

Exigencias ecológicas de especies forestales para su distribución geográfica en la provincia de Loja, Ecuador

Oscar Rodrigo Ordóñez-Gutiérrez ^(*1), Ángel Ramón Claro-Valdés ⁽²⁾ y Katusca Janet Valarezo-Aguilar ⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.*

E-mail: oscarod21@yahoo.com y katuvalarezo@hotmail.com

⁽²⁾ *Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba. E-mail: aclaro@geo.uh.cu*

Recibido: julio 2017	Aceptado: enero 2018
----------------------	----------------------

Resumen

La investigación se llevó a cabo en los relictos de bosques montanos de los cantones Loja y Catamayo, provincia de Loja, entre 800 y 3 600 m, snmm. Con el propósito de realizar una zonificación silvícola para 13 especies forestales nativas de importancia ecológica y económica en los relictos de bosques antes señalados, así como conocer las características bio-físicas más determinantes para la reforestación de especies forestales en Loja, se conjugaron cinco variables, tales como altitud, suelo, temperatura, precipitación y geología. Para ello se utilizaron registros georreferenciados de las especies, los cuales fueron analizados mediante descriptores ecológicos aplicando el método de perfiles ecológicos y un modelamiento de distribución, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se determinaron rangos óptimos de distribución de las especies y se elaboró el mapa de zonificación silvícola a escala 1:250 000. La altitud, fue el descriptor ecológico más determinante para definir y delimitar las áreas a reforestar. Los resultados servirán para la reforestación con especies nativas, basados en condiciones físicas y ecológicas de cada área.

Palabras clave: perfiles ecológicos, descriptores ecológicos, zonificación silvícola.

Ecological requirements of forest species for their geographical distribution in the province of Loja, Ecuador

Abstract

The research was done in the relicts of montane forests in the cantons of Loja and Catamayo, province of Loja, between 800 and 3600 m above sea level. With the purpose of carrying out a forestry zoning for 13 native forest species of ecological and economic importance in the relicts of forests, as well as knowing the most decisive bio-physical characteristic for the reforestation of forest species in Loja, there were combined five variables, such as, altitude, soil, temperature, precipitation and geology. For this, georeferenced records of the species were used, which were analyzed by ecological descriptors applying the ecological profiles method and a modeling of distribution using Geographic Information Systems (GIS). Optimal ranges of species distribution were determined and the silvicultural zoning map was drawn up at a scale of 1: 250000. The altitude was the most decisive ecological descriptor to define and delimit the areas to be reforested. The results will be used for reforestation projects with native species based on physical and ecological conditions of each area.

Keywords: ecological profiles, ecological descriptors, silvicultural zoning

1. Introducción

Ecuador tiene más especies de plantas por unidad de área que cualquier otro país de América del Sur y es considerado a nivel mundial como uno de los países con gran diversidad biológica debido a que alberga el 75 % de todos los animales vertebrados y plantas con tan solo el 10 % del territorio mundial, dando hogar aproximadamente a 219 mil especies que lo ubican en el puesto número 17 del listado de los países megadiversos del mundo (Ministerio del Ambiente, 2010). La flora constituye el 7,68 % a nivel mundial de plantas vasculares encontradas en cuanto a su diversidad vegetal se refiere, se han registrado 2 433 especies nuevas para el país, de las cuales 1 663 especies son nuevas para la ciencia (Bisby et al., 2011; Neill y Ulloa-Ulloa, 2011). Para el país se han reportado 18 198 especies vegetales, de las cuales 17 748 son nativas y consideradas endémicas alrededor de 4 500 (León-Yáñez et al., 2011). Esto se atribuye a los pisos altitudinales, su singular topografía, su diversidad de zonas climáticas, a la taxonomía del suelo debido a la presencia misma de Los Andes (Ministerio Turismo del Ecuador, 2014). Y a la exposición diferencial entre la cordillera oriental y la occidental, y a la complejidad geológica y geomorfológica.

La mayor diversidad florística del país está concentrada en la Región Andina (9 865 especies) que representa el 64 % (Jørgensen y León, 1999). Se estima que, entre los 900 y 3 000 m, snmm (10 % del territorio ecuatoriano) crece cerca de la mitad de las especies de plantas (Balslev, 1988 en Sierra, 1999). La vegetación de la región sur del Ecuador es considerada como la más diversa y rica del planeta, formada por diferentes tipos de flora, que cambian de acuerdo a sus diferencias geográficas, climáticas y otros factores biológicos de la zona (Madsen et al., 2002).

Al sur de la región Interandina está la provincia de Loja, donde existen fuertes contrastes geomorfológicos: los valles son planos o brevemente ondulados, las colinas y montañas tienen fuerte pendiente, motivo por el cual Cañadas (1983) basado en el sistema de clasificación propuesto por Holdridge (1967), define para la provincia de Loja, 11 de las 25 zonas de vida que existen en Ecuador, donde confluye una alta diversidad de especies vegetales y animales.

Los bosques montanos de la provincia de Loja tienen características muy particulares, debido a condiciones naturales como: geología, relieve, suelo y clima; y, están compuestos por diferentes tipos de formaciones vegetales, con un alto endemismo de especies de flora y fauna, que generalmente se ubican en laderas y hondonadas. Mientras que, en las crestas de montaña, el bosque se vuelve más pequeño “achaparrado” y tiene una distribución bastante amplia en la cordillera de Los Andes. Esta formación se encuentra en un rango altitudinal entre los 800 y 2 900 m, snmm y se la conoce también como bosque nublado. Sierra (1999) la clasifica como bosque siempreverde montano bajo (1 300 - 1 800 m, snmm) y bosque de neblina montano (1 800 - 2 800 m, snmm).

Las diferentes formaciones vegetales y su riqueza en biodiversidad, juegan un papel importante tanto en el desarrollo económico como ambiental de la población, ya que provee de bienes y servicios ambientales. Pese a su importancia, grandes áreas de bosques han sido destruidas con fines de ampliar la frontera agropecuaria y aprovechar las especies de valor comercial, quedando en la actualidad pequeños remanentes de bosques aislados. Esta situación ha despertado el interés de instituciones públicas y privadas para ejecutar proyectos de desarrollo alternativos y de reforestación con diferentes fines de plantación, orientados a suplir las necesidades de las poblaciones locales y a conservar los relictos de bosques nativos, pero no se han utilizado métodos o técnicas para identificar los requerimientos ecológicos que tienen las especies para realizar un adecuado ordenamiento forestal en un territorio determinado.

Para fines de reforestación, los perfiles ecológicos aportan información importante para rehabilitar los territorios montañosos con potencialidades forestales. En este aspecto los perfiles ecológicos brindan una herramienta metodológica de gran aplicación que permite realizar una adecuada zonificación silvícola y con ello lograr un óptimo aprovechamiento de estas áreas. La zonificación es el proceso de clasificar el territorio en zonas potenciales en función de la vegetación, el relieve y el suelo, lo cual permite identificar sitios óptimos en un área determinada (parte alta, media y baja) (SERFOR, 2016). Según Martínez (2008), la zonificación forestal permite determinar espacialmente el uso del territorio, en cuanto a su potencial natural, lo cual es un aspecto importante para el desarrollo de prácticas forestales sustentables.

El método de los *perfiles ecológicos* es una de las formas más efectivas y simples del análisis fitoecológico. De acuerdo con este método 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 (Claro, 2002). Los descriptores son distintos parámetros representativos de los componentes geocológicos de los paisajes.

El objetivo de la investigación es realizar una zonificación silvícola de los territorios deforestados, con vocación forestal para 13 especies forestales nativas representativas, de importancia ecológica y económica en zonas deforestadas de los bosques montanos en los cantones de Loja y Catamayo, utilizando el método de los perfiles ecológicos y Sistemas de Información Geográfica (SIG).

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

El área de estudio comprende los cantones de Loja y Catamayo que se ubica en la provincia de Loja, al sur del Ecuador. Las coordenadas geográficas se enmarcan entre: 04°13' de latitud Sur y 79°19' de longitud Oeste. La altitud media es de 1 450 m,snmm.Limita al norte con la provincia de Zamora Chinchipe y los cantones de Saraguro (provincia de Loja) y Portovelo (provincia de El Oro), al sur y este, con la provincia de Zamora Chinchipe y al oeste con los cantones lojanos de Chaguarpamba, Olmedo, Paltas, Gonzanamá,Quilanga y Espíndola; y tiene una superficie de 2 534 km², equivalente al 23 % del territorio provincial (11 026 km²) (Fig. 1).

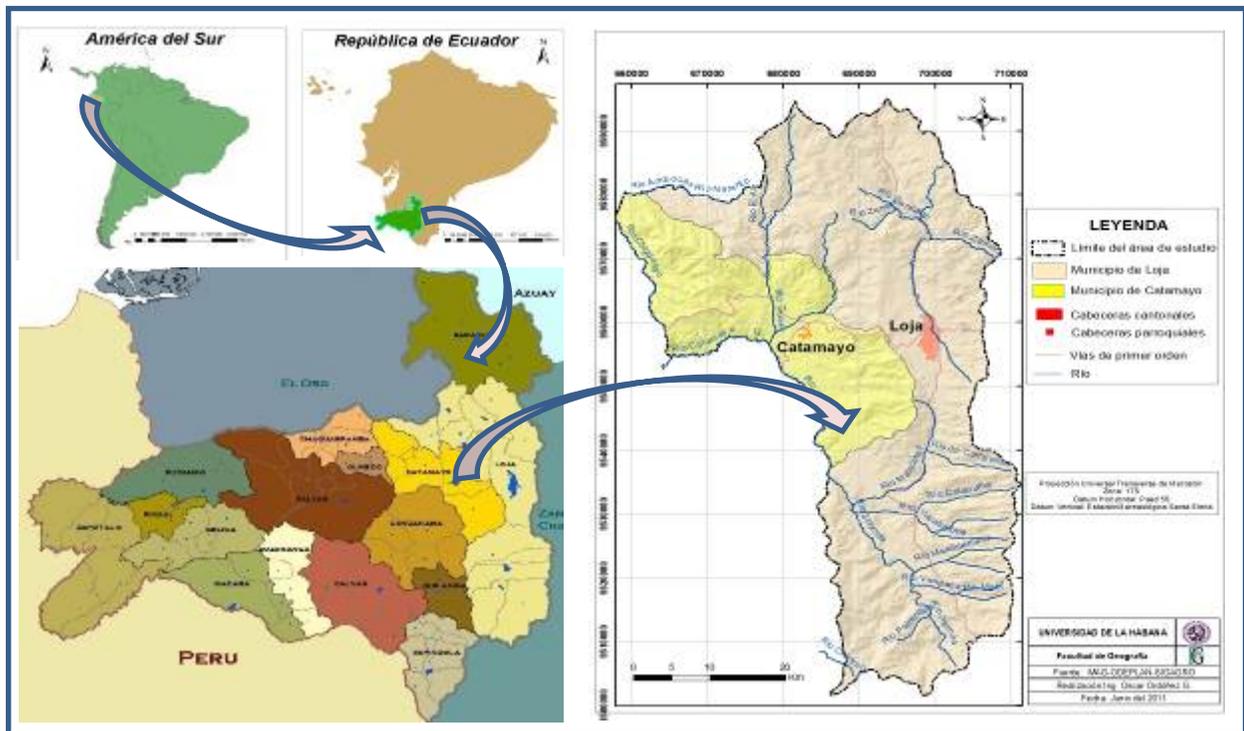


Fig. 1. Ubicación del área de estudio, en el contexto nacional, regional y provincial

2.2. Materiales y métodos

Para elaborar la base de datos de las especies forestales nativas de la provincia de Loja, se usó información secundaria de estudios florísticos y de la base de datos de los registros de las colecciones botánicas del Herbario Reinaldo Espinoza (Universidad Nacional de Loja), Herbario Nacional del Ecuador, del Ministerio del Ambiente y de registros colectados por el autor. Los registros georreferenciados de las especies fueron representados cartográficamente para la aplicación del método de los perfiles ecológicos y realizar el modelamiento de distribución de las especies mediante la utilización de SIG.

Los descriptores o variables ambientales utilizados para determinar las exigencias ecológicas de las especies fueron: geología, altitud, temperatura, precipitación y suelos. Cada variable ambiental o descriptor ecológico fue subdividida en cinco intervalos. Por ejemplo, en el descriptor altitud, para la distribución de las parcelas y registros de especies en el área de estudio se consideraron cinco rangos altitudinales con intervalos de 400 metros cada uno (< 1 600 - > 2 800m,snmm).

La información florística conjuntamente con la cartográfica de la geología, clima, relieve y suelos generada a una escala 1:250 000, fue procesada a través de los *perfiles ecológicos* mediante el software CALPERF. La aplicación del método de los perfiles ecológicos para cada especie, es la base para la elaboración del mapa de zonificación silvícola del área estudiada.

2.3. Análisis de datos: cálculo de los perfiles ecológicos

Para calcular los perfiles ecológicos se siguió la metodología planteada por Daget y Godron (1982) que consiste en una serie de tablas de frecuencias (absolutas, relativas o corregidas) de una especie, en función a la magnitud de una clase o parte de un factor considerado (Sarmiento, 2001). Mateo, Felicísimo y Muñoz (2012) aseveran que las especies están limitadas por factores ecológicos, que determinan su distribución, por ello, una especie solo puede estar presente en ciertos valores combinados de estas variables. Esto es corroborado por Rueda et al. (2013), quien afirma que la distribución de las especies, está en función de los requerimientos ecológicos y de las condiciones ambientales del ecosistema terrestre.

El método de los perfiles ecológicos solo procesa variables discontinuas y cualitativas como la litología y los suelos, por lo que las variables continuas y cuantitativas deben ser previamente convertidas en discontinuas y cualitativas. Esta conversión puede ser obtenida dividiendo los descriptores de variables continuas en clases (Claro-Valdés y Castañeda-Abad, 2014).

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 descriptor del paisaje. Estos se subdividen en dos tipos: *los de frecuencias relativas* y *los de frecuencias corregidas* (Claro, 2002).

Los perfiles de frecuencias absolutas presentan el número de presencias o de ausencias de una especie particular en la clase del descriptor considerado. Esto origina dos nuevos perfiles ecológicos: los perfiles de frecuencias absolutas de presencias y los perfiles de frecuencias absolutas de ausencias (Tabla 1). Cabe mencionar que, aunque en este caso no se utilizan los valores de las frecuencias absolutas de ausencia es necesario incluirlas ya que el software, lo exige para poder hacer todos los cálculos.

Los perfiles de frecuencias relativas de una especie referente a un descriptor, son el producto de la división del número de censos florísticos que contiene la especie en el perfil de frecuencia absoluta de presencias entre el perfil de conjunto.

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 entre 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 (FCP) (Tabla 1).

Los valores de frecuencias corregidas obtenidas se comparan con el doble del Logaritmo Neperiano que sigue una distribución de X^2 y se conoce como el test de G^2 (Fariñas y Claro, 1996). El valor G^2 se denomina “Información Recíproca (IR) especie – factor”, y se calcula de forma práctica con la siguiente fórmula:

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

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.

Para saber si la presencia de una especie en un territorio depende de un descriptor analizado, se compara el valor de los grados de libertad con el X^2 de la especie, si los grados de libertad son mayores a los de X^2 de la especie, ésta no guarda relación con el descriptor. Con lo que se deduce lo siguiente: *si la frecuencia corregida de presencias (FCP) > 1, entonces la especie es más frecuente de lo esperado en ese estado o clase. Pero, si FCP está próximo a 1, entonces la especie es indiferente al descriptor en ese estado o clase. Y, si FCP < 1, entonces la especie es menos frecuente de lo esperado en ese estado o clase.*

Representación cartográfica

Los registros georreferenciados de las especies forestales fueron analizados y relacionados con los descriptores ambientales por el método de los perfiles ecológicos. Los resultados de las relaciones especie-descriptor fueron representados cartográficamente mediante los SIG.

Para la representación cartográfica de los registros de las especies forestales se utilizó un tamaño de pixel de 2 km² y se obtuvo el número de parcelas que se encuentran distribuidas en el área de estudio, así como el número de

individuos y especies por parcela para cada descriptor: altitud, geología, precipitación, temperatura y suelos. Con la información cartográfica utilizada para elaborar los mapas de distribución de cada especie, se generó el mapa de zonificación silvícola para 13 especies forestales. Para ello se tomaron los datos más relevantes de los requerimientos ecológicos de los descriptores (altitud, geología, clima y suelos) de cada especie que fueron obtenidos por el método de los perfiles ecológicos (Tabla 2).

3. Resultados y discusión

Se obtuvieron datos de registros georreferenciados de 24 especies forestales nativas de importancia económica y ecológica para la provincia de Loja, los mismos que fueron representados cartográficamente para seleccionar las especies que presentan como mínimo 10 registros en sitios diferentes con el fin de tener una mayor efectividad en la aplicación del método de los perfiles ecológicos, por ello se eliminaron once especies que no contaban con el mínimo de registros.

De las 13 especies seleccionadas y representadas cartográficamente, se obtuvieron 132 parcelas que agruparon 232 registros florísticos, el 69 % de las parcelas y el 74 % de los registros de las especies se concentran en los rangos altitudinales (2 000 - 2 800 m, snmm).

Los datos florísticos de los descriptores ecológicos fueron depurados y luego procesados digitalmente. Se obtuvieron como resultado 65 perfiles de conjunto, de frecuencias absolutas, relativas y corregidas (Tabla 1).

Tabla I. Perfiles ecológicos de conjunto (PEC), frecuencias absolutas de presencia (FAP), frecuencias absolutas de ausencia (FAA), frecuencias relativas de presencia (FRP) y frecuencias corregidas de presencias (FCP) e información recíproca especie – factor (X^2) para las 13 especies forestales, respecto al descriptor altitud.

Perfiles	Clase I (<1600 m)	Clase II (1601 - 2000 m)	Clase III (2001-2400 m)	Clase IV (2401-2800 m)	Clase V (> 2800 m)	TOTAL CENSOS
PEC	11,00	20,00	56,00	35,00	10,00	132,00
<i>Alnusacuminata (Ala)</i>						
FAP	1,00	2,00	8,00	4,00	0,00	15,00
FAA	10,00	18,00	48,00	31,00	10,00	117,00
FRP	0,09	0,10	0,14	0,11	0,00	0,11
FCP	0,80	0,88	1,26	1,01	0,00	1,00
X²	0,06	0,04	0,44	0,00	2,41	2,95
<i>Annonacherimola (Ach)</i>						
FAP	1,00	5,00	3,00	0,00	0,00	9,00
FAA	10,00	15,00	53,00	35,00	10,00	123,00
FRP	0,09	0,25	0,05	0,00	0,00	0,07
FCP	1,33	3,67	0,79	0,00	0,00	1,00
X²	0,08	6,48	0,20	4,94	1,41	13,12
<i>Caesalpiniaspinosa (Csp)</i>						
FAP	7,00	6,00	16,00	1,00	0,00	30,00
FAA	4,00	14,00	40,00	34,00	10,00	102,00
FRP	0,64	0,30	0,29	0,03	0,00	0,23
FCP	2,80	1,32	1,26	0,13	0,00	1,00
X²	8,38	0,56	1,03	11,41	5,16	26,55
<i>Orepanaxrosei (Oro)</i>						
FAP	1,00	3,00	9,00	3,00	0,00	16,00
FAA	10,00	17,00	47,00	32,00	10,00	116,00
FRP	0,09	0,15	0,16	0,09	0,00	0,12
FCP	0,75	1,24	1,33	0,71	0,00	1,00
X²	0,10	0,15	0,75	0,46	2,58	4,04
<i>Podocarpusoleifolius (Pol)</i>						
FAP	0,00	0,00	6,00	5,00	4,00	15,00
FAA	11,00	20,00	50,00	30,00	6,00	117,00
FRP	0,00	0,00	0,11	0,14	0,40	0,11
FCP	0,00	0,00	0,94	1,26	3,52	1,00
X²	2,65	4,83	0,02	0,28	5,39	13,17

Tabla I. Continuación...

Perfiles	Clase I (<1600 m)	Clase II (1601 - 2000 m)	Clase III (2001-2400 m)	Clase IV (2401-2800 m)	Clase V (> 2800 m)	TOTAL CENSOS
PEC	11,00	20,00	56,00	35,00	10,00	132,00
<i>Pouterialucuma (Plu)</i>						
FAP	1,00	3,00	6,00	3,00	0,00	13,00
FAA	10,00	17,00	50,00	32,00	10,00	119,00
FRP	0,09	0,15	0,11	0,09	0,00	0,10
FCP	0,92	1,52	1,09	0,87	0,00	1,00
X ²	0,01	0,52	0,05	0,07	2,07	2,72
<i>Clethrafiimbriata (Cfi)</i>						
FAP	1,00	4,00	14,00	11,00	2,00	32,00
FAA	10,00	16,00	42,00	24,00	8,00	100,00
FRP	0,09	0,20	0,25	0,31	0,20	0,24
FCP	0,38	0,82	1,03	1,30	0,82	1,00
X ²	1,68	0,20	0,02	0,93	0,10	2,94
<i>Clethra revoluta (Cre)</i>						
FAP	0,00	1,00	6,00	9,00	3,00	19,00
FAA	11,00	19,00	50,00	26,00	7,00	113,00
FRP	0,00	0,05	0,11	0,26	0,30	0,14
FCP	0,00	0,35	0,74	1,79	2,08	1,00
X ²	3,42	1,84	0,67	3,07	1,59	10,58
<i>Clethraovalifolia (Cov)</i>						
FAP	0,00	1,00	3,00	10,00	3,00	17,00
FAA	11,00	19,00	53,00	25,00	7,00	115,00
FRP	0,00	0,05	0,05	0,29	0,30	0,13
FCP	0,00	0,39	0,42	2,22	2,33	1,00
X ²	3,03	1,40	3,51	6,01	2,01	15,96
<i>Cinchonaofficinalis (Cof)</i>						
FAP	1,00	3,00	15,00	7,00	1,00	27,00
FAA	10,00	17,00	41,00	28,00	9,00	105,00
FRP	0,09	0,15	0,27	0,20	0,10	0,20
FCP	0,44	0,73	1,31	0,98	0,49	1,00
X ²	1,05	0,39	1,29	0,00	0,79	3,53
<i>Morella pubescens (Mpu)</i>						
FAP	0,00	1,00	7,00	5,00	2,00	15,00
FAA	11,00	19,00	49,00	30,00	8,00	117,00
FRP	0,00	0,05	0,13	0,14	0,20	0,11
FCP	0,00	0,44	1,10	1,26	1,76	1,00
X ²	2,65	0,99	0,07	0,28	0,62	4,61
<i>Nectandra laurel (Nla)</i>						
FAP	0,00	2,00	4,00	5,00	0,00	11,00
FAA	11,00	18,00	52,00	30,00	10,00	121,00
FRP	0,00	0,10	0,07	0,14	0,00	0,08
FCP	0,00	1,20	0,86	1,71	0,00	1,00
X ²	1,91	0,07	0,11	1,36	1,74	5,19
<i>Oreopanaxandreaum (Oan)</i>						
FAP	0,00	0,00	3,00	8,00	2,00	13,00
FAA	11,00	20,00	53,00	27,00	8,00	119,00
FRP	0,00	0,00	0,05	0,23	0,20	0,10
FCP	0,00	0,00	0,54	2,32	2,03	1,00
X ²	2,28	4,15	1,50	5,06	0,92	13,91

Fuente: Elaborado por el autor

PEC=Perfiles ecológicos de conjunto, FAP=Frecuencia absoluta de presencia, FAA=Frecuencia absoluta de ausencia, FRP=Frecuencias relativas de presencia, FCP=Frecuencias corregidas de presencia, X²=Información recíproca especie – factor

A partir de los datos obtenidos de la tabla 1 se establece que la distribución de *Caesalpiniaspinosa* y *Podocarpusoleifolius* dependen, en gran medida, de la altitud, ya que en ambos casos obtuvieron valores mayores al X² (9,49 con 4° de libertad) (26,55 y 13,17, respectivamente). Por lo tanto, basados en los cálculos de frecuencias

corregidas de presencias (FCP), el rango altitudinal óptimo para la reforestación con *Caesalpiniaspinosa* está entre los 1 200 a 2 400 m, snmm y para *Podocarpusoleifolius* está entre 2 400 a >2 800 m, snmm, aunque *Caesalpiniaspinosa* puede plantarse también desde los 800 m, snmm y *Podocarpusoleifolius* desde los 2 000 m, snmm, ya que existen registros de esta especie en este rango altitudinal, siempre que se considere que el resto de descriptores satisfagan sus requerimientos ecológicos. Este mismo análisis se hizo para los descriptores (geología, temperatura media anual, precipitación media anual, y suelo) para conocer los requerimientos ecológicos de las 13 especies seleccionadas.

Si el valor de X^2 de una o más especies es menor a los grados de libertad del descriptor que se está analizando, en este caso la/s especie/s, son indiferentes al mismo. Esto ocurrió para *Pouterialucuma*, quees indiferente a la altitud, ya que obtuvo un valor de $X^2 = 2,72$, el cual está muy por debajo de los 9,49 que se esperaba (Tabla 2). Por lo tanto, para determinar la distribución de esta especie no se toma en cuenta la altitud, sino cualquier otro(s) descriptor(es), no en forma aislada, sino el conjunto de todos ellos.

En el Tabla 2 se presenta un resumen de los resultados más relevantes de los perfiles ecológicos que son los que determinan la distribución de las especies y generan información para la elaboración del mapa de zonificación silvícola de las 13 especies.

Tabla II. Resumen de los requerimientos ecológicos de las 13 especies obtenidos a través de los perfiles ecológicos en los cantones Loja y Catamayo de la provincia de Loja

Especie	Variable	Características
<i>Ala</i>	Temperatura	14 - 20 °C
<i>Ach</i>	Altitud	< 1 600 - 2 000 m, snmm
<i>Csp</i>	Altitud	< 1 600 - 2 400 m, snmm
	Suelo	Haplustoll Torret, Chromustert Torriorthent Tropudalf (Eutropept) Ustorthent, Ustifluent
	Precipitación	750 - 1 250 mm
	Temperatura	18 - 22 °C
<i>Cfi</i>	Precipitación	750 - 1 000 y 1 500 - 1 750 mm
<i>Cre</i>	Altitud	2 400 - > 2 800 m, snmm
	Suelo	Cryaquept (Tropohemist) Distropept (Haplorthox)+Tropudalf Troporthent, Tropofluent
	Temperatura	10 - 12 y 14 - 16 °C
<i>Cov</i>	Altitud	2 400 - > 2 800 m, snmm
	Precipitación	1 000 - 1 250 y 1 500 - 1 750 mm
<i>Cof</i>	Litología	Pizarras, cuarcitas y metagrauwacas
	Temperatura	12 - 16 y 18 - 20 °C
<i>Oan</i>	Altitud	2 400 - > 2 800 m, snmm
	Suelo	Criaquept (Tropohemist) Distropept (Haplorthox)+Tropudalf Troporthent, Tropofluent
	Temperatura	12 - 16 °C
<i>Plu</i>	Precipitación	500 - 1 000 mm
<i>Pol</i>	Altitud	2 000 - > 2 800 m, snmm
	Suelo	Cryaquept (Tropohemist) Dystropept (Haplorthox)+Tropudalf Haplustoll Tropudalf (Eutropept)

*Las especies que presentaron valores inferiores a X^2 no se asocian al descriptor ecológico y no se presentan en esta tabla.

Fuente: Elaborado por el autor

Con los mapas de distribución de cada especie se generó el mapa de zonificación silvícola para 13 especies forestales. Para ello se tomaron los datos más relevantes de los requerimientos ecológicos de los descriptores (altitud, geología, temperatura, precipitación y suelos) (Tabla 2). Estos datos se representaron en mapas donde mediante una reclasificación se dio el valor 1 a los que son de interés y 0 para los datos que no son de utilidad. Luego se realizó la agrupación de los cinco descriptores mediante la utilización de las herramientas SIG y se generó el mapa de distribución para la especie. Este procedimiento se realizó para las 13 especies.

3.2. Mapa de zonificación silvícola

En la Fig. 3 se presenta la zonificación silvícola de 13 especies forestales, donde se identificaron las áreas con potencial forestal y las combinaciones de las especies de acuerdo a los requerimientos ecológicos. Las áreas sin especies aparecen en la leyenda con el valor 0 y las áreas donde se dan las combinaciones de las especies están representadas con los valores del 1 al 6.

En el mapa de zonificación silvícola el mayor número de combinaciones de especies se concentra hacia la parte oriental del área de estudio donde se encuentran las especies *Pol, Cov, Cre, Mpu, Ala, Cof, Oan, Oro, CfiyNla*. Por lo general, se trata de especies que se desarrollan sobre los 2 000 m, snmm hasta altitudes mayores a los 2 800 m, snmm, donde predominan temperaturas medias anuales entre 10 - 20 °C y existen mayores precipitaciones medias anuales (generalmente están por encima de los 1 000 mm). Estas condiciones ambientales son determinantes para su desarrollo, mientras que, en la parte occidental, las especies *Ach, CspyPlu* se desarrollan con mayor frecuencia, donde el factor determinante es la altitud, ya que se encuentran por debajo de los 2 400 m, snmm. En esta área, las temperaturas medias anuales son más altas (15 - 22 °C), con precipitaciones medias anuales que están por debajo de los 1 250 mm, por ello presenta una vegetación diferente a la del lado oriental. Cabe mencionar que en este flanco existen áreas específicas con condiciones similares a las de la parte oriental donde se desarrollan las especies *Ala, Cof, Cov, Mpu y Pol*.

De manera general, la altitud es el descriptor ecológico más determinante en la distribución de las especies e incide mayormente en la definición y delimitación de las áreas a reforestar, seguida de la temperatura, precipitación, suelos y la geología, en ese orden. Así tenemos que 6 de las 13 especies en estudio dependen de la altitud, las cuales son: *Ach, Cre, Cov, Pol, Oan y Csp*.

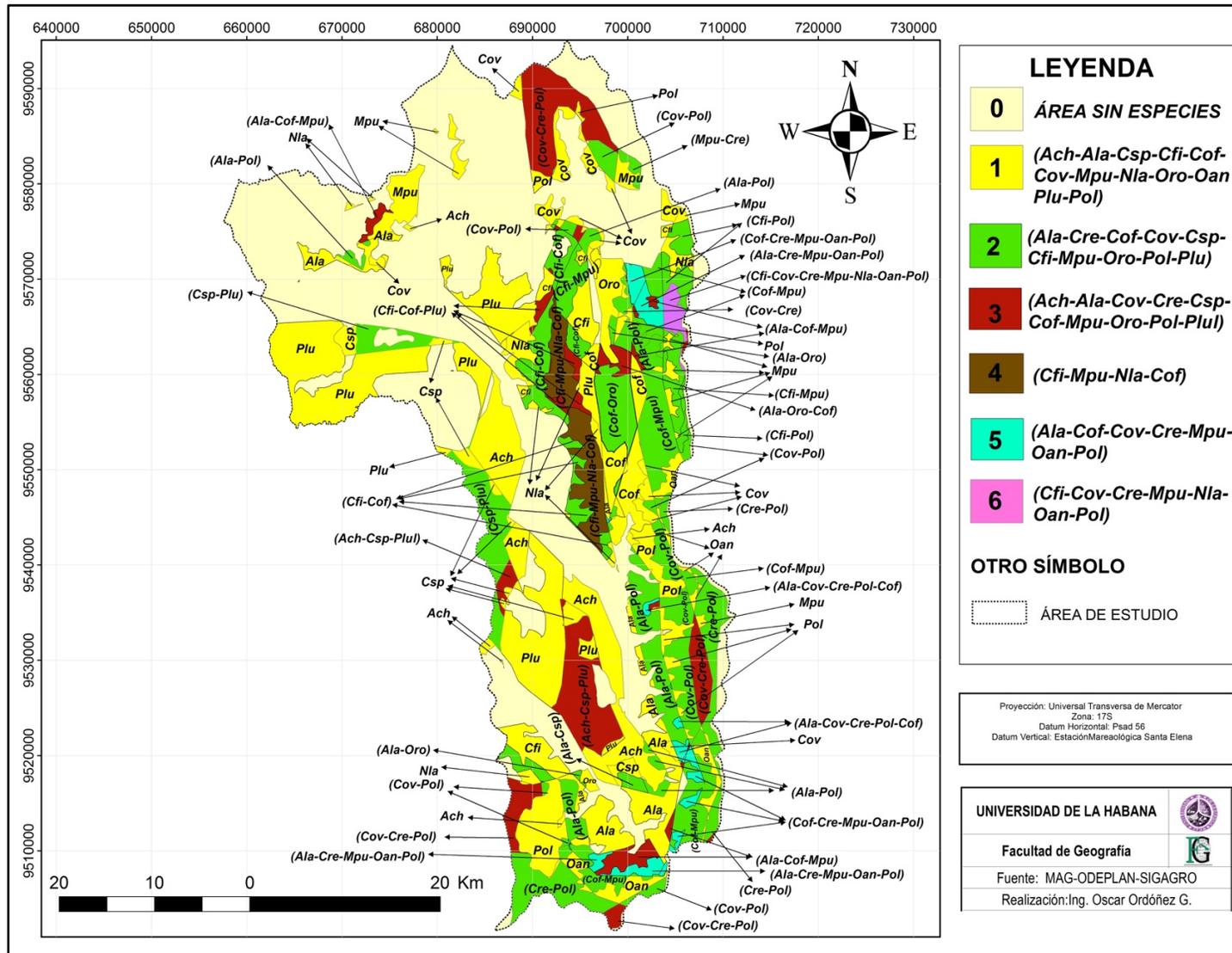


Fig. 3. Mapa de zonificación silvícola de las 13 especies seleccionadas

Conclusiones

- La altitud es el descriptor ecológico más determinante en la distribución de la mayoría de las especies para la definición y delimitación de las áreas a reforestar.
- Las interrelaciones entre las especies forestales y los descriptores ecológicos estudiados permitieron elaborar el mapa de zonificación silvícola que es un instrumento que sirvió para identificar, agrupar y ordenar los terrenos con aptitud forestal dentro del área de estudio de acuerdo a sus requerimientos ecológicos.
- Según el mapa de zonificación silvícola, en la parte oriental es donde existe el mayor número de combinaciones de especies, lo que ocurre entre rangos altitudinales que van desde 2000 a 2800 m, sn mm, temperaturas de 10 a 20°C y grandes precipitaciones.
- El mapa de zonificación silvícola agrupa a las especies forestales en seis áreas que conforman diferentes combinaciones que están relacionadas directamente con los descriptores ecológicos, siendo las de mayor extensión las que están representadas por los valores 1 donde se encuentran presentes 12 especies; y, los valores 2 y 3, donde se registran 10 de las 13 especies seleccionadas.

Referencias

- Bisby F.A., Roskov Y.R., Orrell T.M., Nicolson D., Paglinawan L.E., Bailly N.K.P.M., Bourgoin T., Baillargeon G., y Ouvrard D. 2011. Species 2000 & ITIS: 2011 Annual Checklist, from Digital resource at www.catalogueoflife.org/annualchecklist/2011/. Species 2000: Reading. UK.
- Cañadas, L. 1983. El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador, Quito, Ecuador. MAG-PRONAREG.
- Claro, Á. 2002. La distribución de las especies forestales en las montañas de Cuba y su relación con las condiciones geoecológicas. Doctorado, Universidad de La Habana.
- Claro, Á. y W. Castañeda-Abad. 2014. Propuesta metodológica para la reforestación de áreas montañosas de Cuba. Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba. *Revista Ciencias de la Tierra y el Espacio*, 16, 63-74.
- Daget, Ph. y M. Godron. 1982. Analysefréquentielle de écologie des espèces dans les communautés. Paris, France. Ed. Masson et Cia.
- Fariñas, M. y A. Claro, 1996. CALCPERF (programa de computación). Doctorado, Universidad de La Habana.
- Holdridge, L. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica.
- Jørgensen, P. M. & S. León-Yáñez. 1999. *Catalogue of the vascular plants of Ecuador*. Monographs of Systematic Botany of the Missouri Botanical Garden.
- León-Yáñez S., Valencia R., Pitman N., Endara L., Ulloa Ulloa C., Navarrete H., (2011). Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador, 2ª edn. *Publicaciones del Herbario QCA*, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Madsen, J., Mix, R & Balslev, H. 2002. Flora of Puná Island. Plant resources on a Neotropical island. Aarhus University Press, Aarhus. 289 p
- Martínez, M. (2008). Potencial productivo y zonificación forestal para el reordenamiento silvícola en bosques templados. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Primera Edición. *Folleto Técnico Núm. 37*. ISBN: 978-607-425-033-6
- Mateo, R., Felicísimo, A. y Muñoz, J. 2012. Modelos de distribución de especies y su potencialidad como recurso educativo interdisciplinar. *Reduca (Biología)*. *Serie Ecología*. 5 (1): 137-153. ISSN: 1989-3620. España.
- Ministerio del Ambiente. (2010). Cuarto Informe Nacional para el convenio sobre la Diversidad Biológica. Quito, Ecuador. Disponible en: <https://www.cbd.int/doc/world/ec/ec-nr-04-es.pdf>
- Ministerio de Turismo del Ecuador. 2014. Biodiversidad del Ecuador. Blog. Última actualización: 14-11-2014. Consultado: 9-05-2017. Disponible en: <http://htemasestudiantile.blogspot.com/>
- Neil, D. y Ulloa Ulloa, C. 2011. Adiciones Flora del Ecuador: Segundo Suplemento 2005-2010. Fundación Jatun Sacha, Quito.
- Rueda, A., Ramírez, G., Ruiz, J., Moreno, F., González, A., Martínez, O., Sáenz, J., Muños, H., Molina, A. y Jiménez, V. 2013. Requerimientos agroecológicos de especies forestales. *Libro técnico Núm. 4*. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatlán de Morelos, Jalisco, México. 226 p.
- Sarmiento, F. 2001. *Diccionario de ecología: paisajes, conservación y desarrollo sustentable para Latinoamérica*. Ediciones Abya-Yala, Quito: CLACS-UGA, CEPEIGE, AMA [Primera edición digital de Diccionario de ecología, a cargo de José Luis Gómez-Martínez y autorizada para Proyecto Ensayo Hispánico, octubre 2001].

- SERFOR. (2016). Guía Metodológica para la Zonificación Forestal. Servicio Nacional Forestal y de Fauna silvestre. Lima, Perú. Recuperado de: <https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2016/12/SERFOR-Gu%C3%ADa-Metodol%C3%B3gica.pdf>
- Sierra, R. 1999. Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.

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.

Oscar Rodrigo Ordóñez-Gutiérrez: Profesor Titular Auxiliar 1 de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales, Universidad Nacional de Loja, Ingeniero Forestal, 2000. Universidad Nacional de Loja, Ecuador. Con 18 años de experiencia profesional, es Máster en Geografía, Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial desde el año 2011, ha impartido cursos de pregrado y asesoramiento de tesis de grado, tiene 4 publicaciones entre artículos científicos y libros de texto. Ha dirigido proyectos en manejo y conservación de bosques nativos, ha participado en varios proyectos de elaboración de planes de manejo forestales y ambientales.

Katusca Valarezo-Agilar: Profesor Titular Agregado 1 de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales, Universidad Nacional de Loja, Ecóloga, 2002. Universidad San Francisco de Quito, Ecuador. Con 16 años de experiencia profesional, es Máster en Zoología y Ecología Animal desde el 2011. Ha impartido cursos de pregrado y asesoramiento o dirección de tesis de grado. Tiene 10 publicaciones, ya sea en artículos o en congresos. Ha dirigido proyectos de caracterización y conservación de vida silvestre, así como de interrelaciones ecológicas entre flora y fauna.