Propuesta metodológica para la reforestación de áreas montañosas de Cuba

Ángel Ramón Claro-Valdés [(*1)] y Wendy Castañeda-Abad [(1)]

[(1)] *Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba. E-mail: aclaro@geo.uh.cu y wendy.castaneda@geo.uh.cu*

Recibido: junio 12, 2014	Aceptado: diciembre 20, 2014

Resumen

Se elaboraron cuatro tablas que contienen los requerimientos ecológicos de seis especies de importancia forestal respecto a los descriptores altimetría, suelo y precipitación media anual y se confeccionaron cuatro mapas a partir de estas tablas que muestran la distribución óptima para estas especies en áreas montañosas de Cuba.

Palabras clave: Ordenación forestal, Perfiles ecológicos, Reforestación

Methodological proposal for Cuba' s mountainous area reforestation

Abstract

Four matrixes that contain the ecological requirements of six woods species in respect to altimetry, soil and annual mean precipitation were elaborated and four maps that show the optimal distribution for these species in mountainous area were made

Key words: Forest ordination, Ecological profiles, Reforestation

1. Introducción

La presente investigación se ubica en la porción centro-oeste del municipio Guamá, desde el río Macío en su extremo occidental hasta la coordenada 561000 m E en el límite oriental, abarca una superficie de 775 km^2 y comprende un rango altitudinal de 1972 metros, que abarca desde el nivel del mar hasta el Pico Turquino.

Ángel Ramón Claro-Valdés [(*)] Facultad de Geografía, Universidad de la Habana. Email: aclaro@geo.uh.cu

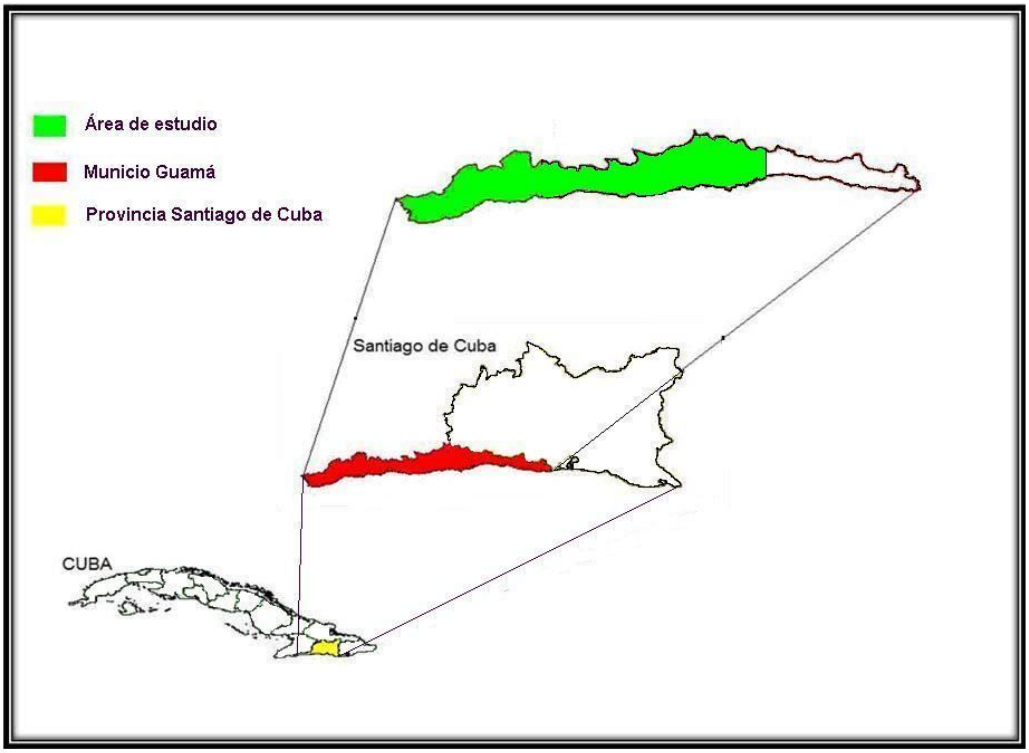


Fig. 1. Localización del área de estudio

Un análisis de la problemática de las montañas cubanas, muestra que estas pueden ser altamente productivas, al constituir fuentes de valiosos recursos naturales y muy particularmente los forestales. Sin embargo, su utilización tradicionalmente ha sido irracional, como consecuencia de prácticas agrícolas inadecuadas y la excesiva explotación de sus recursos forestales. No obstante, las montañas conservan todavía restos de vegetación natural que permiten aplicar los métodos fitogeográficos para conocer los requerimientos ecológicos de las especies arbóreas, premisa esencial para una adecuada reforestación.

Estos remanentes de bosques naturales situados en las unidades silvícolas Turquino y Guamá, del mismo municipio, fueron censados por primera vez en 1983 por personal especializado del Ministerio de la Agricultura. Independientemente, de que se realicen o no nuevas actualizaciones, la información de campo obtenida en 1983 sigue siendo válida para la presente investigación, ya que no se trata del estudio del crecimiento de las especies forestales, ni tampoco de su biomasa y densidad, sino de sus requerimientos ecológicos, es decir, pueden pasar 100 o más años y las especies que están adaptadas al clima cálido y relativamente seco de la costa seguirán existiendo en ese lugar si no son taladas, y las que viven a más de 1000 metros de altitud en un clima más frío y húmedo, continuarán encontrándose en esa altitud, ya que los procesos evolutivos son de cientos de miles de años. Por tanto, los datos obtenidos 40 años atrás mantienen su total vigencia.

De los datos forestales tomados en 1983 se extrajeron 443 rodales inventariados y se seleccionaron seis especies de importancia forestal y que a su vez estuvieran repartidas por toda el área de estudio. También se utilizaron tres descriptores de mucha importancia en la distribución de las especies y que además disponían de sus respectivos mapas, requisito imprescindible para poder aplicar el método fitogeográfico de los perfiles ecológicos.

La presente investigación tiene ante todo un valor básicamente metodológico, ya que muestra como procesar otras especies y otros descriptores en este mismo territorio o en otras áreas montañosas de Cuba tomando como ejemplo las seis especies y los tres descriptores seleccionados.

2. **Materiales y métodos**

2.1 **Materiales empleados**

Los libros de la Descripción de la Tasación de la Ordenación Forestal (área forestal) de las unidades silvícolas Guamá (1985) y Turquino (1985). Mapas forestales 1:25 000 de las unidades silvícolas Guamá (1985) y Turquino (1985) de donde se obtuvo la información de suelo de cada rodal. Mapa Isoyético Medio Anual del Municipio Guamá 1/100 000 (1995). Hojas topográficas a escala 1:50 000 Marea de Portillo 4775-I, (1985); Pico Turquino 4875-IV (1985), Bartolomé Masó 4876-III (1977), Pico Bayamesa 4876-II (1985), Uvero 4875-I (1985), Matías 4976-III (1989) y Chivirico 4975-IV (1985).

2.2 **Métodos y herramientas empleados**

El método fitogeográfico de los Perfiles Ecológicos, el método geográfico de superposición de mapas temáticos y el método cartográfico de las cuadrículas para la unificación de escalas, así como los Sistemas de Información Geográfica: MapInfo 9.0 y ArcView 3.2, el programa estadístico CALCPERF para el cálculo de las frecuencias relativas y corregidas de presencias y ji cuadrado (x^2) y el programa del paquete de Office de Windows, Microsoft Office Excel 2007, este último utilizado en la confección de los histogramas de frecuencia relativa y corregidas de presencia de dos especies.

Para determinar el carácter indicador de las especies vegetales se agrupa la información de los descriptores en clases, que constituyen perfiles ecológicos, los cuales han alcanzado cierta popularidad en Europa y sobre todo en Francia. Estos consisten en tablas o diagramas de frecuencias de una especie en función de segmentos o clases de un descriptor (González Bernáldez 1981).

Los descriptores son distintos parámetros representativos de los componentes de los paisajes, por ejemplo: litología, altimetría, temperatura media anual, precipitación anual, suelo, etc.

El concepto de perfiles ecológicos fue implantado por Gounot en 1958 para designar 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 (en Daget et Godron, 1982). Los perfiles ecológicos parten de que un mismo descriptor puede encontrarse 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, por lo cual constituyen indicadores importantes.

Al dividir los descriptores de variables continuas como la altimetría, en clases, estos se hacen discretos; es decir, el método de los perfiles ecológicos solo procesa variables discontinuas y cualitativas como la litología y los suelos, pero también variables continuas y cuantitativas si estas son previamente convertidas en discontinuas y cualitativas cuando el descriptor se divide en segmentos o clases.

Los perfiles ecológicos se dividen 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. Los perfiles elaborados* se establecen para cada especie y para cada uno de los descriptores del paisaje. Estos se subdividen en dos tipos: *los de frecuencias relativas y los de frecuencias corregidas.*

3. Resultados y discusión

En la siguiente tabla se representa el descriptor altimetría dividido en siete clases con rangos de 200 metros y las seis especies analizadas (tabla 1).

Tabla I. Perfiles ecológicos para seis especies arbóreas respecto al descriptor altimetría (en metros) en la porción centro-oeste del municipio de Guamá, provincia de Santiago de Cuba

PERFILES	**Clase I ≤200 m**	**Clase II 201-400**	**Clase III 401 - 600**	**Clase IV 601-800**	**Clase V 801-1000**	**Clase VI 1001- 1200**	**Clase VII > 1200 m**	TOTAL CENSOS
PEC	60	98	95	61	63	30	36	443
***Phyllostilon brasiliensis*(Phb), jatía**								
FAP	**20**	18	9	0	0	0	0	47
FAA	**40**	80	86	61	63	30	36	396
FRA	**0,33**	**0,18**	0,09	0,0	0,0	0,0	0,0	0,11
FCP	**3,14**	**1,73**	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	1
X^2								70,31
***Cordia gerascanthus*(Cg), varía**								

FAP	31	32	24	2	1	0	0	90
FAA	29	66	71	59	62	30	36	353
FRA	0,52	**0,33**	0,25	0,03	0,02	0,02	0,02	0,20
FCP	2,54	**1,61**	1,24	0,16	0,08	0,00	0,00	1
X^2								105,02
***Calycophyllum candidissimum*(Cca), dagame**								
FAP	0	17	10	10	5	1	0	43
FAA	60	81	85	51	58	29	36	400
FRA	0,0	0,17	0,11	0,16	0,0	0,3	0,0	0,10
FCP	0,00	1,79	1,08	1,69	0,82	0,34	0,00	1
X^2								29,78
***Cedrela odorata*(Co), cedro**								
FAP	6	19	18	7	1	0	0	51
FAA	54	79	77	54	62	30	36	392
FRA	0,10	0,19	0,19	0,11	0,02	0,0	0,0	0,12
FCP	0,85	**1,68**	**1,65**	**1,00**	0,14	0,00	0,00	1
X^2								**35,00**
***Pinus maestrensis*(Po), pino de la Maestra**								
FAP	0	1	5	13	31	15	22	87
FAA	60	97	90	48	32	15	14	356
FRA	0,0	0,01	0,05	0,21	0,49	0,50	0,61	0,20
FCP	0,0	0,05	0,27	1,09	2,51	2,55	3,11	1
X^2								148,32
***Talauma orbicularis*(Tm), marañón de la sierra baja**								
FAP	0	0	3	5	16	13	16	53
FAA	60	98	92	56	47	17	20	390
FRA	0,0	0,0	0,03	0,08	0,25	0,43	0,44	0,12
FCP	0,00	0.00	0,26	0,69	2,12	3,62	3,71	1
X^2								101,32

Los perfiles de conjunto **(PEC)** están dados por el total de rodales en cada clase, por ejemplo, si se toma la altimetría, como se hace en este trabajo, se tiene para la clase I = 60, clase II = 98, clase III = 95, clase IV = 61, clase V = 63, clase VI = 30, clase VII = 36. Total 443 rodales tabla I.

Para el cálculo de los restantes perfiles ecológicos es imprescindible determinar inicialmente los perfiles de conjunto, es decir la cantidad de rodales que hay en cada clase, esté o no presente la especie analizada.

Los perfiles de frecuencias absolutas varían de una especie a otra y son de dos tipos: los de presencias **(FAP)** que están dado por la cantidad de rodales en que está presente la especie en cada clase, y los de ausencia **(FAA)** que corresponden a la cantidad de rodales en que la especie está ausente. Los perfiles de frecuencias absolutas de ausencias **(FAA)** se obtienen restando del perfil de conjunto el valor de las presencias de la especie analizada en sus respetivas clases. Por ejemplo, *Phyllostylon brasiliensis* se encuentra en 20 rodales en la clase I, al restar este valor de 60 del perfil de conjunto se obtiene el valor 40 para las ausencias (tabla 1).

Los perfiles de frecuencias relativas de presencias **(FRP)** se obtienen dividiendo el total de rodales donde la especie está presente, entre el total de rodales del perfil de conjunto. Ejemplo, *Phyllostylon brasiliensis* está presente en 20 rodales en la clase I, donde el perfil de conjunto tiene el valor de 60. Por tanto, se tiene **20/60 = 0,33** (tabla 1).

Los perfiles de frecuencias corregidas de presencias **(FCP)** se determinan dividiendo las frecuencias relativas de presencias por las frecuencias relativas medias de presencias en el conjunto de los censos. Basado en el ejemplo de la clase I de *Phyllostylon brasiliensis*, se tiene: **20/60.47/443 = 20.443= 8860 y 60.47 = 2820. Es decir, 8860/2820 = 3,14** (tabla1).

Para calcular los perfiles de frecuencias relativas y corregidas de presencias y X^2, se utiliza el programa estadístico CALCPERF (Fariñas y Claro 2002), para realizar este cálculo es necesario no solo conocer los valores de frecuencias absolutas de presencias **(FAP)** de cada especie, sino también los de frecuencias absolutas de ausencias **(FAA).**

Los perfiles de frecuencias relativas dan valores bajos para las especies poco abundantes y más altos para las especies con mayor abundancia. Por ejemplo, para el descriptor altimetría y la clase II la frecuencia relativa de *Phyllostylon brasiliensis* es de **0,18**, en tanto *Cordia gerascanthus* en esa misma

clase posee un valor de **0,33,** que es casi el doble de la especie anterior (tabla 1, figura 2). Sin embargo, sus frecuencias corregidas en esa misma clase son muy parecidas, es decir, **1. 73** para *Phyllostylon* y **1. 61** para *Cordia* (tabla 1, figura 2). Esto trae como consecuencia que dos especies con los mismos requerimientos ecológicos, pero con diferentes valores de abundancia, no puedan ser comparadas, es decir, hay que estandarizarlas, lo cual se logra con las frecuencias corregidas.

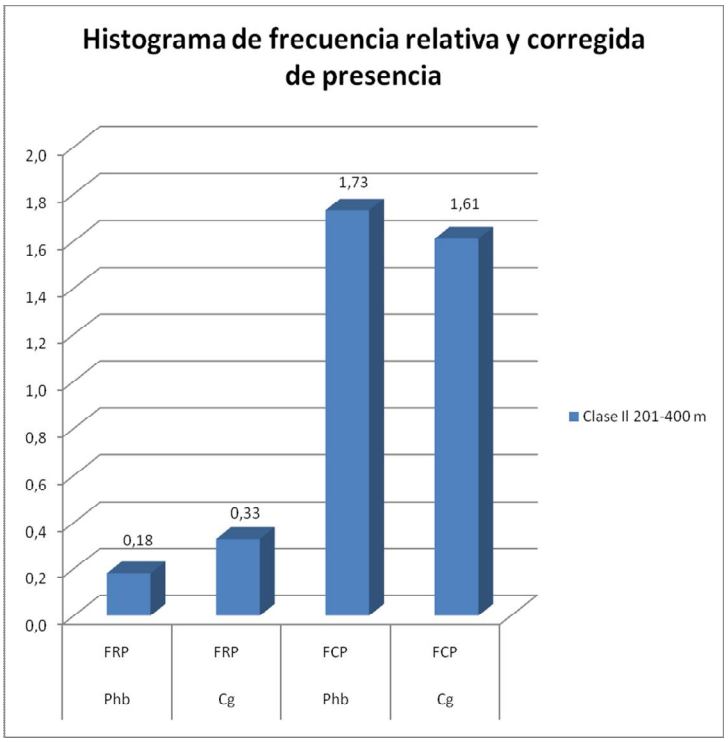


Fig.2. Histograma de Cordia gerascanthus (Cg) y Phyllostilon brasiliensis (Phb), en el cual se aprecian las notables diferencias en los valores de frecuencias relativas de presencias (FRP) entre ambas especies, a pesar de presentar los mismos requerimientos ecológicos, por lo que resulta difícil su comparación. En cambio los valores de frecuencias corregidas de presencias (FAP) son muy similares

El perfil ecológico de las frecuencias corregidas de presencias que tiene en cuenta las frecuencias medias de presencias de las especies en el conjunto de los rodales, permite deducir las similitudes ecológicas entre especies con los mismos requerimientos ecológicos, que no se apreciarían si sólo se examinan los perfiles de frecuencias absolutas de presencias o de frecuencias relativas de presencias. Por eso, para la elaboración de los mapas de distribución de las especies se utilizaron las frecuencias corregidas de presencias **(FCP)**.

Los requerimientos ecológicos de las especies pueden determinarse tanto a parir de las frecuencias corregidas de presencias como de ausencias, en este trabajo siguiendo la tradición, se tomaron los perfiles de presencias.

Los valores de frecuencias corregidas de presencias **(FCP)** 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 Reciproca (IR) especie-factor", y su cálculo de forma práctica consiste *2 [(Σ FAP) ln FAP+ Σ FAA ln FAA + NTC ln NTC) - (Σ NTC ln NTC + NPA ln NPA + NAA ln NAAT)]*. Fariñas (1996).

En donde:

FAP = Frecuencias absolutas de presencias en cada clase.
FAA = Frecuencias absolutas de ausencias en cada clase.
NTC = Número total de rodales (censos).
NTC = Número total de rodales (censos) en cada clase.
NPA = Número total de presencias absolutas en todas las clases
NAA = Número total de ausencias absolutas en todas las clases

Sustituyendo valores en la fórmula anterior para *Cedrela odorata* respecto al descriptor altimetría se tiene:

$G^2 (X^2) = 2$ [(6 ln 6 + 19 ln 19 + 18 ln 18 + 7 ln 7 + 4 ln 4 + 0 ln 0 + 0 ln 0 + 54 ln 54 + 79 ln 79 + 77 ln 77 54 ln 54 62 ln 62 + 30 ln 30 + 36 ln 36 + 51 ln 51 + 392 ln 392

$G^2 (X^2) = 2 (x - y) = 35{,}00$

El valor $G^2 (X^2)$ se obtiene directamente al correr el programa CALCPERF.

En este caso el valor de ji cuadrado (X^2) para un 5 % de probabilidad de error con 6 grados de libertad (12, 52). Es decir 35, 00 > 12, 52 (tabla I).

Basado en lo anterior, se realiza el siguiente análisis; tomando como ejemplo *Cedrela odorata* (Co) y el descriptor altimetría.

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

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

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 I, se concluye que la distribución de *Cedrela odorata* (Co) en el área de estudio depende en gran medida del descriptor altimetría, ya que **35. 00 > 12. 59 (6° de libertad)** y que es más frecuente de lo esperado en las clases II y III (201 a 400 y 401 a 600 msnm), indiferente en 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, basado en este análisis se determinó que el rango altitudinal óptimo para la reforestación con *Cedrela odorata* está comprendido entre 200 a 600 msnm (FCP > 1), aunque también puede plantarse hasta 800 msnm, ya que es indiferente en la clase de 601- 800 msnm (FCP = 1). Por eso, al elaborar el mapa de distribución de *Cedrela odorata* para el descriptor altimetría se ubicó esta especie entre las curvas de nivel de 200 y de 800 msnm, lo que no quiere decir que esta especie necesariamente ocupe toda esta área, pues también su distribución óptima depende de que las clases de los suelos y las precipitaciones anuales, satisfagan también sus requerimientos ecológicos. Ello se determina a través del método geográfico de superposición de mapas temáticos.

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. Por tanto, para determinar su distribución no se tiene en cuenta dicho descriptor. Un ejemplo se tiene con *Calycophyllum candidissimum* (Cca) y el descriptor suelo, donde **$X^2 = 7{,}62 < 11{,}10 =$** 5º de libertad (tabla 2 y 4). En este caso solo se consideró los descriptores altimetría y precipitaciones medias anuales. Es decir, el mapa final del área óptima para la reforestación con esta especie solo se obtuvo por la superposición de los mapas de estos dos últimos descriptores. Contrariamente para la obtención de los mapas finales de las restantes cinco especies fue necesario realizar las superpociones de todos los mapas de los descriptores analizados, ya que siempre el valor X^2 fue superior a los grados de libertad.

Tabla II. Perfiles ecológicos para seis especies arbóreas respecto al descriptor suelo en la porción centro-oeste del municipio de Guamá, provincia de Santiago de Cuba

PERFILES	**Clase I PG**	**Clase II P**	**Clase III PR**	**Clase IV RL**	**Clase V RA**	**Clase VI A**	**TOTAL CENSOS**
PEC	62	93	86	77	38	87	443
***Phyllostilon brasiliensis*(Phb)**							
FAP	16	15	16	0	0	0	46
FAA	46	78	70	77	38	87	397
FRA	0.26	0,16	0,19	0,0	0,0	0,0	0,11
FCP	2,43	1,52	1,75	0,00	0,00	0,00	1
X^2							64,09
***Cordia gerascanthus*(Cg)**							
FAP	39	28	20	1	1	1	90
FAA	23	65	66	76	37	86	353
FRA	0,63	0,38	0,23	0,01	0,03	0,01	0,20
FCP	3,10	1,48	1,14	0,06	0,13	0,06	1
X^2							127,52

***Calycophyllum candidissimum*(Cca)**							
FAP	3	13	12	4	3	8	43
FAA	59	80	74	73	35	79	400
FRA	0,05	0,14	0,14	0,05	0,08	0,09	0,10
FCP	0,50	1,44	1,44	0,54	0,81	0,95	1
X^2							**7,62**
***Cedrela odorata*(Co)**							
FAP	0	23	17	3	6	2	51
FAA	62	70	69	74	32	85	392
FRA	0,0	0,25	0,20	0,04	0,16	0,02	0,12
FCP	0,00	2,15	1,72	0,34	1,37	0,20	1
X^2							49,29
***Pinus maestrensis*(Po)**							
FAP	0	5	0	32	8	42	87
FAA	62	88	86	45	30	45	356
FRA	0,0	0,05	0,0	0,42	0,21	0,48	0,20
FCP	0.00	0,27	0,00	2,12	1,07	2,46	1
X^2							135,77
***Talauma orbicularis*(Tm)**							
FAP	0	2	0	17	5	29	53
FAA	62	91	86	54	33	64	390
FRA	0,0	0,02	0,0	0,24	0,13	0,31	0,12
FCP	0,00	0,02	0,24	1,68	1,21	2,86	1
X		0,20	0,00				74,25

Tabla III. Perfiles ecológicos para seis especies arbóreas respecto al descriptor precipitación media anual (en milímetro) en la porción centro-oeste del municipio de Guamá, provincia de Santiago de Cuba

PERFILES	Clase I ≤1200 mm	Clase II 1201-1600	Clase III 1601-2000	Clase IV 2001-2400	Clase V >2400 mm	TOTAL CENSOS
PEC	71	128	112	86	46	443
***Phyllostilon brasiliensis*(Phb)**						
FAP	26	18	3	0	0	47
FAA	45	110	109	86	46	396
FRA	0,37	0,14	0,03	0,0	0,0	0,11
FCP	3,45	1,33	0,25	0,00	0,00	1
X^2						74,83
***Cordia gerascanthus*(Cg)**						
FAP	38	41	9	2	0	90
FAA	33	87	103	84	46	353
FRA	0,54	0,32	0,08	0,02	0,0	0,20
FCP	2,63	1,58	0,40	0,11	0,00	1
X^2						106,96
***Calycophyllum candidissimum*(Cca)**						
FAP	7	16	13	7	0	43
FAA	64	112	99	79	46	400
FRA	0,10	0,13	0,12	0,08	0,0	0,10
FCP	1,02	1,29	1,20	0,84	0,00	1
X^2						11,14
***Cedrela odorata*(Co)**						
FAP	6	29	15	1	0	51
FAA	65	99	97	85	46	392
FRA	0,08	0,23	0,13	0,01	0,0	0,12
FCP	0,73	1,97	1,16	0,10	0,00	1
X^2						39,17
***Pinus maestrensis*(Po)**						
FAP	0	3	17	36	24	80
FAA	71	125	95	50	22	363
FRA	0,0	0,02	0,15	0,42	0,52	0,18

FCP X^2	0,0	0,13	0,84	2,32	2,89	1 114,00
***Talauma orbicularis*(Tm)**						
FAP FAA FRA FCP X^2	0 71 0,0 0,00	1 127 0,01 0,07	7 105 0,06 0,52	26 60 0,30 2,53	19 27 0,41 3,45	53 390 0,12 1 92,62

Para la digitalización de los mapas de los tres descriptores analizados se utilizó el Sistema de Información Geográfica *MapInfo 9.0.* Las clases del descriptor altimetría se digitalizaron directamente en las hojas topográficas 1:50 000, tomando como base las curvas de nivel seleccionadas. En tanto, para la digitalización de las clases del descriptor suelo se utilizó la información edáfica contenida en los rodales de los mapas forestales 1:25 000 de las unidades silvícolas Guamá y Turquino. Finalmente, para la digitalización de las clases de las precipitación media anual se empleó el mapa isoyético del municipio Guamá a escala 1:100 000.

Para la superposición de los mapas de los descriptores suelo y precipitación media anual fue necesario llevarlos a la misma escala del descriptor altimetría, requisito indispensable para la posterior superposición, lo cual se logró a través del método cartográfico de las cuadrículas.

Para la elaboración de los mapas de las especies es necesario conocer de antemano los requerimientos ecológicos de cada una de ellas, es decir, las clases preferidas en cada descriptor **(valor 1)** y las que no son preferidas **(valor 0)**, las cuales constituyen la base para el cruzamiento de los requerimientos ecológicos de cada especie con estos tres mapas de los descriptores previamente digitalizados (altimétrico, suelos, isoyético). Por ejemplo, las clases preferidas por *Cedrela odorata* (se incluye la indiferente) respecto al descriptor altimetría como ya se vio anteriormente son las II, III y IV (valor 1), ya que las frecuencias corregidas de presencias **(FCP)** tienen valores iguales o por encima de uno. Contrariamente, las clases no preferidas por esta especie son I, V, VI y VII (valor 0), porque las frecuencias corregidas de presencias **(FCP)** es inferior a uno o tienen valores de cero (tabla1 y IV).

Con esta información contenida en la tabla 4 y utilizando en este caso el Sistema de Información Geográfica ArcView se obtuvo el mapa de *Cedrela odorata* (Co) para el descriptor altimetría, después se repite el mismo procedimiento para la obtención de los mapas de esta espacie con respecto a los descriptores de suelo y precipitación media anual.

Finalmente, por el método geográfico de *superposición de mapas*, se obtiene el mapa definitivo de *Cedrela odorata* superponiéndolos de dos en dos (en el caso de utilizar *ArcView).* Ejemplo, se superponen los mapas de altimetría y precipitación media anual para *Cedrela odorata* (Co) y se tiene un nuevo mapa (Co_alt-precp), el cual se vuelve a superponer con el de suelo y se obtiene el mapa final donde esta especie presenta las mejores condiciones ecológica para su reforestación. Está claro que si hubiera un cuarto descriptor habría que realizar otra superposición para llegar al mapa final.

Tabla IV. Requisitos ecológicos de las seis especies obtenidos a través de los perfiles ecológicos en la porción centro-oeste del municipio de Guamá

Especie	Descriptor	Clases	Clases	Valor
(Phb) Jatía	Altimetría (en metros)	Clases que interesan	I (≤200), II (201-400), III (401-600),	1
		Clases que no interesan	IV (601-800), V (801-1000), VI (1001-1200), VII (>1200)	0
	Precipitación media anual (en milímetros)	Clases que interesan	I (≤1200), II (1201-1600)	1
		Clases que no interesan	III (1601-2000), IV (2001-2400), V (>2400)	0
	Suelo	Clases que interesan	I (PG), II (P), III (PR)	1
		Clases que no interesan	IV (RL), V (RA), VI (A)	0
(Cg) Varía	Altimetría (en metros)	Clases que interesan	I (≤200), II (201-400), III (401-600),	1
		Clases que no interesan	IV (601-800), V (801-1000), VI (1001-1200), VII (>1200)	0

	Precipitación media anual (en milímetros)	Clases que interesan	I (≤1200), II (1201-1600)	1
		Clases que no interesan	III (1601-2000), IV (2001-2400), V (>2400)	0
	Suelo	Clases que interesan	I (PG), II (P), III (PR)	1
		Clases que no interesan	IV (RL), V (RA), VI (A)	0
(Cca) Dagame	Altimetría (en metros)	Clases que interesan	II (201-400), III (401-600), IV (601-800),	1
		Clases que no interesan	V (801-1000),VI(1001-1200),VII (>1200)	0
	Precipitación media anual (en milímetros)	Clases que interesan	I (≤1200), II (1201-1600), III (1601-2000),	1
		Clases que no interesan	IV (2001-2400), V (>2400)	0
	Suelo	Clases que interesan	No se asocia	-
		Clases que no interesan	No se seocia	-
(Co) Cedro	Altimetría (en metros)	Clases que interesan	II (201-400), III (401-600), IV (601-800),	1
		Clases que no interesan	I (≤200), V (801-1000), VI (1001-1200), VII (>1200)	0
	Precipitación media anual (en milímetros)	Clases que interesan	II (1201-1600), III (1601-2000),	1
		Clases que no interesan	I (≤1200), IV (2001-2400), V (>2400)	0
	Suelo	Clases que interesan	II (P), III (PR), V (RA),	1
		Clases que no interesan	I (PG), IV (RL), VI (A)	0
(Po) Pino de la Maestra	Altimetría (en metros)	Clases que interesan	IV (601-800), V (801-1000), VI (1001-1200), VII (>1200)	1
		Clases que no interesan	I (≤200), II (201-400), III (401-600),	0
	Precipitación media anual (en milímetros)	Clases que interesan	IV (2001-2400), V (>2400)	1
		Clases que no interesan	I (≤1200), II (1201-1600), III (1601-2000),	0
	Suelo	Clases que interesan	IV (RL), V (RA), VI (A)	1
		Clases que no interesan	I (PG), II (P), III (PR),	0
(Tm) Marañón de la sierra baja	Altimetría (en metros)	Clases que interesan	V (801-1000), VI (1001-1200), VII (>1200)	1
		Clases que no interesan	I (≤200), II (201-400), III (401-600), IV (601-800),	0
	Precipitación media anual (en milímetros)	Clases que interesan	IV (2001-2400), V (>2400)	1
		Clases que no interesan	I (≤1200), II (1201-1600), III (1601-2000),	0
	Suelo	Clases que interesan	IV (RL), V (RA), VI (A)	1
		Clases que no interesan	I (PG), II (P), III (PR)	0

Como resultados fianles que sintetizan toda la información se obtuvieron 18 perfiles ecológicos (tres por cada especie) correspondientes a los descriptores de altimetría, suelo y precipitación media anual.

Los requerimientos ecológicos óptimos para cada una de las seis especies analizadas obtenidos a través de los perfiles ecológicos (tablas I, II, III, IV) son los siguientes:

Phyllostilon brasiliensis Capanema, jatía (Phb). Su distribución óptima para la reforestación se encuentra en la faja costera por debajo de los 400 m de altitud, con precipitaciones inferiores a 1 600 mm anuales, en suelos Pardo Grisáceo, Pardo sin Carbonato y Fersialítico Pardo Rojizo (tabla 4, fig. 3).

Cordia gerascanthus L., varía (Cg). Su distribución óptima para la reforestación alcanza hasta 600 msnm con precipitaciones inferiores a 1 600 mm anuales, en suelo Pardo Grisáceo, Pardo sin Carbonato y Fersialítico Pardo Rojizo (tabla 4, fig. 4).

Calycophyllum candidissimum (Vahl.) DC, dagame (Cca). Su distribución óptima para la reforestación se encuentra entre 200 a 800 msnm, con precipitaciones hasta 2 000 mm anuales, independientemente de los suelos (tabla 4, fig.5).

Cedrela odorata Sw, cedro (Co). Su distribución óptima para la reforestación se localiza entre los 200 y 800 msnm, con precipitaciones entre 1 200 y 2 000 mm anuales, en suelos Pardo sin Carbonato, Fersialítico Pardo Rojizo y Ferralítico Rojo Amarillo (tabla 4, fig. 6).

Pinus maestrensis Bisse, pino de la Maestra (Po). Especie exclusiva de la Sierra Maestra. Su distribución óptima para la reforestación se encuentra por encima de los 600 msnm, con precipitaciones mayores de 2 000 mm anuales, en los suelos Ferralítico Rojo Lixiviado, Ferralítico Rojo Amarillo y Ferralítico Amarillo (tabla 4, fig. 4).

Talauma orbicularis Britt, et Wills, marañón de la sierra baja (Tm)**.** Especie exclusiva de la Sierra Maestra. Su distribución óptima para la reforestación se encuentra por encima de 800 msnm, con precipitaciones superiores a 2 000 mm anuales, en suelos Ferralítico Rojo Lixiviado, Ferralítico Rojo Amarillo y Ferralítico Amarillento (tabla 4, fig. 6).

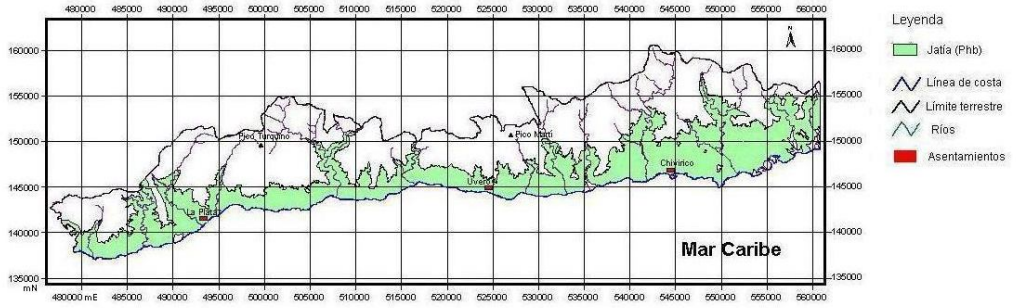


Fig. 3. Distribución óptima para la reforestación con *Phyllostylon brasiliensis* (Phb) en la porción centro-oeste del municipio Guamá, Santiago de Cuba

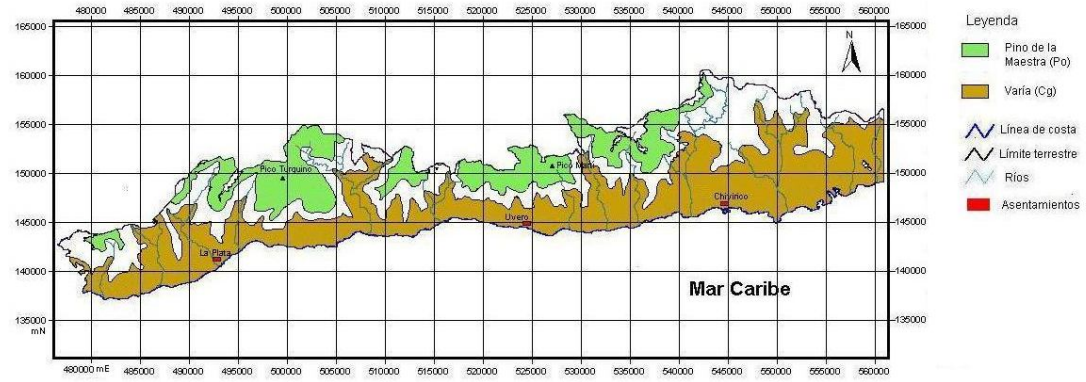


Fig. 4. Distribución óptima para la reforestación con *Cordia gerascanthus* (Cg) *y Pinus maestrensis* (Po) en la porción centro-oeste del municipio Guamá, Santiago de Cuba

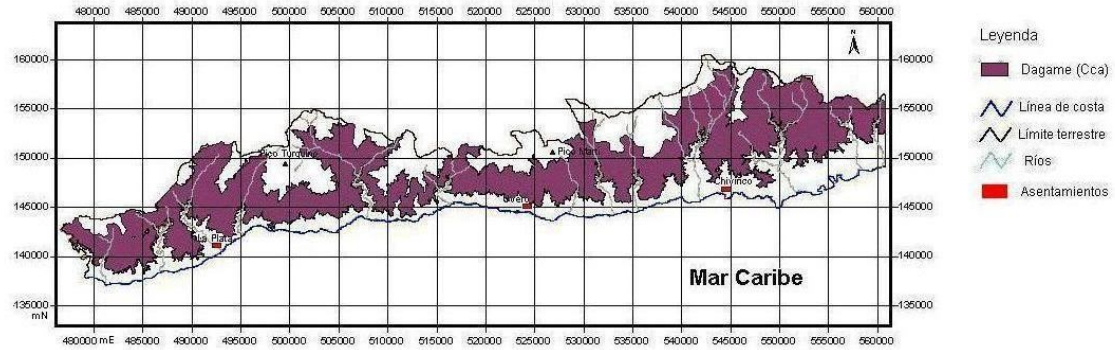


Fig. 5. Distribución óptima para la reforestación con *Calycophyllum candidissimum* (Cca) en la porción centro-oeste del municipio Guamá, Santiago de Cuba

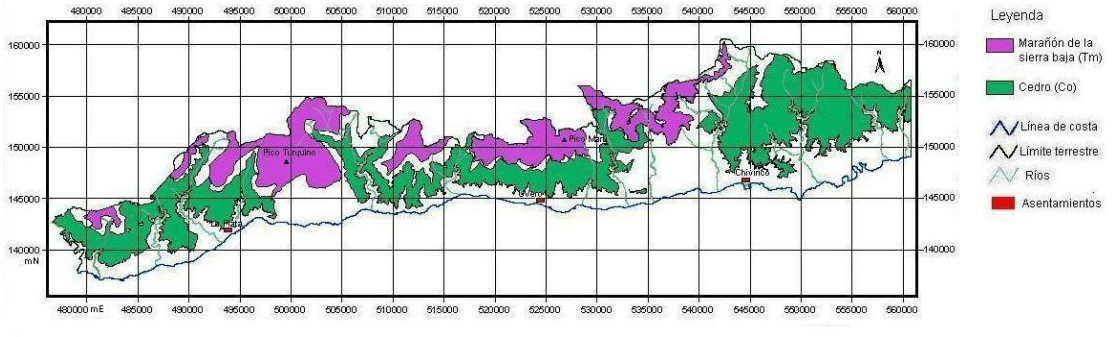


Fig. 6. Distribución óptima para la reforestación con *Talauma orbicularis* (Tm) y *Cedrela odorata* (Co) en la porción centro-oeste del municipio Guamá, Santiago de Cuba

Conclusiones

Se comprobó la existencia de una zonalidad altitudinal con especies propias de la faja tropical (*Phyllostylon brasiliensis, Cordia gerascanthus, Cedrela odorata y Calycophyllum candidissimum)* y especies básicamente de la faja subtropical (*Pinus maestrensis y Talauma orbicularis*)

Las especies con mayor distribución son: *Calycophyllum candidissimum* con 425, 8 km^2 y 54,9 %, *Cordia gerascanthus* con 382,8 km^2 y 49,4 %; con distribución intermedia: *Phyllostylon brasiliensis* con 322,1 km^2 y 41,6 % y *Cedrela odorata* 285,1 km^2 y 36,8 % y las de menor distribución *Talauma orbicularis* 140,0 km^2 y 18,1 % y *Pinus maestrensis* 139,9 km^2 y 18,0 %.

Se demostró que los descriptores seleccionados tienen una marcada influencia en la distribución de las especies analizadas, ya que todas se asocian excepto *Calycophyllum candidissimum* al descriptor suelo.

Referencias

Bisse, J. 1988. *Arboles de Cuba.* Ed. Científico Técnica. La Habana, Cuba. 84 pp

Castañeda, W. 2013. *Distribución óptima de algunas especies forestales en el sector Turquino (municipio Guamá), mediante el empleo de los SIG*. Diploma, Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Cuba. 82 pp.

Claro A. R.1996. *Propuesta de Ordenación Agrosilvícola de la U.S. Guamá: Provincia Santiago de Cuba*. Maestría, Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Cuba. 89 pp.

Claro A. R. 2002. *La distribución de especies forestales en las montañas de Cuba y su relación con las condiciones geoecológicas*. Doctorado, Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Cuba. 118 pp.

Daget, Ph et Godron M. 1982. *Analyse fréquentielle de l' écologie des espèces dans les communautés*. Edit. Masson et Cia. Paris, France, 163 pp.

Fariñas, M. R. 1996. Análisis de la Vegetación y sus relaciones con el Ambiente Mediante Métodos de Ordenamiento. T. de Ascenso. CIELAT. Facultad de Ciencias. ULA. Mérida, Venezuela., 289 pp.

Fariñas M. R. y Claro, A. R. 1996. CALCPERF (programa estadístico). Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Cuba.

González Bernáldez, F. 1981. *Ecología y Paisajes*. Edit. H. Blume, Madrid, España, 250 pp.

Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. Hojas cartográficas a escala 1:50 000: Marea de Portillo 4775-I (1985); Pico Turquino 4875-IV (1985), Bartolomé Masó 4876-III (1977), Pico Bayamesa 4876-II (1985), Uvero 4875-I, (1985), Matías 4976-III (1989) y Chivirico 4975-IV (1985).

Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. 1995. Mapa Isoyético Medio Anual del Municipio Guamá 1/100 000. (Período 1970 a 1990). La Habana, Cuba.

Ministerio de La Agricultura. 1985. Descripción de la Tasación de la Ordenación Forestal (área forestal). Unidad Silvícola Guamá. La Habana, Cuba., 662 pp.

Ministerio de La Agricultura. 1985. Mapa Forestal 1/25 000. Unidad Silvícola Guamá. La Habana, Cuba.

Ministerio de La Agricultura. 1985**.** Descripción de la Tasación de la Ordenación Forestal (área forestal. Unidad Silvícola Turquino. La Habana, Cuba., 200 pp.

Ministerio de La Agricultura. 1985. Mapa Forestal 1/25 000. Unidad Silvícola Turquino. La Habana, Cuba.

Pérez, C. 2012. Zonificación Silvícola del Sector Uvero, Municipio de Guamá. Diploma. Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Cuba. 80 pp.

Ramos, Y. 2012. Zonificación silvícola del sector Chivirico, en la vertiente sur de la Sierra Maestra. Diploma, Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Cuba. 70 pp.

Acerca de los autores:

Ángel Ramón Claro-Valdés: Profesor Titular de la Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Licenciado en Geografía, 1970. Universidad de La Habana, Cuba. Con 42 años de experiencia en la labor profesoral, es Máster en Geografía, Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial. Doctor en Ciencias Geográficas, desde el año 2002, ha impartido numerosos cursos de postgrado y asesorado tesis de maestrías y diplomas, cuenta con numerosas publicaciones entre ellos artículos y libros de texto. Cuenta con una amplia participación en eventos científicos de su especialidad.

Wendy Castañeda Abad: Licenciada en Geografía en proceso de adiestramiento profesional.
Facultad de Geografía de la Universidad de La Habana, Cuba. Profesora de la facultad en adiestramiento. Forma parte del Grupo de investigación, Desarrollo Regional y Local. Participa en Investigaciones acerca de la Zonificación de especies marinas en Punta Francés Isla de la Juventud y distribución óptima de especies forestales, municipio Guamá, Santiago de Cuba.