estudiar la vegetación en la Sierra Maestra durante unos 10 meses y la Sierra del Rosario durante cuatro meses. Posteriormente, se realizaron otros recorridos a las distintas montañas cubanas, utilizándose las expediciones del *Jardín Botánico Nacional* y la antigua *Academia de Ciencias de Cuba*. También se llevaron a cabo investigaciones paisajísticas asesorando proyectos de Planificación Física, tesis de diplomas, prácticas de campo o incluso expediciones con estudiantes de la Facultad de Geografía. Algunos de estos recorridos han alcanzado los puntos culminantes de diversas montañas. Por ejemplo, cinco veces el Pico Potrerillo, cuatro el Turquino, dos el Toldo (Cuchillas de Moa), la Mensura (Sierra de Nipe), el Pan de Guajaibón, el Yunque de Baracoa, Pico el Gato (Sierra Maestra), la Gran Piedra, y una vez Pico de la Bayamesa, Pico Cristal, Pico Galán (Cuchillas de Toa), Sierra de Mícaro y Alto de Iberia.

Esta información conjuntamente con la de gabinete permitió realizar por primera vez a escala detallada un análisis de la zonalidad altitudinal de la flora y la vegetación en las principales montañas de Cuba. En tanto, la zonificación silvícola propuesta tiene sus antecedentes en dos

Tesis de Maestrías (una realizada y la otra tutorada por el autor), tres Tesis de Diplomas y seis Trabajos de Cursos tutorados todos por el autor. En Cuba este tipo de estudio sólo se ha realizado en la Facultad de Geografía a partir de 1995.

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACION

La hipótesis que se trata de comprobar en la tesis plantea que *"en las montañas cubanas la distribución de las especies forestales responden a determinadas exigencias geoecológicas y de la estructura de los paisajes. Tal dependencia debe constituir el principio fundamental en la Ordenación Forestal de estos territorios montañosos"*.

OBJETIVO GENERAL

Determinar las regularidades de distribución de las principales especies forestales de las montañas cubanas en relación con las condiciones geoecológicas y la estructura de los paisajes de dichos territorios.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las regularidades de la distribución de la flora y la vegetación en las montañas cubanas en dependencia de la estructura de los paisajes dada por la zonalidad altitudinal.
- Establecer una clasificación y jerarquización de las especies forestales de acuerdo al grado y carácter de las condiciones geoecológicas y la estructura de los paisajes.
- Elaborar recomendaciones en sectores montañosos concretos, que sirvan de base para el mejoramiento de los Planes de Ordenación Forestal, y que estén basados en las regularidades de la relación entre la distribución de las especies y las condiciones geoecológicas.

- Generalizar las recomendaciones hechas para los sectores montañosos estudiados, al resto de estos macizos donde ellos están localizados, siempre que las condiciones geocológicas no cambien.

- TAREAS

- Selección de las escalas y las áreas de estudio y recopilación de la información básica existente sobre estos territorios.

- Análisis de la zonalidad altitudinal de la flora y la vegetación en las principales montañas de Cuba, en relación con la estructura de los paisajes y su representación a través de perfiles y matrices geocológicas.

- Realizar estudios específicos en sectores seleccionados mediante la utilización de mapas temáticos y la información contenida en los archivos forestales como base para el cálculo de los perfiles ecológicos y su representación en forma tabulada.

- Analizar los resultados de los perfiles ecológicos para la elaboración de matrices, perfiles y mapas que permitan una propuesta de zonificación silvícola en sectores montañosos seleccionados utilizándose fundamentalmente especies maderables autóctonas de importancia forestal.

PREMISAS TEÓRICO - METODOLÓGICAS

La concepción teórica en la que se sustenta la investigación es el enfoque geocológico aplicado a los estudios de la flora y la vegetación. El mismo se basa en que las formas, los ritmos y la intensidad de la diferenciación de la biota se determinan por un conjunto de factores

geoecológicos (factores abióticos y bióticos interrelacionados) que actúan de manera directa o indirecta a través de los procesos ecológicos. La distribución espacial de las especies, las comunidades y los ecosistemas dependen directamente de los factores geoecológicos, ya que estos no actúan de manera independiente y aislada sino de forma interrelacionada y articulada a través de la formación de paisajes, o sea unidades geoecológicas de diferente complejidad y jerarquía taxonómica. Cada una de estas unidades puede ser distinguida a través de un factor principal (el descriptor). Todo esto, por tanto, permite la combinación de los métodos paisajísticos y ecológicos.

Estas premisas utilizadas para el estudio de la zonalidad altitudinal de la flora y la vegetación de las montañas cubanas se sustentan en el análisis de diversas colectas de plantas y trabajos botánicos y geográficos realizados mayormente, desde los años sesenta, así como un amplio trabajo de campo efectuado por el autor durante varias expediciones. Esta variada información obtenida por diversas vías permitió realizar un análisis regional de la distribución de la flora y la vegetación de las diferentes montañas cubanas. Para ello se tomó como base las peculiaridades litológicas, altitudinales, climáticas, inclinación de las pendientes y edáficas de estos macizos que son los factores geoecológicos que más influyen en la distribución de las especies. Ello permitió elaborar un esquema de zonalidad altitudinal para los principales grupos montañosos, que se ilustra de forma gráfica en seis perfiles y dos matrices geoecológicas.

Por su parte, las premisas teóricas y metodológicas para el estudio a nivel local (sectores) se sustentan en la técnica de los Perfiles Ecológicos, que consisten en diagramas o tablas de frecuencias de una especie en función de clases o segmentos de un factor geoecológico (descriptor). La aplicación de esta técnica originó una copiosa y detallada información que se encuentra expresada en 18 tablas y tres matrices, que constituyen la base para la etapa de análisis y síntesis.

ESTRUCTURA Y VOLUMEN DE LA TESIS

El trabajo quedó estructurado de la manera siguiente: síntesis, introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

El capítulo 1: *FUNDAMENTOS TEÓRICOS METODOLÓGICOS*, aborda las bases teóricas y conceptuales que fundamentan el estudio geocológico, se explican los métodos utilizados para la obtención de los resultados y se expresan los criterios que se tuvieron en cuenta para la selección de las áreas de estudio. También se abordan los pasos metodológicos seguidos para la obtención y sistematización de la información y se mencionan los materiales utilizados y finalmente se dan las conclusiones del capítulo .

El capítulo 2: *LA ZONALIDAD ALTITUDINAL DE LA FLORA Y LA VEGETACIÓN EN LAS MONTAÑAS CUBANAS*, se realiza un análisis regional de las principales particularidades y de la distribución altitudinal de la flora y la vegetación de las montañas de Cuba, su relación con los componentes (litología, relieve, clima, suelos) y las unidades del paisaje. Para ello, se confeccionaron seis perfiles a través de los principales grupos montañosos los cuales fueron sintetizados en dos matrices geocológicas. Ellos sirvieron de base para el análisis de la zonalidad altitudinal de la flora y la vegetación en las montañas, escenario este que constituye la base espacial general para la selección de los estudios de caso (sectores) utilizados en el análisis local.

En el capítulo 3: *CARACTERIZACIÓN DE LOS SECTORES ESTUDIADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS*. Se aborda (a escala 1/50 000 y 1/25 000) el análisis de tres estudios de caso a nivel local (sectores) en áreas montañosas con características geocológicas diferentes. Se hace una breve caracterización de sus principales peculiaridades físico-geográficas y socioeconómicas.

A partir de este marco de referencia que sirve como punto de partida y orientación, es que se realiza el estudio geocológico que culmina con una serie de resultados expresados en tablas, matrices, perfiles y mapas, así como conclusiones y recomendaciones que tienen utilidad práctica y también metodológica.

Todos estos resultados se obtuvieron mediante métodos estadísticos que se aplicaron para el procesamiento del amplio y detallado inventario que existe en los archivos forestales, demostrándose el valor práctico que tiene esta información, no explotada totalmente en todas sus potencialidades. La información estadística obtenida y representada en forma tabulada (18 tablas), se sintetizó en tres matrices geocológicas que permiten una interpretación holística de los resultados, al correlacionar factores zonales y azonales y representar unidades paisajísticas combinadas con grupos de especies forestales que alcanza un desarrollo favorable en ellas.

El volumen de la tesis comprende 118 páginas; 9 para la introducción; 22 para el capítulo 1; 27 para el capítulo 2; 36 para el 3; 3 para las conclusiones; 3 para las recomendaciones y 18 para la bibliografía (156 citas, de ellas 33 del autor). Además de 44 anexos constituidos por 10 en el capítulo 2 (6 perfiles, 2 matrices y 2 leyendas) y 34 en el capítulo 3 (18 tablas, 3 matrices, 7 perfiles, 3 mapas y 3 leyendas). Dentro del cuerpo de la tesis aparecen también 8 tablas que forman parte del contenido y 12 figuras, estas últimas insertadas entre páginas.

*CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS
METODOLÓGICOS*

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS METODOLÓGICOS

1.1: Enfoque geoecológico para el estudio de las especies vegetales en las montañas cubanas.

La concepción para el estudio de las especies vegetales en las montañas cubanas se sustenta en la relación especies - paisaje como base para el enfoque geoecológico. Según este enfoque lo fundamental es determinar la relación entre unidades florísticas, tipos de vegetación y la estructura geoecológica de los paisajes de cada territorio y las regularidades geográficas y geoecológicas de la interrelación entre lo abiótico y lo biótico.

Desde el punto de vista geoecológico las montañas se definen según *García (1990)*, como aquel tipo de geosistema cuyas regularidades son explicadas, no sólo por su posición zonal y sus condiciones azonales (geólogo – geomorfológicas), sino en particular por la diferenciación altitudinal (fajas y zonas diferentes que varían con la altura). Se distinguen así, diferentes tipos de montañas tales como colinas, alturas, montañas bajas, etc. Por tanto, puede considerarse como *sistema montañoso*, a un determinado macizo. Por ejemplo, el sistema montañoso de la Sierra Maestra, incluye colinas, alturas, montañas bajas, medias y depresiones intermontañosas.

La Geoecología de los Paisajes es la ciencia que estudia el paisaje natural, o sea la unidad dialéctica de los componentes naturales como entorno, en relación con un determinado organismo o conjunto de organismos vivos. Cuestión fundamental en el estudio de la Geoecología de los Paisajes, es la determinación de las regularidades geoecológicas, (*Mateo, 2000*).

La regularidad principal a la que se subordina las condiciones geoecológicas en las montañas es la de la zonalidad altitudinal. Las regularidades o leyes geoecológicas son aquellas que se

refieren a la estructura y desarrollo de la esfera geográfica, inherentes a todo sistema planetario en su conjunto y a los subsistemas de nivel regional y local que lo forman (*Mateo, op cit*). Entre las regularidades geoecológicas se destaca la *zonalidad geográfica*, vinculada con la diferenciación regular de los componentes y complejos naturales y antropo – naturales, en relación con el ingreso de la energía solar.

Existen diversos tipos de zonalidad geográfica, entre las que se encuentran la latitudinal o radiacional condicionada por el aumento de la radiación desde las altas a las bajas latitudes, originándose la formación de fajas geográficas o geoecológicas. La otra zonalidad es la orogénica, la cual es condicionada por las irregularidades del relieve. Dentro de esta última se destaca por su importancia la zonalidad altitudinal, provocada por los cambios de la altura absoluta de los territorios, lo cual se expresa mediante la existencia de fajas y zonas altitudinales.

Para el análisis de las regularidades geoecológicas en las montañas es necesario tener en cuenta la teoría de la “ley de la zonalidad vertical o altitudinal, que es una manifestación particular y específica de la zonalidad solar planetaria y que se basa en la disminución del calor desde el ecuador térmico (situado bajo los 7 - 10° de latitud N.) hacia los polos y desde la superficie terrestre hacia la tropopausa”, (*Riábchikov, 1976*).

Por tanto, la zonalidad altitudinal constituye una regularidad de la diferenciación de los territorios montañosos. La zonalidad altitudinal, es característica para las regiones montañosas que alcanzan alturas mayores de 300 - 400 metros, y consiste en el cambio, según la altura, de diferentes tipos de paisajes, que no son los propios a la zona físico - geográfica en que se encuentra el sistema montañoso, y que se disponen bajo la forma de un orden relativamente análogo al de las zonas geográficas latitudinales, (*Mateo, 1984*).

De esta manera, las zonas geográficas tienen un carácter tridimensional, o sea, tienen volumen. La zonalidad altitudinal se manifiesta a través del relieve, sin embargo, el calor y la humedad se hallan en la atmósfera inferior y con la aparición de un substrato altitudinal en una u otra región se manifiesta la zonalidad vertical condicionada por la zonalidad solar planetaria de la esfera geográfica.

Para clasificar la amplia gama de variaciones altitudinales de los sistemas montañosos, se usan una serie de nociones, en primer lugar, la noción de *tipo de zonalidad altitudinal*, el cual es un concepto generalizado. Por tipo de zonalidad altitudinal (o tipo de espectro), se define la estructura típica de la zonalidad altitudinal que es propia de los paisajes montañosos situados en una misma faja y zona geográfica (Mateo, 2000).

La representación de la zonalidad se muestra a través de un sistema de fajas y zonas geográficas. *Las fajas geográficas* son los complejos naturales de rango superior y que se distinguen en los mapas mundiales como bandas que se distribuyen simétricamente en relación al Ecuador y que siguen de forma aproximada la dirección de los paralelos geográficos. Tradicionalmente, se determinan por diversos autores, cuatro grandes fajas: *polar*, *templada*, *subtropical* y *tropical*; cada una comprende varias zonas, que de acuerdo con determinadas tradiciones se nombran según el tipo predominante de vegetación. Así, tanto en sentido latitudinal como altitudinal (vertical) al pasar de un tipo de vegetación zonal natural a otra, se pasa también de una zona geográfica a otra diferente.

Según Mateo (1984) las zonas geográficas se definen como "las grandes partes de las fajas geográficas que se caracterizan por el predominio de un determinado tipo de paisaje zonal".

Además de los conceptos de *faja* y *zona* ampliamente conocidos en Geografía, algunos investigadores emplean también con mucha frecuencia en Fitogeografía el término de “*piso de vegetación*” para expresar los cambios que ocurren en la composición florística de los macizos montañosos a causa de las variaciones térmicas y del humedecimiento. Estos pisos según algunos autores se clasifican comúnmente en *colinoso* o *planar*, *submontano*, *montano*, *supramontano* o *subalpino* y *alpino* (este último ausente en Cuba).

Estas unidades en la práctica resultan intermedias entre las fajas y las zonas, es decir, una faja vertical tiene más de un piso de vegetación, y a su vez un piso puede comprender más de una zona de humedecimiento y también más de una formación vegetal. Por ejemplo, el piso colinoso de la macrovertiente sur de las montañas de Cuba comprende matorrales de zona seca y muy seca y bosque subperennifolio micrófilo y semideciduo de zona medianamente seca y medianamente húmeda. Pero también el piso puede corresponder con una zona de humedecimiento y un tipo de vegetación determinado como sucede con el bosque subperennifolio mesófilo submontano, el cual abarca todo el piso submontano de la faja tropical.

Para la caracterización florística de los tipos de vegetación de cada zona se usó el sistema jerárquico de clasificación de *Braun - Blanquet*, debido a su amplia utilización en el mundo y muy particularmente en Cuba, donde *Borhidi (1996)* plantea la existencia de 27 *clases* (unidad taxonómica superior), 52 *órdenes*, 80 *alianzas* y aproximadamente 200 *asociaciones*.

Braun – Blanquet elaboró un sistema lógico y jerárquico de unidades fitosociológicas que se usan actualmente y que tiene como unidad superior la clase, la cual se divide en órdenes, estos en alianzas, las alianzas en asociaciones, que es la unidad fundamental, y estas últimas en subasociaciones y variantes, (*Claro, 1985 y 1996a*). Estas unidades son designadas por el radical de los géneros de una o dos de las especies más representativas y se añade el sufijo *etea* para la

clase, *etalia* para el orden, *ion* para la alianza y *etum* para la asociación. Por ejemplo, si tomamos el género *Pinus* para designar cualquiera de estas unidades, entonces la clase se denomina *Pinetea*, el orden *Pinetalia*, la alianza *Pinion* y la asociación *Pinetum*.

Para determinar de forma sintética la composición florística de las formaciones vegetales se utilizó fundamentalmente la *alianza* por ser la unidad taxonómica que mejor se ajusta para cada zona de humedecimiento. Esta unidad al igual que las otras del sistema florístico de clasificación de *Braun - Blanquet* está constituida por un conjunto de especies, por ejemplo, si se toma *Magnolia cubensis* (como ya se explicó) la alianza se llamaría *Magnolion cubensis*, que florísticamente representa el bosque pluvial montano distribuido en la faja subtropical, de las montañas de Cuba Central y Oriental.

La información florística extraída de (*Borhidi, op cit*) y otras fuentes se complementó con la obtenida en diversas expediciones realizadas por el autor en las montañas de Cuba. Ello sirvió de base para elaborar el esquema de zonalidad altitudinal de las montañas cubanas representado mediante 6 perfiles y 2 matrices geocológicas (capítulo 2).

1.2: Método de los perfiles ecológicos para el estudio de las especies forestales en los sectores montañosos seleccionados

Una vez trazados los objetivos de la investigación y delimitadas las áreas de trabajo, se realizó el estudio de las especies forestales del estrato arbóreo. Esta información fue tomada de la Ordenación Forestal realizada en los años de 1982, 1983 y 1993. Aunque algunos de estos datos tienen dos décadas, el tiempo transcurrido no afecta los resultados. Ello se debe a que lo que se busca es la relación especie - ambiente, es decir, si una especie vive en las partes más altas de la Sierra Maestra donde, por ejemplo existe un alto grado de humedecimiento y otra en la zona

costera y seca, cada una de ellas mantendrán estas mismas exigencias ecológicas, independientemente del tiempo transcurrido.

La información florística obtenida de los archivos forestales fue complementada con los recorridos de campo, realizándose comprobaciones florísticas y observaciones sobre diferentes aspectos geográficos. Por tanto, la etapa de inventario para el componente biótico de los paisajes se realizó por dos vías: la de gabinete y la de campo, que permitió verificar la información en cuanto a la taxonomía y la distribución de las especies. Esta información florística conjuntamente con la litológica, la climática, la del relieve y la de los suelos obtenidas de mapas temáticos, topográficos y otras fuentes, fue procesada por el método estadístico de los *perfiles ecológicos*. Seguidamente se seleccionaron las especies de mayor importancia forestal y los descriptores: litología, altitud, pendiente, temperatura media anual, precipitación anual y suelo; el tercero y el último obtenidos de los archivos forestales.

Perfiles ecológicos.

El análisis frecuencial de la ecología de las especies en las comunidades se fundamenta en el concepto de *perfil ecológico*. Este análisis consiste en enumerar en un conjunto de censos florísticos, aquellos que caracterizan cada uno de los diferentes niveles, estados o clases de un descriptor considerado. Es por estas frecuencias decurrentes que De Candolle hijo (1874) define sus grupos fisiológicos. Es por la misma aproximación que Braun - Blanquet y Jenny en 1926 analizan la reacción ecológica de sus asociaciones, que Pavillard en 1935 caracteriza la bioquímica sinecológica de los suelos y analiza la amplitud ecológica de las especies y las comunidades, (en Daget et Godron, 1982).

Más tarde *Gounot en 1958* introduce el término de *perfil ecológico* para designar las series ordenadas de frecuencias relativas de presencias de una especie en un conjunto de clases de un descriptor y *Godron en 1964* establece la distinción entre los diferentes tipos de perfiles ecológicos existentes, (*en Daget et Godron, op cit*).

Los perfiles ecológicos son diagramas o tablas de frecuencias de una especie en función de clases o segmentos de un factor. Por tanto, se define como perfil ecológico "*una serie de frecuencias (absolutas, relativas o corregidas) ordenadas según las magnitudes sucesivas del descriptor considerado*", (*Daget et Godron, op cit*). Se trata pues de una distribución de frecuencias.

La técnica de los *perfiles ecológicos* es una de las más efectiva y simple del análisis fitoecológico, precisamente su poder radica en su simplicidad. De acuerdo a esta técnica un factor descriptor del ambiente puede existir en la naturaleza bajo un número limitado de clases, estados o variables discretas y que algunas especies son sensibles a uno o varios de estos estados, constituyendo indicadores importantes frente a los factores ambientales y viceversa.

Los descriptores son distintos parámetros representativo de los componentes geoecológicos de los paisajes, por ejemplo: litología, altitud, pendiente, temperatura media anual, precipitación anual, suelo, etc. Si el descriptor es una variable continua como la altitud, al aplicar esta, se hace discreta su escala de variación por medio de un código cualquiera. Existen diversos tipos de perfiles ecológicos que pueden dividirse en dos grandes grupos: *los perfiles brutos y los perfiles elaborados*.

Los perfiles brutos se establecen a partir de frecuencias absolutas y se distinguen dos tipos: *los perfiles de conjuntos y los perfiles de frecuencias absolutas*. Por su parte, *los perfiles elaborados*

se establecen para cada especie y para cada uno de los descriptores del ambiente. Estos se subdividen en dos tipos: los de frecuencias relativas y los de frecuencias corregidas (tabla 1.1).

Tabla 1.1: Perfiles ecológicos de una especie (E) y para un descriptor (L).

			DESCRIPTOR L					Conjunto de Censos	
			Clase 1	Clase 2	...	Clase K	...		Clase NK
E E E E E E E	Perfil de conjunto	Número de censos	R(1)	R(2)	...	R(K)	...	R(NK)	$NR = \sum_1^{nk} R(K)$
	Perfil de frecuencias absolutas	Número de presencias	U(1)	U(2)	...	U(K)	...	U(NK)	$\sum_1^{nk} U(K) = U(E)$
	Perfil de frecuencias absolutas	Número de ausencias	V(1)	V(2)	...	V(K)	...	V(NK)	$\sum_1^{nk} V(K) = V(E)$
	Perfil de frecuencias relativas	Frecuencias relativas de presencias	$\frac{U(1)}{R(1)}$	$\frac{U(2)}{R(2)}$	...	$\frac{U(K)}{R(K)}$	...	$\frac{U(NK)}{R(NK)}$	$\frac{\sum_1^{nk} U(K)}{\sum_1^{nk} R(K)} = \frac{U(E)}{NR}$
	Perfil de frecuencias relativas	Frecuencias relativas de ausencias	$\frac{V(1)}{R(1)}$	$\frac{V(2)}{R(2)}$	...	$\frac{V(K)}{R(K)}$	...	$\frac{V(NK)}{R(NK)}$	$\frac{\sum_1^{nk} V(K)}{\sum_1^{nk} R(K)} = \frac{V(E)}{NR}$
	Perfil de frecuencias corregidas	Frecuencias corregidas para las presencias	$\frac{U(1)}{R(1)} \cdot \frac{NR}{U(E)}$	$\frac{U(2)}{R(2)} \cdot \frac{NR}{U(E)}$	...	$\frac{U(K)}{R(K)} \cdot \frac{NR}{U(E)}$	...	$\frac{U(NK)}{R(NK)} \cdot \frac{NR}{U(E)}$	$\frac{U(E)}{NR} \cdot \frac{NR}{U(E)} = 1$
	Perfil de frecuencias corregidas	Frecuencias corregidas para las ausencias	$\frac{V(1)}{R(1)} \cdot \frac{NR}{V(E)}$	$\frac{V(2)}{R(2)} \cdot \frac{NR}{V(E)}$	...	$\frac{V(K)}{R(K)} \cdot \frac{NR}{V(E)}$	...	$\frac{V(NK)}{R(NK)} \cdot \frac{NR}{V(E)}$	$\frac{V(E)}{NR} \cdot \frac{NR}{V(E)} = 1$

Fuente: Daget et Godron, 1992.

Donde: NK = Número de clases distinguidas por el descriptor (L).

$U(K)$ = Número de censos de la clase (K), y donde la especie (E) está presente.

$V(K)$ = Número de censos de la clase (K), y donde la especie (E) está ausente.

$R(K)$ = Número de censos de la clase (K).

$U(E)$ = Número total de censos donde la especie (E) está presente.

$V(E)$ = Número total de censos donde la especie (E) está ausente.

NR = Número total de censos.

La construcción de los *perfiles ecológicos* se basa en la distribución de las frecuencias de las clases o estados del descriptor en un conjunto de censos florísticos (*perfil de conjunto*) y en la distribución de las frecuencias de las especies relativas al *perfil de conjunto*. Por ejemplo, si se toma como descriptor la *altitud* en el sector de Guamá, la cual presenta 7 clases (estados) K1, K2 hasta NK(K7) y una muestra de tamaño NR = 552 censos florísticos, en donde R1 censos el descriptor presenta la clase K1; en R2 censos el descriptor presenta la clase K2 y en R7 el descriptor presenta la clase K7 (tablas 1.1 y 1.2). El *perfil de conjunto* que corresponde es:

K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	!
R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	NR
101	131	130	76	65	26	23	552

Tabla 1.2. *Perfiles ecológicos de conjunto (PEC) y de frecuencias absolutas (FAP), relativas (FRP) y corregidas (FCP) de presencias y X² para Cedreia odorata y Andira inermis respecto al descriptor altitud (sector de Guamá).*

ESPECIES	PERFILES	CLASE I	CLASE II	CLASE III	CLASE IV	CLASE V	CLASE VI	CLASE VII	TOTAL
	PEC	101	131	<u>130</u>	78	<u>65</u>	26	23	<u>552</u>
Cedreia odorata	FAP	11	38	32	13	2	0	0	<u>96</u>
	FRP	0.11	<u>0.29</u>	<u>0.25</u>	<u>0.17</u>	0.03	0.00	0.00	<u>0.17</u>
	FCP	0.63	<u>1.67</u>	<u>1.42</u>	<u>0.98</u>	0.18	0.00	0.00	1
	X ²	3.31	10.69	4.30	0.00	13.21	9.93	8.79	<u>50.26</u>
Andira inermis	FAP	5	11	<u>10</u>	5	<u>2</u>	0	0	<u>33</u>
	FRP	0.05	0.08	<u>0.08</u>	<u>0.07</u>	<u>0.04</u>	0.00	0.00	0.06
	FCP	0.82	1.40	<u>1.29</u>	<u>1.10</u>	0.51	0.00	0.00	1
	X ²	0.20	1.22	0.63	0.05	1.17	3.21	2.84	<u>9.31</u>

Fuente: elaborado por el autor a partir del procesamiento de los datos obtenidos de la Ordenación Forestal realizada en 1983 en la Unidad Silvícola Guamá.

En el caso de Guamá la *altitud* es un descriptor que se dividió en 7 clases o estados (tabla 1.2) que son los siguientes:

Clase I - De 1 a 200 msnm

Clase II - De 201 a 400 msnm

Clase III - De 401 a 600 msnm

Clase IV - De 601 a 800 msnm

Clase V - De 801 a 1000 msnm

Clase VI - De 1001 a 1200 msnm

Clase VII - De 1201 a 1600 msnm

Los perfiles de frecuencias absolutas dan el número de presencia o de ausencia de una especie particular en la clase del descriptor considerado y para construirlos se subdividen los censos de cada una de las clases del descriptor según que la especie este presente o ausente, esto origina dos nuevos perfiles ecológicos: los perfiles de frecuencias absolutas de presencias (U1, U2, U3, etc.) y los perfiles de frecuencias absolutas de ausencias (V1, V2, V3, etc.) tabla 1.1. En la práctica basta con utilizar uno de los dos tipos de perfiles, para caracterizar las exigencias ecológicas de las especies, en este trabajo siguiendo la tradición, se tomaron los perfiles de presencias.

Los perfiles de frecuencias relativas de una especie referente a un descriptor no es más que la expresión del número de censos florísticos que contiene la especie en el perfil de frecuencia absoluta entre el perfil de conjunto. La frecuencia relativa de presencia de una especie por ejemplo *Cedrela odorata* calculada en el conjunto de la muestra (552 censos) para el descriptor altitud es:

$$FRP = U(E)/NR = 96/552 = 0,17 \text{ (tablas 1.1 y 1.2).}$$

Si la especie es indiferente al descriptor, su frecuencia relativa en cada una de las clases de éste será prácticamente igual a su frecuencia relativa alcanzada en el conjunto de la muestra (FRP = 0.17). Si por el contrario la especie reacciona positivamente a una de las clases del descriptor, su frecuencia relativa será mayor en esa clase, que en cualquiera de las demás. Por ejemplo *Cedreia odorata* alcanza valores de 0,29 y 0,25 respectivamente en las clases II y III, superior al resto de las clases y a la del conjunto de la muestra (tabla 1.2).

Cuando el perfil de conjunto es regular, es decir, cuando los censos florísticos están uniformemente distribuidos en las diferentes clases del descriptor, las frecuencias absolutas son a veces utilizadas para caracterizar el comportamiento ecológico de las especies. Sin embargo, cuando el perfil de conjunto presenta irregularidades como se aprecia en *Cedreia odorata* (tabla 1.2) se puede llegar a conclusiones erróneas sobre la ecología de las especies, porque su significación depende del muestreo.

Para obtener resultados correctos es necesario tener en cuenta el número total de censos realizados en cada clase, es decir, su perfil ecológico de conjunto (PEC). Al examinar el perfil de frecuencia absoluta de presencias (FAP) de la tabla 1.2, se podría pensar, por ejemplo que *Andira inermis* está cinco veces más frecuente en la clase III que en la V, ya que aparece en 10 censos en la clase III y 2 en la clase V. Pero esta especie está presente 10 veces sobre 130 en la clase III para un 8% y 2 veces sobre 65 en la clase V para un 4%. Por tanto, *Andira inermis* es sólo dos veces más frecuente en la clase III (8 % de los censos) que en la clase V (4% de los censos), es por eso que no deben usarse las frecuencias absolutas.

Los perfiles de frecuencias relativas dan valores débiles para las especies raras y elevados para las especies abundantes. *Cedreia odorata* y *Andira inermis* tienen las mismas exigencias ecológicas respecto a la altitud en el ejemplo de Guamá (tabla 1. 2). Pero la primera está presente

en 96 censos, mientras que la segunda sólo se encuentra en 33 censos de los 552 considerados. Por eso, *Cedreia* tiene en la clase III y IV frecuencias relativas de 0.25 y 0.17 respectivamente, que son muy superiores a las de *Andira* en estas mismas clases (0.08 y 0.07). Sin embargo, sus frecuencias corregidas son muy parecidas en ambas especies, es decir, 1.42 y 0.98 para *Cedreia* y 1.29 y 1.10 para *Andira* (tabla 1.2).

Por tanto, es necesario tener en cuenta la frecuencia de cada especie en el conjunto de censos para corregir las diferencias entre los perfiles de especies raras y especies abundantes. Para hacer esto se toma un índice llamado "frecuencia corregida" que se establece dividiendo las frecuencias relativas de presencias (o de ausencias) de cada especie en cada clase del descriptor estudiado, por las frecuencias relativas medias de las presencias (o de las ausencias) de la especie en el conjunto de los censos. Lo cual se expresa de la siguiente manera:

$$FCP(K) = (U(K)/R(K))/(U(E)/NR) \quad (\text{tabla 1.1}).$$

Por ejemplo para *Cedreia odorata* y la clase III, respecto a la altitud tenemos:

$$FCP(III) = 1,42 \quad (\text{tabla 1.2}).$$

El perfil ecológico de las frecuencias corregidas que tiene en cuenta la frecuencia media de las especies en el conjunto de censos, permite deducir las similitudes ecológicas del comportamiento de estas dos especies, que no se apreciaría si sólo se examinan los perfiles de frecuencias absolutas o de frecuencias relativas. Por eso, para la elaboración de los mapas de zonificación silvícola se utilizaron las frecuencias corregidas (anexos 3.1.11, 3.2.10 y 3.3.10).

Los valores de frecuencias corregidas se comparan con el doble del Logaritmo Neperiano que sigue una distribución de X^2 (ji cuadrado) y se conoce como el test de G^2 , (Fariñas, 1996).

El valor G^2 se denomina "Información Recíproca (IR) especie – factor", y se calcula de forma práctica de la siguiente manera:

$$IR (\text{especie} - \text{factor}) = G^2 = 2 [(s P(i) \ln P(i) + s A(i) \ln A(i) + NTC) - (s NC(i) \ln NC(i) + PT \ln PT + AT \ln AT)]. \text{ En Fariñas (op cit).}$$

En donde: $P(i)$ = Número de presencia en el estado i .

$A(i)$ = Número de ausencia en el estado i .

NTC = Número total de censos.

NC = Número de censos en el estado i .

PT = Número total de presencias.

AT = Número total de ausencias.

NE = Número total de estados.

Por ejemplo, el valor de G^2 (X^2) para *Cedreia odorata* respecto al descriptor altitud en Guamá es: 50.26 (tabla 1.2). Este valor es superior al de χ^2 cuadrado para un 5% de probabilidad de error con 6 grados de libertad (12.52): $50.26 > 12.52$.

Basado en esto, se realiza el siguiente análisis: ejemplo *Cedreia odorata* y el descriptor altitud en el sector de Guamá (tabla 1.2):

Si $X^2 > 12.59$ (6° de libertad), entonces la especie se asocia al descriptor altitud.

Si $X^2 < 12.59$ (6° de libertad), entonces la especie no se asocia al descriptor altitud.

Si la frecuencia corregida de presencias (FCP) > 1 , entonces la especie es más frecuente de lo esperado en ese estado o clase.

Si FCP está próximo a 1, entonces la especie es indiferente al descriptor en ese estado o clase.

Si $FCP < 1$, entonces la especie es menos frecuente de lo esperado en ese estado o clase.

Del análisis de la tabla 1.2 se concluye que la distribución de *Cedrela odorata* en el sector de Guamá depende en gran medida de la altitud, ya que $50.26 >$ que 12.59 (6° de libertad) y que es más frecuentes de lo esperado en las clases II y III (201 a 400 y 401 a 600 msnm), indiferente a la clase IV (601 a 800 msnm), menos frecuente de lo esperado en las clases I y V (1 a 200 y 801 a 1000 msnm) y ausente en las clases VI y VII (superiores a 1000 msnm). Por tanto, de este análisis se concluye que el rango altitudinal óptimo para la reforestación con *Cedrela odorata* está comprendido entre 200 a 600 msnm, aunque puede plantarse también hasta 800 msnm, ya que esta especie tiene en estas clases frecuencias corregidas de presencias (FCP) de 1.67, 1.42 y 0.98 (tabla 1.2). Por eso, al elaborar el anexo 3.2.10 correspondiente al sector Guamá, esta especie se ubicó entre las curvas de nivel de 200 y de 800 msnm (faja tropical), siempre que los suelos y los demás descriptores satisfagan también sus exigencias ecológicas.

Este mismo análisis se hizo también con *Cedrela odorata* para los restantes descriptores con que ella se asocia en el sector de Guamá (litología, temperatura anual, precipitación anual y suelo), obteniéndose así los requerimientos ecológicos para *Cedrela* y también para las restantes especies de este sector y los de Cumanayagua y Guantánamo aplicando el mismo procedimiento, los cuales se representan de forma sintética en los anexos 3.1.1 al 3.1.6 (Sector Cumanayagua), 3.2.1 al 3.2.6 (Sector Guamá) y 3.3.1 al 3.3.6 (Sector Guantánamo), y que constituyen la base para la elaboración de las matrices de zonificación silvícola (anexos 3.1.7, 3.2.7 y 3.3.7) y los perfiles (anexos 3.1.8 al 3.1.10; 3.2.8 al 3.2.9 y 3.3.8 al 3.3.9) y los mapas de zonificación silvícola y leyendas de los tres sectores estudiados (anexos 3.1.11 al 3.1.12, 3.2.10 al 3.2.11 y 3.3.10 al 3.3.11). Así como las conclusiones y recomendaciones generales del trabajo.

En ocasiones ocurre que para una especie el valor alcanzado por X^2 puede ser menor a los grados de libertad correspondiente para el descriptor considerado, en ese caso la especie en cuestión no se asocia al descriptor. Por ejemplo, *Andira inermis* no está asociada al descriptor altitud, ya que $X^2 = 9.31 < 12.59$ (valor que corresponde con 6° de libertad) tabla 1.2. Por tanto, para determinar su distribución no se tuvo en cuenta la altimetría, pero esto no significa que se distribuya en toda el área del sector, ya que algunos de los restantes descriptores limitarán su distribución. En realidad esta especie sólo se observa a una altitud inferior a los 800 metros, ya que se encuentra asociada a los suelos aluviales y pardos sin carbonatos, que se distribuyen solamente en este rango altitudinal. Otro ejemplo lo tenemos con *Cedrela odorata* que no se asocia al descriptor pendiente (anexo 3.2.3), ya que $8.51 < 9.49$ (valor que corresponde a 4° de libertad), pero este resultado no basta para afirmar que *Cedrela* se distribuye en todo el sector, porque como ya se vio cuando se analizó la altitud, ésta especie sólo encuentra condiciones ecológicas favorables entre los 200 y los 800 msnm, independientemente de la pendiente existente.

La metodología de los perfiles ecológicos toma como base los datos florísticos y geoecológicos que poseen los rodales que aparecen en las ordenaciones forestales realizadas en 1993 en Cumanayagua, 1983 en Guamá y 1982 en Guantánamo. El rodal es el concepto más importante y fundamental de la silvicultura, tanto teórico como práctico, porque rodal "es la unidad, el objeto concreto de trabajo de la silvicultura, al que se aplica determinado tratamiento o intervención en el bosque, bien sea para cultivarlo, para protegerlo o para cosecharlo", Alvarez y Varona (1988). "El rodal es la unidad primaria de recuento y evaluación, y representa un segmento uniforme por sus características de tasación, por su valor en la economía forestal y sus manejos recomendados", (Gómez y otros, 1977).

Según *González (1982)* el objetivo de la Ordenación Forestal es "el estudio integral de las áreas forestales, con la consiguiente elaboración de los proyectos de organización y desarrollo de la Economía Forestal. Su ejecución implica una zonificación silvícola, es decir la distribución de las especies forestales de acuerdo a las condiciones naturales".

1.3: Fundamentación de la selección de las áreas de estudio

Para el análisis de las condiciones geoecológicas de la flora y la vegetación, se seleccionaron 9 áreas de estudio: 6 para el análisis regional que abarcan los principales grupos montañosos de Cuba (capítulo 2) y 3 para el análisis local, que constituyen los estudios de caso (capítulo 3). Dicho análisis regional comprende las montañas de Cuba Occidental, Cuba Central, Cuba Nororiental y Cuba Suroriental. En todas estas montañas aparecen dos espectros altitudinales muy diferentes: el del grupo montañoso de Cuba Nororiental perteneciente al complejo ofiolítico y el del resto de las montañas del país sobre otras litologías. Para la caracterización y análisis del primer espectro se trazaron dos perfiles geoecológicos en dirección Sur - Norte a través de la Sierra de Mícaro – Sierra del Cristal y Cuchillas de Toa – Cuchillas de Moa (fig. 2.1).

La selección de estas montañas se debió a que son las más elevadas de Cuba Nororiental. En tanto, para el resto de las montañas de Cuba con rocas no pertenecientes al complejo ofiolítico se escogieron cuatro perfiles geoecológicos en dirección Sur - Norte que cruzan los principales grupos orográficos existentes en el país. Estos perfiles pasan por la Sierra Chiquita – Pan de Guajaibón donde se localiza la mayor altura de Cuba Occidental, las Montañas de Guamuhaya, la Sierra Maestra y la Sierra de Imías, que son las más elevadas de Cuba Central y Cuba Suroriental (fig. 2.1).

Para el análisis local (capítulo 3) se seleccionaron tres estudios de caso (sectores) que estuvieran en distintos grupos montañosos. Basado en estos argumentos y considerando que la región oriental es la más montañosa de Cuba, se escogió esta porción del país; la segunda prioridad la tuvo la parte central, donde también aparecen montañas superiores a los 1 000 m de altitud. A partir de estas premisas es lógico que un estudio de caso fuera la Sierra Maestra, que constituye la cadena montañosa más larga y elevada de Cuba. Tampoco se podía dejar fuera del estudio la región de Guantánamo, donde se distribuyen varios sistemas montañosos con alturas superiores a los 1 000 msnm. Para el tercer estudio de caso se escogió las montañas de Guamuhaya que constituye el macizo montañoso de mayor altitud fuera de la región oriental.

Estos estudios de caso corresponden a territorios administrativos denominados “Unidades Silvícolas”, en las provincias orientales cuya información es más antigua y “Granja Silvícola”, en la provincia de Cienfuegos con información más reciente que obedece a una nueva estructura administrativa de la agricultura. Sus límites en ocasiones coinciden con el del municipio o la provincia, pero también éstos pueden ser divisiones físico – geográficas dentro del mismo municipio. Estos estudios de caso se denominaron sectores, independientemente de que fueran granjas o unidades silvícolas. Basado en estos criterios, se escogieron tres sectores en municipios montañosos que tuvieran notables contrastes altimétricos y litológicos, responsables de marcadas diferencias climáticas, edáficas, florística, de vegetación, uso del suelo e influencia humana. Por eso se ubicaron en los municipios de Guamá, que presenta las mayores variaciones altitudinales del país, el de Guantánamo con una extensa área montañosa no tan elevada como en Guamá; pero con marcadas diferencias litológicas, donde se encuentran desde las rocas carbonatadas y las terrígenas carbonatadas, hasta las vulcanógenas sedimentarias y las metamórficas representadas por serpentinitas. El tercer estudio de caso se ubicó en el municipio de Cumanayagua que es el más montañoso de Cuba Central y Occidental (Figs. 3.1, 3.2 y 3.3).

1.4: Obtención y sistematización de la información

Para el análisis del componente abiótico de la zonalidad altitudinal (capítulo 2), se utilizaron mapas temáticos a escala de 1/1 000 000 e inferiores que aparecen publicados en el *Nuevo Atlas Nacional de Cuba (1989)*. Esta información general fue complementada y precisada con otras más detalladas en mapas que van desde 1: 50 000, hasta 1: 100 000. En tanto, el componente biótico de la zonalidad altitudinal fue estudiado a partir del mapa de vegetación actual a escala 1/1 000 000 que aparece en dicho atlas, (*Capote y otros, 1989*) y otras publicaciones, entre las que se encuentran las de *Samek (1974)* y muy particularmente la de *Borhidi (1996)*. Se utilizaron también, diversas colectas de plantas realizadas por distintos autores y depositadas en los herbarios del Jardín Botánico Nacional (HAJB) y del Instituto de Ecología y Sistemática (HAC).

El análisis de las zonas de humedecimiento fue complementado con 22 climogramas ombrotérmicos tomados de *Borhidi (op cit)* y ubicados en el área de estudio. Este tipo de diagrama se utiliza con mucha frecuencia en los estudios de Fitogeografía y Ecología, ya que permite conocer los meses secos, húmedos e hiperhúmedos. En este tipo de climograma los valores de las precipitaciones se doblan con respecto a la temperatura y cuando estos quedan por debajo se considera que el mes es seco y se representa por áreas punteadas (figs. 2.2 a la 2.8).

Toda esta información obtenida, bien por vía de gabinete o directamente en el campo sirvió de base para la confección de los perfiles y las matrices que ilustran y fundamentan el análisis de la zonalidad altitudinal de las montañas cubanas (anexos 2.4.1 al 2.4.4 y 2.5.1 al 2.5.6).

Para la elaboración del capítulo 3 se seleccionaron los descriptores litología, altitud, pendiente, temperatura media anual, precipitación media anual, y suelo, ya que éstos desempeñan un importante papel en la distribución de las especies vegetales en las montañas, se dispuso además

de suficiente información biótica (florística) y abiótica (mapas temáticos y datos de pendiente y suelo en cada rodal suministrados por los archivos forestales) para los tres estudios de caso. Estas seis variables fueron procesadas a través del método estadístico de los *perfiles ecológicos* mediante las siguientes cantidades de censos florísticos del estrato arbóreo obtenidos de los diferentes rodales (tabla 1.3):

Tabla 1.3: Total de censos florísticos (rodales) analizados en cada descriptor en los tres sectores.

DESCRIPTORES	CUMANAYAGUA	GUAMA	GUANTANAMO	TOTAL
Litología	281	543	303	1 127
Altitud	250	552	295	1 097
Pendiente	276	541	287	1 104
Temperatura	233	550	250	1 033
Precipitación	288	553	307	1 148
Suelo	274	543	297	1 114

Fuente: Elaborado por el autor a partir de los datos obtenidos de la Ordenación Forestal de Cumanayagua (1993), Guamá (1983) y Guantánamo (1982).

Del cruzamiento de los datos florísticos y geocológicos se obtuvieron 198 (54 de Cumanayagua, 84 de Guamá y 60 de Guantánamo) perfiles ecológicos de frecuencias corregidas expresados en 18 tablas (6 por cada sector) calculadas mediante el programa de computación *CALCPERF*, (Fariñas y Claro, 1996) que calcula los distintos tipos de perfiles ecológicos y X^2 (ji cuadrado). Para una mayor comprensión de estas 18 tablas (anexos 3.1.1 al 3.1.6, 3.2.1 al 3.2.6 y 3.3.1 al 3.3.6) se confeccionaron tres matrices (una para cada sector) donde aparecen los valores de los seis descriptores analizados (anexos 3.1.7, 3.2.7 y 3.3.7). Estas matrices permiten una interpretación más fácil de los resultados obtenidos por el método de los perfiles ecológicos y brindan la información básica para la elaboración de los perfiles geocológicos (anexos 3.1.8 al 3.1.10, 3.2.8 al 3.3.9 y 3.3.8 al 3.3.9) y los mapas de zonificación silvícola (anexos 3.1.11; 3.2.10 y

3.3.10) y las leyendas (anexos 3.1.12; 3.2.11 y 3.3.11) que constituyen junto con las conclusiones y las recomendaciones los principales resultados de la tesis.

La información para el descriptor altitud se obtuvo de las hojas topográficas a escala 1/25 000; para la litología de mapas a escalas 1/50 000 (Cumanayagua y Guantánamo) y 1/100 000 (Guamá), para la temperatura media anual del mapa 1/100 000 (Sector Guamá), mientras que para los sectores de Cumanayagua y Guantánamo se utilizó la información de 22 años que aparece en el Resumen Climático de Cuba (1991) publicado por el Instituto de Meteorología, tomándose las estaciones de Trinidad (54 msnm y 25.7°C) y Topes de Collantes (771 msnm y 20. 2°C) con una disminución de 1°C por cada 130 metros verticales (gradiente térmico de 0. 76°C por cada 100 metros) y Guantánamo (55 msnm y 25. 5°C) y La Gran Piedra (1130 msnm y 18. 5°C), con una disminución de 1°C por cada 150 metros verticales (gradiente térmico de 0. 65°C por cada 100 metros); para las precipitaciones de mapas a escalas 1/50 000 (Cumanayagua), 1/100 000 (Guamá) y 1/300 000 (Guantánamo). Los restantes descriptores (suelo, y pendiente) se obtuvieron directamente de los datos de las ordenaciones forestales realizadas en los tres sectores estudiados y expresados en mapas forestales a escala 1/25 000 y los libros de "Descripción de la Tasación" (MINAG, 1984a, 1984b, 1985a, 1985b, 1985c, 1993a y 1993b).

La información florística se obtuvo también de los libros de "Descripción de la Tasación " y de mapas forestales a escala de 1/25 000 de las Unidades Silvícolas de Guamá y de Guantánamo y de la Granja Mayarí en Cumanayagua (MINAG, *op cit*). El paso siguiente fue la selección de las especies más importante como maderables que habitan cada sector (tabla 1. 4). A partir de aquí se establecen grupos de especies con las mismas exigencias ecológicas, los que se obtuvieron de las 18 tablas ya mencionadas y que aparecen más claramente en las tres matrices del capítulo 3 (anexos 3.1.7, 3.2.7 y 3.3.7).

Tabla 1.4. Especies forestales seleccionadas en los tres sectores estudiados y analizadas mediante el método de los perfiles ecológicos (+ significa presencia).

Especies seleccionadas	Nombre común	Abreviatura	Sector Cumanay	Sector Guamá	Sector Gtmo.
<i>Andira inermis</i> (Sw) HBK.	yaba	Aj	+	+	
<i>Buchenavia tetraphylla</i> (Aubl.) How.	júcaro amarillo	Bc	+		+
<i>Calophyllum sp.</i>	ocuje	Ca			+
<i>Calycophyllum candidissimum</i> (Vahl.)DC.	dagame	Cca		+	
<i>Carpodiptera cubensis</i> Griseb.	majagüilla	Ccu		+	
<i>Cedrela odorata</i> Sw.	cedro	Co	+	+	+
<i>Cordia gerascanthus</i> L.	varia	Cg	+	+	
<i>Dipholis ekmaniana</i> Urb.	juba	Dg		+	
<i>Dipholis jubilla</i> Ekm. ex Urb.	jubilla, juba prieta	Dj		+	+
<i>Dipholis salicifolia</i> (L.) A. Dc.	cuyá	Ds			+
<i>Guarea guidonia</i> (Jacq.) P. Wills	yamao, yamagua	Gt	+	+	+
<i>Hibiscus elatus</i> Sw.	majagua	Hbsp	+	+	+
<i>Hebestigma cubense</i> (HBK) Urb.	frijolillo	Hc		+	+
<i>Juglans insularis</i> Griseb.	nogal del País	Ji	+		+
<i>Magnolia cubensis</i> Britt. Et Wills,	mantequero	Mcu	+	+	
<i>Phyllostylon brasiliensis</i> Capanema,	jatía	Phb		+	
<i>Pithecellobium arboreum</i> (L.) Urb,	sabicú moruro	Pa			+
<i>Pinus maestrensis</i> Bisse,	pino de la Maestra	Po		+	
<i>Prunus occidentalis</i> (Sw.) Roem	cuajani	Poc	+		
<i>Talauma orbicularis</i> Britt, et Wills	marañón de s. baja	Tm		+	
Total de especies en los sectores estudiados			9	14	10

Fuente: elaborado por el autor a partir de los datos obtenidos de la Ordenación Forestal realizada en Cumanayagua (1993), Guantánamo (1982) y Guamá (1983).

También se añadieron para el enriquecimiento de estos grupos, otras especies no consideradas en los perfiles ecológicos debido a su poca representatividad, las cuales aparecen en las matrices de zonificación silvícolas (anexos 3.1.7, 3.2.7 y 3.3.7). En tanto, los mapas muestran la distribución espacial de estos grupos de especies forestales (anexos 3.1.11, 3.2.10 y 3.3.10) y los perfiles su distribución altitudinal (anexos 3.1.8 al 3.1.10, 3.2.8, 3.2.9, 3.3.8 y 3.3.9). Estos perfiles

presentan el mismo formato que los confeccionados en el capítulo 2 (anexos 2.4.1, 2.4.2 y 2.5.1 al 2.5.4) donde se puede observar la distribución altitudinal de estos grupos de especies.

Todas estas etapas y pasos metodológicos seguidos en la tesis se muestran de forma sintética en el organigrama de la investigación (fig.1.1).

Para la taxonomía de las especies forestales se utilizaron los criterios de *Bisse (1988)* los cuales fueron complementados con obras más modernas como *Cuba y sus árboles*, elaborada por el *Instituto de Ecología y Sistemática en 1999*. Preferimos conservar las abreviaturas que aparecen en la Ordenación Forestal, ya que es la que actualmente utilizan los técnicos forestales. Por ejemplo, (Co) para *Cedrela odorata*, (Po) para *Pinus maestrensis*, (Gt) para *Guarea guidonia*, (Tm) para *Talauma orbicularis* etc., independientemente de que en esta tesis se encuentre actualizado el nombre científico. Finalmente, cuando se escriben de forma seguida más de una especie de un mismo género, a partir de la segunda sólo se pone la inicial del género, ej. *Ilex moaensis, I. shaferi, I. berteroi, I. hypaneura*.

1.5: Conclusiones

En esta investigación se siguió un enfoque que relaciona los componentes bióticos y abióticos de los paisajes montañosos de forma general (todas las montañas de Cuba) y detallada (porciones o sectores montañosos). Este enfoque fue el geocológico que a su vez permite el procesamiento de ambos tipos de información, utilizándose para el análisis los mismos formatos basados en matrices y perfiles geocológicos, que combinan y relacionan los aspectos bióticos y abióticos del paisaje, independientemente de la escala seleccionada.

FIG. 1.1. ORGANIGRAMA DE LA INVESTIGACION



