



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE ESPECIES NATIVAS ARBÓREAS BASADA EN
LOS REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS EN EL CANTÓN ZAPOTILLO, PROVINCIA
DE LOJA, ECUADOR**

AUTOR:

Rubén Darío Largo Ochoa

*Tesis de Grado previo a la
obtención de título de
Ingeniero Forestal*

DIRECTOR:

Ing. Oscar Rodrigo Ordóñez Gutiérrez, M. Sc.

LOJA- ECUADOR

2017

Ingeniero

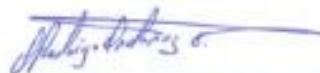
Ing. Oscar Rodrigo Ordóñez Gutiérrez, M. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICO:

En calidad de director de tesis titulada **"DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE ESPECIES NATIVAS ARBÓREAS BASADA EN LOS REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS EN EL CANTÓN ZAPOTILLO, PROVINCIA DE LOJA, ECUADOR"**, de autoría del señor Rubén Darío Largo Ochoa egresado de la carrera de Ingeniería forestal, ha sido dirigida, revisada y aprobada en su integridad; por tal razón autorizo su presentación y publicación.

Loja, noviembre del 2017



Ing. Oscar Rodrigo Ordóñez Gutiérrez, M. Sc.

DIRECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

Ing. Víctor Hugo Eras Guamán, Mg. Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR DE LA TESIS

CERTIFICA:

Que en calidad de Presidente del Tribunal de Calificación de la tesis titulada "DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE ESPECIES NATIVAS ARBÓREAS BASADA EN LOS REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS EN EL CANTÓN ZAPOTILLO, PROVINCIA DE LOJA, ECUADOR", de autoría del señor egresado de la Carrera de Ingeniería Forestal Rubén Darío Largo Ochoa, ha sido dirigida, revisada e incorporadas las sugerencias efectuadas por el Tribunal Calificador, y luego de su revisión se ha procedido a la respectiva calificación. Por lo tanto, autorizo su publicación pública definitiva.

Loja, 27 de Noviembre de 2017

Atentamente,



Ing. Víctor Hugo Eras Guamán, Mg. Sc.
PRESIDENTE



Ing. Zhofer Huberto Aguirre Mendoza, Ph. D.
VOCAL



Ing. Juan Malta Chamba, Mg. Sc.
VOCAL

AUTORÍA

Yo, Rubén Darío Largo Ochoa, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autor: Rubén Darío Largo Ochoa

Firma: 

Cédula: 1104614555

Fecha: 27 de noviembre del 2017

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, Rubén Darío Largo Ochoa, declaro ser autor, de la tesis titulada “**DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE ESPECIES NATIVAS ARBÓREAS BASADA EN LOS REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS EN EL CANTÓN ZAPOTILLO, PROVINCIA DE LOJA, ECUADOR**”, como requisito para optar al grado de: Ingeniero Forestal, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios podrán consultar el contenido de este trabajo en RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los 27 días del mes de noviembre del dos mil diecisiete, firma el autor.

Firma:.....

Autor: Rubén Darío Largo Ochoa
Número de cédula: 1104614555
Dirección: Loja-Loja-El Sagrario
Celular: 0982279071

Correo electrónico: blacknight01@hotmail.es

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Oscar Rodrigo Ordóñez Gutiérrez, M. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Víctor Hugo Eras Guamán, Mg. Sc. PRESIDENTE
Ing. Zhofre Huberto Aguirre Mendoza, Ph. D. VOCAL
Ing. Juan Maita Chamba, Mg. Sc. VOCAL

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco a mis formadores, personas de gran sabiduría que han transmitido sus conocimientos y me han apoyado a alcanzar diferentes objetivos en mi vida y agradecimiento muy especial a la Carrera de Ingeniería Forestal.

Al Ing. Oscar Ordóñez, por su valioso apoyo y colaboración al dirigir esta investigación. Agradezco al tribunal de grado integrado por los ingenieros forestales Ing. Víctor Hugo Eras Guamán, Ing. Zhofre Aguirre Ph. D., Ing. Juan Maita Chamba, por las sugerencias me permitieron enriquecer el trabajo.

DEDICATORIA

A Jehová Dios, por haberme dado la vida, salud y fuerza, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera, a mis padres, porqué ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, a mi querida esposa Rocío Dabbyba, a mis hermanas Arianna, Denisse y a mi abuelita Teresita por creer en mí.

ÍNDICE GENERAL

No.	CONTENIDO	Página
	CERTIFICACIÓN	ii
	APROBACIÓN	iii
	AUTORÍA	iv
	CARTA DE AUTORIZACIÓN	v
	AGRADECIMIENTO	vi
	DEDICATORIA	vii
	RESUMEN	xvii
	SUMMARY	xviii
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	MARCO TEÓRICO	4
2.1.	ECOSISTEMA DE BOSQUE SECO.....	4
2.2.	IMPORTANCIA DE LOS BOSQUES SECOS EN EL ECUADOR.....	4
2.3.	IMPORTANCIA DE LOS BOSQUES SECOS EN LA PROVINCIA DE LOJA.....	5
2.4.	RECURSOS FORESTALES.....	6
2.5.	EXIGENCIAS ECOLÓGICAS DE LAS ESPECIES FORESTALES.....	6
2.6.	VARIABLES ECOLÓGICAS RELACIONADAS CON EL POTENCIAL FORESTAL EN LOS BOSQUES SECOS DEL CANTÓN ZAPOTILLO.....	8
2.6.1.	ECOLOGÍA.....	8
2.6.2.	GEOLOGÍA.....	9
2.6.2.1.	LITOLOGÍA.....	10
2.6.3.	SUELOS.....	10
2.6.4.	RELIEVE.....	11
2.6.5.	CLIMA.....	12
2.6.6.	HIDROGRAFÍA.....	13
2.6.6.1.	Cuenca del Río Puyango.....	14
2.6.6.2.	Cuenca del Catamayo-Chira.....	15
2.7.	FORMACIONES VEGETALES.....	15
2.7.1.	ECOSISTEMAS.....	16
2.7.1.1.	Bosque bajo y arbustal deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo.....	17
2.7.1.2.	Bosque deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo.....	17
2.7.1.3.	Bosque deciduo piemontano del Catamayo-Alamor.....	18

2.7.1.4	Bosque semideciduo piemontano del Catamayo-Alamor.....	18
2.8.	FAUNA.....	18
2.9.	CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS.....	19
2.10.	ESPECIES DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA.....	20
2.10.1.	ESPECIES NATIVAS.....	20
2.11.	CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA EN EL CANTÓN ZAPOTILLO.....	22
2.11.1.	GUAYACÁN.....	22
2.11.2.	GUAYACÁN NEGRO.....	23
2.11.3.	PALO SANTO.....	24
2.11.4.	VAINILLO.....	25
2.11.5.	ALMENDRO.....	25
2.11.6.	BÁLSAMO.....	26
2.11.7.	GUÁPALA.....	27
2.12.	BIOGEOGRAFÍA.....	28
2.12.1.	BIOGEOGRAFÍA ECOLÓGICA.....	29
2.13.	DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.....	29
2.13.1.	RELACIÓN DE LAS VARIABLES ECOLÓGICAS CON LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS SERES VIVOS.....	30
2.13.1.1.	LA TEMPERATURA Y SU INFLUENCIA.....	30
2.13.1.2.	LAS PRECIPITACIONES Y SU INFLUENCIA.....	30
2.14.	CAUSAS QUE LIMITAN LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS SERES VIVOS.....	31
2.15.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	32
2.16.	RELACIÓN DE LA ECOLOGÍA CON LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).....	32
2.17.	PERFILES ECOLÓGICOS.....	32
2.18.	ZONIFICACIÓN SILVÍCOLA.....	34
3.	METODOLOGÍA	36
3.1.	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	36
3.2.	RECOPIACIÓN DE INFORMACION DE LAS ESPECIES SELECCIONADAS.....	37
3.3.	METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LOS PERFILES ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES FORESTALES EN EL CANTÓN ZAPOTILLO.....	40
3.3.1.	PROCESO METODOLOGÍCO DE COMPARACIÓN DE RESULTADOS	47

	MEDIANTE SOFTWARE ESTADÍSTICO “R”	
3.4.	PROCESO METODOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS.....	48
3.4.1.	CLASIFICACIÓN DEL DESCRIPTOR ALTITUD.....	49
3.4.2.	CLASIFICACIÓN DEL DESCRIPTOR GEOLOGÍA.....	49
3.4.3.	CLASIFICACIÓN DEL DESCRIPTOR SUELOS.....	49
3.4.4.	CLASIFICACIÓN DEL DESCRIPTOR TEMPERATURA.....	49
3.4.5.	CLASIFICACIÓN DEL DESCRIPTOR PRECIPITACIÓN.....	50
3.5.	ELABORACIÓN DE MAPAS DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS.....	50
3.6.	ELABORACIÓN DEL MAPA DE ZONIFICACIÓN SILVÍCOLA.....	51
3.7.	DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDAS EN LA INVESTIGACIÓN.....	52
4.	RESULTADOS	53
4.1.	MAPEO DE LAS EXIGENCIAS ECOLÓGICAS DE LAS ESPECIES FORESTALES MEDIANTE SIG Y CÁLCULO DE LOS PERFILES ECOLÓGICOS.....	53
4.2.	MAPAS DE PARCELAS SEGÚN LOS DESCRIPTORES ECOLÓGICOS DE ESTUDIO.....	53
4.2.1.	DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS POR RANGO ALTITUDINAL Y SU RELACIÓN CON LA ALTITUD.....	54
4.2.2.	DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS POR RANGO ALTITUDINAL Y SU RELACIÓN CON LA GEOLOGÍA.....	55
4.2.3.	DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS POR RANGO ALTITUDINAL Y SU RELACIÓN CON LOS SUELOS.....	56
4.2.4.	DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS POR RANGO ALTITUDINAL Y SU RELACIÓN CON LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL.....	57
4.2.5.	DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS POR RANGO ALTITUDINAL Y SU RELACIÓN CON LA PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL.....	58
4.3.	PERFILES ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES SELECCIONADAS.....	59
4.4.	MAPAS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES EN BASE A LOS PERFILES ECOLÓGICOS.....	65
4.5.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON “R”	79
4.6.	MAPA DE ZONIFICACIÓN SILVÍCOLA.....	79
4.7.	PROPUESTA DE ORDENACIÓN FORESTAL.....	81
4.8.	DIFUSIÓN DE RESULTADOS.....	82
5.	DISCUSIÓN	83
5.1.	EXIGENCIAS ECOLÓGICAS DE LAS ESPECIES FORESTALES NATIVAS DE BOSQUE SECO.....	83

5.2.	DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES Y ZONIFICACIÓN SILVÍCOLA	84
5.3.	COMPARACIÓN CON LA METODOLOGÍA DE DISTRIBUCIÓN MAXENT.....	87
6.	CONCLUSIONES	88
7.	RECOMENDACIONES	89
8.	BIBLIOGRAFÍA	90
9.	ANEXOS	99

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	CONTENIDO	Página
Figura 1.	Bioclimas en el Cantón Zapotillo.....	13
Figura 2.	Cuencas hidrográficas que conforman la hidrografía del Cantón Zapotillo.....	14
Figura 3.	Mapa de formaciones vegetales del Cantón Zapotillo.....	17
Figura 4.	Ejemplar de <i>Handroanthus chrysanthus</i>	23
Figura 5.	Ejemplar de <i>Handroanthus billbergii</i>	24
Figura 6.	Ejemplar de <i>Bursera graveolens</i>	25
Figura 7.	Ejemplar de <i>Senna mollissima</i>	25
Figura 8.	Ejemplar de <i>Geoffroea spinosa</i>	26
Figura 9.	Ejemplar de <i>Myroxylon peruiferum</i>	27
Figura 10.	Ejemplar de <i>Simira ecuadorensis</i>	28
Figura 11.	Ubicación espacial del área de estudio dentro del contexto nacional, provincial del Cantón Zapotillo.....	37
Figura 12.	Flujograma de los perfiles ecológicos con sus respectivas fórmulas.....	44
Figura 13.	Mapa de distribución de parcelas por rangos altitudinales del área de estudio.....	54
Figura 14.	Mapa de distribución de parcelas por rango altitudinal y su relación con la geología del área de estudio.....	55
Figura 15.	Mapa de distribución de parcelas por rango altitudinal y su relación con los suelos del área de estudio	56
Figura 16.	Mapa de distribución de parcelas por rango altitudinal y su relación con la temperatura media anual del área de estudio.....	57
Figura 17.	Mapa de distribución de parcelas por rango altitudinal y su relación con la precipitación media anual del área de estudio.....	58
Figura 18.	Histograma de <i>Handroanthus chrysanthus</i> (Hacrys) y <i>Handroanthus billbergii</i> (Habi), donde se representan los valores de (FRP YFCP).....	62
Figura 19.	Mapa de distribución de <i>Handroanthus chrysanthus</i> , en el Cantón Zapotillo.....	69
Figura 20.	Mapa de distribución de <i>Handroanthus billbergii</i> en el Cantón Zapotillo.....	70
Figura 21.	Mapa de distribución de <i>Bursera graveolens</i> , en el Cantón Zapotillo.....	71
Figura 22.	Mapa de distribución de <i>Senna mollissima</i> , en el Cantón Zapotillo.....	72

Figura 23. Mapa de distribución de <i>Geoffroea spinosa</i> , en el Cantón Zapotillo.....	73
Figura 24. Mapa de distribución de <i>Myroxylon peruiferum</i> , en el Cantón Zapotillo.....	74
Figura 25. Mapa de distribución de <i>Simira ecudorensis</i> , en el Cantón Zapotillo.....	75
Figura 26. Mapa de zonificación silvícola de las siete especies forestales de bosque seco con sus respectivas combinaciones.....	80
Figura 27. Memorias fotográficas de difusión de resultados.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

No.	CONTENIDO	Página
Tabla 1.	Hoja de campo para recolección de datos de las especies.....	39
Tabla 2.	Especies forestales seleccionadas en el Cantón Zapotillo las cuales fueron estudiadas y analizadas mediante el método de los perfiles ecológicos.....	40
Tabla 3.	Esquema de los perfiles ecológicos de una especie (E) y para un descriptor (L).....	42
Tabla 4.	Esquema de la tabla de perfiles ecológicos de conjunto (PEC) y de frecuencias absolutas (FAP), relativas (FRP) y corregidas (FCP) de presencias y X^2 para las especies, respecto a cada uno de los descriptores ecológicos.....	45
Tabla 5.	Matriz para los cálculos de los PEC.....	45
Tabla 6.	Matriz para los cálculos de los FAP y FAA.....	46
Tabla 7.	Matriz para los cálculos de los FRP.....	46
Tabla 8.	Perfiles ecológicos para siete especies arbóreas respecto al descriptor altitud en el Cantón Zapotillo, Provincia de Loja.....	60
Tabla 9.	Requisitos ecológicos de las siete especies obtenidos a través de los perfiles ecológicos en el Cantón Zapotillo, Provincia de Loja.....	67

ÍNDICE DE ANEXOS

No.	CONTENIDO	Página
Anexo 1	Datos generales de ubicación de parcelas y especies por cada descriptor ecológico distribuidas por rangos altitudinales.....	99
Anexo 2	Perfiles ecológicos para siete especies arbóreas respecto al descriptor suelo en el Cantón Zapotillo de la Provincia de Loja.....	104
Anexo 3	Perfiles ecológicos para siete especies arbóreas respecto al descriptor geología en el Cantón Zapotillo de la Provincia de Loja.....	105
Anexo 4	Perfiles ecológicos para siete especies arbóreas respecto al descriptor precipitación media anual (en milímetros) en el Cantón Zapotillo de la Provincia de Loja.....	106
Anexo 5	Perfiles ecológicos para siete especies arbóreas respecto al descriptor temperatura media anual (en grados centígrados) en el Cantón Zapotillo de la Provincia de Loja.....	107
Anexo 6	Zonas de la parte de estudio con potencial forestal.....	109
Anexo 7	Zonas boscosas de la Parroquia Cazaderos que corresponden a la Reserva Privada Cazaderos.....	109
Anexo 8	Zonas boscosas de la Parroquia Mangahurco que corresponden a la Reserva Municipal Mangahurco.....	110
Anexo 9	Zonas de remanentes de bosque de la Parroquia Bolaspamba que corresponden al área de estudio.....	110
Anexo 10	Zonas de remanentes de bosque de la Parroquia Garzareal que corresponden al área de estudio.....	111
Anexo 11	Zonas de remanentes de bosque de la Parroquia Limones que corresponden al área de estudio.....	111
Anexo 12	Zonas de remanentes de bosque de la Parroquia Paletillas que corresponden al área de estudio.....	112
Anexo 13	Tríptico de difusión de resultados de la presente investigación.....	113

**DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE ESPECIES NATIVAS ARBÓREAS BASADA EN
LOS REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS EN EL CANTÓN ZAPOTILLO, PROVINCIA
DE LOJA, ECUADOR**

RESUMEN

Los bosques secos forman parte del endemismo de la Región Tumbesina, son destruidos por actividades extractivas, como la tala selectiva de especies forestales de alto valor comercial y la ampliación de la frontera agropecuaria, agudizando más la fragmentación del bosque seco. La investigación se realizó en relictos de bosque seco del cantón Zapotillo de la provincia de Loja, en un rango altitudinal entre los 150 y 1000 msnm. Se aplicaron métodos fitogeográficos para conocer los requerimientos ecológicos de las especies forestales, por ello surge la presente investigación, que partió de diferentes colectas de plantas y trabajos botánicos georreferenciados en Ecuador. Se determinaron las exigencias ecológicas de siete especies forestales del bosque seco, para obtener la zonificación silvícola en base a la aplicación del método de los perfiles ecológicos que se fundamenta en categorizar a través de clases a cada descriptor, lo que permite crear una superposición de los resultados y combinarlos con los mapas, los cuales son resultado de las variables físico-geográficas categorizado, en clases que permiten identificar las zonas con potencial forestal para cada una de las especies estudiadas. Cada recurso generado se superpone en clases para los mapas temáticos (descriptores), como de altitud, geología (litología), suelo, precipitaciones y temperaturas medias anuales, las cuales fueron previamente digitalizadas, por lo que fue necesario el uso de software en Sistemas de Información Geográfica (SIG), dando como resultado ocho mapas, donde se muestra la distribución idónea de las 7 especies de bosque seco: *Handroanthus chrysanthus*, *Handroanthus billbergii*, *Bursera graveolens*, *Senna mollissima*, *Geoffroea spinosa*, *Myroxylon peruiferum*, *Simira ecuadorensis*, y el mapa de zonificación silvícola a escala 1:25000 que constituyen las combinaciones de especies que se pueden usar para la reforestación, que componen el resultado final del presente trabajo de investigación.

SUMMARY

The dry forests are part of the endemism of the Tumbesina Region, are destroyed by extractive activities, such as the selective logging of forest species of high commercial value and the expansion of the agricultural frontier, further exacerbating the fragmentation of the dry forest. The investigation was carried out in relicts of dry forest of the canton Zapotillo of the province of Loja, in an altitudinal range between 150 and 1000 meters above sea level. They applied phytogeographic to know the ecological requests of the forest species, for it there arises the present investigation, which georeferenced divided of different collections of plants and botanical works in Ecuador. There decided the ecological requirements of seven forest species of the dry forest to obtain the zoning silvícola based on the application of the method of the ecological profiles that is based in categorizing across classes every descriptor what allows to create a superposition of the results and to combine them with the maps, which ones are the results of the physical-geographical variables categorized in classes that allow to identify the areas with forest potential for each of the studied species. Every generated resource overlaps in classes for the thematic maps (descriptors), as of altitude, (litology) geology, soil, precipitations and annual average temperatures, which were digitized previously, for what the use of software was necessary in Geographical information systems (SIG), giving like turned out eight maps, where there appears the suitable distribution of 7 species of dry forest: *Handroanthus chrysanthus*, *Handroanthus billbergii*, *Bursera graveolens*, *Senna mollissima*, *Geoffroea spinosa*, *Myroxylon peruiferum*, *Simira ecuadorensis*, and the zoning map silvícola to scale 1:25000 that constitute the combinations of species that can be used for the reforestation, which they compose the final result of the present research work.

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es considerado como un país megadiverso, por la presencia de una variedad de especies vegetales y animales de gran importancia biológica, una de las regiones con mayor representatividad son los bosques secos, “pues conforman la parte central de endemismo de la Región Tumbesina” (Kessler, 1992). Esta región presenta diferentes ecosistemas, ricos en biodiversidad y endemismo que tienen un rango definido en su distribución geográfica, los bosques y las especies de fauna que se desarrollan en estos ecosistemas se caracterizan por adaptarse durante buena parte del año a épocas secas. En la Región Sur del Ecuador las áreas más representativas de estos bosques se encuentran en la Provincia de Loja, específicamente en el cantón Zapotillo y se encuentran amenazados, por las constantes presiones antrópicas.

Los bosques secos de la Región Sur del Ecuador presentan mejores características florísticas y estructurales, en relación a los bosques secos de las provincias de Manabí, Guayas y El Oro e inclusive en mejor estado de conservación que los bosques del norte del Perú (Aguirre *et al.*, 2002).

Estos tipos de ecosistemas frágiles sirven de hábitat de al menos 500 especies de aves (84 especies con distribución muy restringida y de las cuales 15 están amenazadas) por lo que esta región es considerada como un área de endemismo ornitológico mundial, por sus siglas en inglés: EBA (Endemic Bird Area); y, además, están presentes 10 especies de mamíferos endémicos (Aguirre y Kvist, 2006).

Los recursos que poseen los bosques secos constituyen una fuente de ingreso económico y ecológico, que progresivamente se ven afectados por las constantes actividades extractivas, como la tala selectiva de especies forestales de alto valor comercial y la ampliación de la frontera agropecuaria, causando paulatinamente su degradación.

Es relevante, entender que, cada especie que forma parte de este tipo de ecosistemas en particular es vulnerable, por lo que es importante desarrollar acciones y proyectos donde exista la cooperación de instituciones gubernamentales y no gubernamentales que

apoyen a la conservación y recuperación de estos bosques que poseen un alto endemismo con hábitats únicos en el mundo.

La parte más importante de la presente investigación es sin duda la caracterización ecológica y la zonificación del área de estudio para conocer los requerimientos ecológicos que son determinantes en el desarrollo y distribución de las especies. La zonificación es el parcelamiento de un área determinada, que conduce a zonas individuales que poseen aptitudes posibles para la utilización esencial de los recursos (SNV-CINFA-HERBARIO LOJA, 2003).

Para lograr una caracterización ecológica se requiere conocer y entender los aspectos físicos y ecológicos de una región o un cantón, parroquia o lugar y es necesario visualizar los diferentes componentes como un todo, con una visión holística, sólo ahí se puede entender los procesos, componentes, funciones e interrelaciones, lo cual hace posible la zonificación.

La distribución de las especies arbóreas y arbustivas en nuestra región se estudia apoyándose en su ecología, por tanto, el contribuir con más información sobre las interrelaciones de las especies con las condiciones físico-geográficas, permitirá comprender los requerimientos de las especies para su desarrollo y aportar con información para una adecuada selección de las especies en los planes de reforestación y ordenación forestal.

Por esta razón es necesario realizar estudios que contribuyan a mitigar las amenazas a las que se encuentran expuestas las especies nativas del bosque seco, a través de la investigación y la generación de conocimiento sobre los requerimientos geoecológicos de las especies para su distribución y zonificación para tener una mayor efectividad en los planes de reforestación y contribuir a la conservación y recuperación de las especies forestales de estos ecosistemas frágiles.

La presente investigación consistió en la recopilación de registros de campo georeferenciados de siete especies de bosque seco (*Handroanthus chrysanthus*, *Handroanthus billbergii*, *Bursera graveolens*, *Senna mollissima*, *Geoffroea spinosa*,

Myroxylon peruiferum, *Simira ecuadorensis*) de importancia forestal distribuidas por toda el área de estudio, el cantón Zapotillo. Los registros de las especies fueron depurados y representados mediante sistemas de información geográfica (SIG), como parcelas dándoles un tamaño de pixel de 50, obteniéndose 110 parcelas y 187 registros de especies, también se consideraron cinco descriptores ecológicos de importancia en la distribución de las especies y que además disponían de información cartográfica, requerimiento indispensable para poder aplicar el método de los perfiles ecológicos y realizar el mapa de zonificación silvícola de las especies forestales.

Esta investigación se desarrolló, en el cantón Zapotillo, provincia de Loja con el aval académico de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja, durante el período octubre 2016 y octubre 2017.

Para esta investigación se cumplieron los siguientes objetivos:

Objetivo General:

Contribuir con información de las exigencias ecológicas de las especies forestales para su distribución en las áreas deforestadas y de remanentes de bosques del Cantón Zapotillo de la Provincia de Loja.

Objetivos Específicos:

- Definir las exigencias ecológicas de al menos tres especies forestales nativas utilizando el método de los perfiles ecológicos y SIG.
- Generar mapas de zonificación silvícola a escala 1: 25 000 de las especies seleccionadas para el área de estudio
- Difundir los resultados a los estudiantes y docentes de la Carrera de Ingeniería Forestal.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ECOSISTEMA DE BOSQUE SECO

Este tipo de ecosistema se caracteriza principalmente por la defoliación temporal de su follaje, volviendo al ecosistema transitorio y vulnerable, las características físicas de estos bosques están influenciadas por las lluvias anuales, la estructura y la profundidad del suelo. En el Ecuador los bosques secos forman parte de la región Tumbesina, que abarca 135 000 km², compartida entre Ecuador (28 000 km²) y Perú es un área conocida por su alto nivel de endemismo de especies de flora (Aguirre *et al.*, 2006; Madsen *et al.*, 2001).

Los bosques secos del suroccidente del Ecuador y noroccidente de Perú constituyen el Centro la Región Biogeográfica Tumbesina, reconocida a nivel global por su importante endemismo de plantas y animales (Stattersfield *et al.*, 1998). Pese a la denominación general de bosques secos, esta región posee una gran diversidad por su riqueza biológica y endemismo, y uno de los puntos calientes (hot spot) de biodiversidad del planeta. De acuerdo a estudios de Birdlife International en esta zona existen 800 especies de aves con 55 endémicas (7 %), 142 de mamíferos con 54 endémicas (38 %) y 6 300 de plantas con 1290 endémicas (20,5 %). En lo que respecta a las aves, la región Tumbesina se identifica como “Endemic Bird Area” (EBA), y sobresale por tener más de 50 especies con rango restringido (< de 50 000 Km²), un número que solo 4 de las 221 EBA’s en el mundo alcanzan (Bibby *et al.*, 1992).

2.2. IMPORTANCIA DE LOS BOSQUES SECOS EN EL ECUADOR

La importancia biológica de estos ecosistemas, está dada por la existencia de fauna única, región considerada en el mundo como un EBA (Endemic Bird Area). Bosques restringidos a un área geográfica pequeña (50 000 km², entre Ecuador y Perú) son el hábitat de aproximadamente 500 especies de aves, 84 especies con una distribución muy limitada,

de las cuales 15 están amenazadas; donde también viven 10 especies de mamíferos endémicos (Williams, 2005; Montaña y Roa, 2012).

En el Ecuador, por ejemplo, existen al menos 18 tipos de vegetación seca, que convierten a la región en la más diversa del país desde el punto de vista de las formaciones vegetales (Cerón *et al.*, 1999).

En el Ecuador su estado de conservación es crítico debido a la explotación forestal a la que han sido sometidos, así como por su conversión en áreas agrícolas y ganaderas, especialmente en la última mitad del siglo pasado (Dodson y Gentry, 1993; Sierra, 1999).

En la actualidad quedan pocos remanentes, en su mayoría aislados y formando parte de paisajes en los que las áreas de origen antropogénico son predominantes (Vázquez *et al.*, 2001).

2.3. IMPORTANCIA DE LOS BOSQUES SECOS EN LA PROVINCIA DE LOJA

Los bosques secos del sur del Ecuador lo están conformando las provincias de Loja (Pindal, Puyango, Zapotillo y Macará) y El Oro, representan aproximadamente el 50 % de lo que queda de este ecosistema en Ecuador y que constituye no más del 25 % del bosque seco original (Sierra *et al.*, 1999). Este ecosistema, el bosque semideciduo piemontano de la Costa, constituye según Sierra *et al.*, (1999), la primera prioridad de conservación del Ecuador continental. Los principales remanentes boscosos de la provincia de Loja conforman 4 cuerpos: el Cañón del Río Catamayo (15 000 ha), La Ceiba (10 000 ha), Cerro Negro (3 000 ha) y los Bosques de Tagua (3 000 ha), remanentes importantes, pero que lastimosamente hasta ahora no cuentan con ninguna protección estatal (Aguirre y Kvits, 2005).

En la provincia de Loja se encuentra la mayor superficie de este ecosistema (501 040 ha), en un rango altitudinal entre 0 a 1110 msnm, menciona Aguirre y Kvits (2005), que “se reportan 15 especies endémicas, en estudios de bosques secos en la provincia de Loja los

cuales están en buen y mejor estado de conservación en comparación con bosques similares a nivel del territorio nacional”.

2.4. RECURSOS FORESTALES

Los recursos forestales son bienes y servicios obtenidos de los bosques que se obtienen mediante la extracción de productos de los árboles o servicios asociados a ellos, en tierras consideradas de uso común (Ostrom, 2005).

La superficie total de bosque nativo en el cantón Zapotillo asciende a 73 573 hectáreas cuyo volumen medio de producción de árboles con un diámetro mayor de 10 cm., es de 66,30 m³/ha, con un total de 4 878 030 m³. Con el fin de preservar la riqueza forestal y racionalizar la explotación de madera de Gualtaco y Guayacán, el MAGAP el 18 de mayo de 1978 emitió un acuerdo ministerial en el sentido de que los bosques del sector pueden ser explotados únicamente para uso doméstico, sin embargo, los pobladores de este sector, y aún pobladores del norte peruano explotan irracionalmente la riqueza forestal (Plan de Ordenamiento Territorial Cantonal Zapotillo PDOT, 2014; Gaona, 2007). El gran paisaje de Zapotillo lo configuran innumerables árboles que se han adaptado a la fuerte estacionalidad, los mismos que brindan la posibilidad de mantener un sinnúmero de especies de fauna, presentando así estos ecosistemas un alto nivel de endemismo.

2.5. EXIGENCIAS ECOLÓGICAS DE LAS ESPECIES FORESTALES

Los factores ecológicos actúan directamente sobre los seres vivos limitando su territorio, modificando su nivel de reproducción y también, apareciendo en el seno de una misma especie, variedades que tienen exigencias ecológicas diferentes que se denominan “ecotipos”. Estos factores ecológicos pueden incidir de una forma diferente en las especies y en el seno de cada especie, sobre todos los individuos, cuya reacción depende de diversos factores: edad, sexo, estado de madurez sexual, etc (Claro, 1996).

Las especies con una extensión ecológica amplia se llaman eurioicas, mientras que las otras con una especificidad mayor se llaman estenoicas. Pero estos límites ecológicos pueden modificarse a consecuencia de interacciones de factores ambientales; así, en ciertos vegetales, las temperaturas letales inferiores se modifican (se elevan) a causa del aumento del grado de nitrógeno mineral en el suelo de cultivo.

También hay que hacer constar que el desarrollo de los diversos organismos está limitado por los valores mínimos de un elemento, aun cuando los otros elementos estén en cantidad suficiente: es la ley del mínimo (Jus tus von Liebig. 1840). Así, en las zonas frías, son las bajas temperaturas las que actúan como factor limitante (zonas de vegetación en la falda de las montañas o en las regiones polares): del mismo modo, para las zonas áridas, es el escaso contenido de agua en los suelos o las pocas lluvias quienes determinan el establecimiento de la distribución de los seres vivos, como en el sur del Sahara. Los factores ecológicos, extremadamente numerosos, son clasificados de diferentes maneras, según los autores.

La clasificación más sencilla distingue los factores climáticos, edáficos (ligados al suelo) y bióticos, a los que se añaden a veces los factores topográficos y alimenticios. Otra clasificación, más fisiológica, distingue los factores energéticos, hídricos, químicos, mecánicos y bióticos. De una manera sucinta, entre los factores climáticos se distinguen los que están ligados a la temperatura, a las precipitaciones, a la luz y a los vientos. En cuanto a los factores edáficos, se separan ordinariamente en factores físicos (textura, estructura, hidratación) y en factores químicos: contenido en diferentes sales (en particular calcio), reacciones de pH (acidez) y de rH^2 (potencial de oxidorreducción) (Jus tus von Liebig, 1840).

En los vegetales, en lo que concierne a los factores bióticos, la competencia entre las especies, la actividad de la microflora y los fenómenos parasitarios juegan un gran papel: en los animales, se encuentra la acción de estos mismos factores, complicados por el hecho de que los individuos son casi siempre móviles.

Finalmente, debe también considerarse la acción del hombre: es mucho más nefasta que benéfica para los ecosistemas naturales establecidos en nuestro planeta; desde hace tiempo se dejaba sentir, aunque débilmente en las regiones de civilización antigua, en la actualidad se ha extendido considerablemente y se ha ampliado sobre todo el globo a causa de los medios mecánicos y químicos gigantescos puestos en marcha (desbrozamientos, desecaciones, construcciones y contaminación).

2.6. VARIABLES ECOLÓGICAS RELACIONADAS CON EL POTENCIAL FORESTAL EN LOS BOSQUES SECOS DEL CANTÓN ZAPOTILLO

2.6.1. ECOLOGÍA

La palabra ecología se deriva del griego "oikos", que significa "hogar", y logos, que significa "estudio". Por lo tanto, es el estudio del medio u hogar donde incluye todos los organismos en el mismo y todos los procesos funcionales que hacen que el hogar sea habitable. Literalmente, la ecología es el estudio de la "vida en el hogar, medio o entorno", con énfasis en "la totalidad o patrón de las relaciones entre los organismos y su medio ambiente" (Odum & Barret, 1971).

Según, Smith & Smith (2009), la ecología es el estudio científico de los procesos que regulan la distribución y abundancia de organismos y las interacciones entre ellos, y el estudio de cómo estos organismos interceden en el transporte y transformación de la energía y la materia en la biosfera (es decir, el estudio del diseño de ecosistema, estructura y la función).

En la provincia de Loja, se reportan 219 especies de bosque seco en comparación con Manabí (143) y Guayaquil (169), considerando así que Loja tiene la mayor variación de formaciones de vegetación seca (Aguirre *et al.*, 2006). Las especies vegetales características de los bosques secos pluvioestacionales son: *Ceiba trichistandra*, *Cavanillesia platanifolia*, *Eriotheca ruizi*, *Handroanthus chrysanthus*, *Cordia lutea*,

Terminalia valverdae, *Machaerium millei*, *Cochlospermum vitifolium*, *Bursera graveolens*, *Coccoloba ruiziana*, *Caesalpinia glabrata*, *Piscidia carthagenensis*, *Pithecellobium excelsum* y especies de cactáceas como *Armatocereus cartwrightianus*, *Opuntia ficus indica* y *Enpostoa lanata* (Aguirre, 2012).

La vegetación del bosque seco además de adaptarse al estrés hídrico, prestan servicios fundamentales como la regulación hídrica, la retención de suelos, y la captura de carbono que regula el clima y la disponibilidad de agua y nutrientes, es ahí donde radica su importancia en estos ecosistemas, además suministran especies de leguminosas forrajeras, ornamentales y frutales importantes para el sustento y el bienestar del ser humano.

2.6.2. GEOLOGÍA

Se trata de la ciencia que analiza la forma interior y exterior del globo terrestre. La geología se encarga del estudio de las materias que forman el globo y de su mecanismo de formación. También se centra en las alteraciones que estas materias han experimentado desde su origen y en el actual estado de su colocación (Pedrinaci Rodríguez, 1993).

Las formaciones geológicas del área de estudio corresponden, a la denominada formación Zapotillo concordante con el techo volcánico Lancones y su localidad se encuentra en el pueblo de Huasimal, y rodeada en si la formación Jahuay negro. Esta comprende la secuencia de flysch depositado en agua profunda del grupo Alamor, conformada de grauvaca y lutita negra con presencia de conglomerados (PDOT Zapotillo, 2014). La Grauvaca esta dispersada y posee un color café amarillento, se los localiza en hundimientos intraformacionales y la estratificación gradada, lo cual indica que hubo inestabilidad y corrientes de turbidez durante la deposición. Tratando de las formaciones y la secuencia de flysch, fueron intruidos por un Plutón granítico, donde anexo esta la unidad Celica con presencia de tobas andesíticas y lavas andesito-basálticas. Presencia de

moldes en la formación Cazaderos y en los depósitos se conforman de boleos, areniscas, grava y limos, conformando locales cuaternarios en este sector (GPL, 2011).

2.6.2.1. LITOLOGÍA

La litología es fundamental para entender cómo es el relieve, ya que dependiendo de la naturaleza de las rocas se comportarán de una manera concreta ante los empujes tectónicos, los agentes de erosión y transporte, y los diferentes climas de la Tierra (Reguant, 1971).

La composición litológica del Cantón Zapotillo, está compuesta de lutitas negras con presencia de carbón, astillosas y deleznales, calciculitas en capas delgadas, pasando a areniscas de matriz tobácea color grisáceo amarillento de 2 a 4 m (PDOT Zapotillo, 2014), la estructura rocosa entrevera lutitas grises con negras con una matriz limo-lítica con contrastes de areniscas gris verdosas de matiz arcillo tobácea con carbonato (GPL, 2011).

2.6.3. SUELOS

Es una capa de la corteza terrestre, formada por elementos de origen mineral y orgánico. Esto se debe a la alteración (o meteorización) de las rocas de la litosfera (denominada roca madre) y al aporte de los restos de materia orgánica de las plantas y de los animales (que nacen, viven y mueren sobre el) (Shaxson, 1994).

La naturaleza del suelo es dinámica, esto significa que no siempre es igual. Es decir, que su origen se debe al ataque erosivo de las rocas, pero su nacimiento propiamente dicho se produce cuando los restos orgánicos se incorporan a los restos minerales. Comenzando, entonces, a formarse un suelo joven que luego evoluciona hasta contar con varios estratos superpuestos en horizontes (Shaxson, 1994).

La capa superficial de los suelos del Cantón Zapotillo, es el resultado de la descomposición de las rocas por los factores abióticos como la temperatura, la acción del agua, el viento y

las condiciones bióticas como los seres vivos. Esta zona está compuesta en los siguientes órdenes, Alfisol, Inceptisol, Aridisol, Vertisol y Entisol (PDOT Zapotillo, 2014).

Orden Alfisol. - Se desarrolla en superficies antiguas o en paisajes jóvenes pero estables, pues son suelos con bastantes minerales primarios, arcillas, minerales y nutrientes para las plantas, Son suelos recomendados para explotaciones intensivas de cultivos anuales por su alto contenido en bases y alta reserva de nutrientes. Es susceptible a la erosión con poca infiltración de agua.

Orden Aridisol. - Constituyen suelos de regiones áridas y semiáridas, con poca disponibilidad de agua, por lo cual sus nutrientes químicos se encuentran en abundancia. Tienen muy poca concentración de materia orgánica

Orden Entisol. - Son suelos jóvenes características de valles de inundación, rellenos de erosión, zonas de dunas y pendientes muy acentuadas con fuerte erosión.

Orden Inceptisoles. - Son un poco menos jóvenes que los entisoles y con un desarrollo incipiente de horizontes. No presentan acumulación de materia orgánica, hierro o arcilla.

Orden Vertisol. - Tienen un alto grado de fertilidad y son buenos para el pastoreo. Dado su alto contenido de arcilla forman grietas durante las épocas secas, las cuales se sellan cuando llueve. Esto se debe a que la arcilla se contrae al secarse y se expande con la humedad.

2.6.4. RELIEVE

Se denomina relieve, al conjunto de irregularidades que presenta la superficie terrestre. El relieve hace referencia a la acomodación que presenta la superficie terrestre, y es fundamental en los estudios del clima y en la distribución de especies vegetales. Estos accidentes geográficos se clasifican según su tipología como formaciones montañosas, llanuras y depresiones (Stehberg & María, 1998), podemos identificar las siguientes formaciones con los respectivos tipos de relieve en el área de estudio:

Existen 22 formaciones geológicas en la provincia de Loja, de éstas, dos están presentes en el Cantón Zapotillo que abarcan todo su territorio, la Formación Cazaderos y la formación Zapotillo (PDOT Zapotillo, 2014). Presenta una orografía particular formando un relieve colinado mediano, destacándose colinas altas con ciertas zonas deprimidas, donde el relieve se encuentra formado por ciertos escarpados y llanuras aluviales que conforman un territorio de terrazas altas y bajas, mostrándose un relieve montañoso y vertientes convexas dentro del Cantón Zapotillo (GPL, 2011).

2.6.5. CLIMA

El Clima es el conjunto de condiciones atmosféricas propias de un lugar, constituido por la cantidad y frecuencia de lluvias, la humedad, la temperatura, los vientos, etc., y cuya acción compleja influye en la existencia de los seres sometidos a ella. El clima describe la sucesión periódica de los distintos tipos de tiempo que se repiten en una región de forma característica durante un periodo amplio de tiempo (Escardó, 1998).

La Zona Sur de la Provincia de Loja, posee un clima tropical mega térmico Seco (Figura 1), que abarca una superficie de 215 983,96 ha, representando el 19,52 % de este territorio conformado por varios cantones como Zapotillo, las partes bajas de Macará, Pindal, Puyango, Celica y Chaguarpamba y aproximándose hasta el límite del cantón Piñas de la Provincia del Oro. El total de precipitaciones anuales varía entre los 500 a 1 000 mm (años 2006-2008) (GPL, 2011). La estación seca está bien marcada o definida con temperaturas medias elevadas, superiores a los 30°C, destacando el déficit de precipitación durante las temporadas secas que es de 600 a 800 mm, con una duración de 7 a 10 meses (INAMHI, 2013). Según la clasificación de Blair, Zapotillo posee un clima semiárido, con una humedad relativa (Años 2006-2008) máxima de 93,4 % y mensual de 72 % (INAMHI, 2011). Durante los mismos períodos posee una nubosidad media de 6 Octas con una velocidad de viento de 7 m/s anual durante los períodos 2006-2008 (PDOT Zapotillo, 2014).

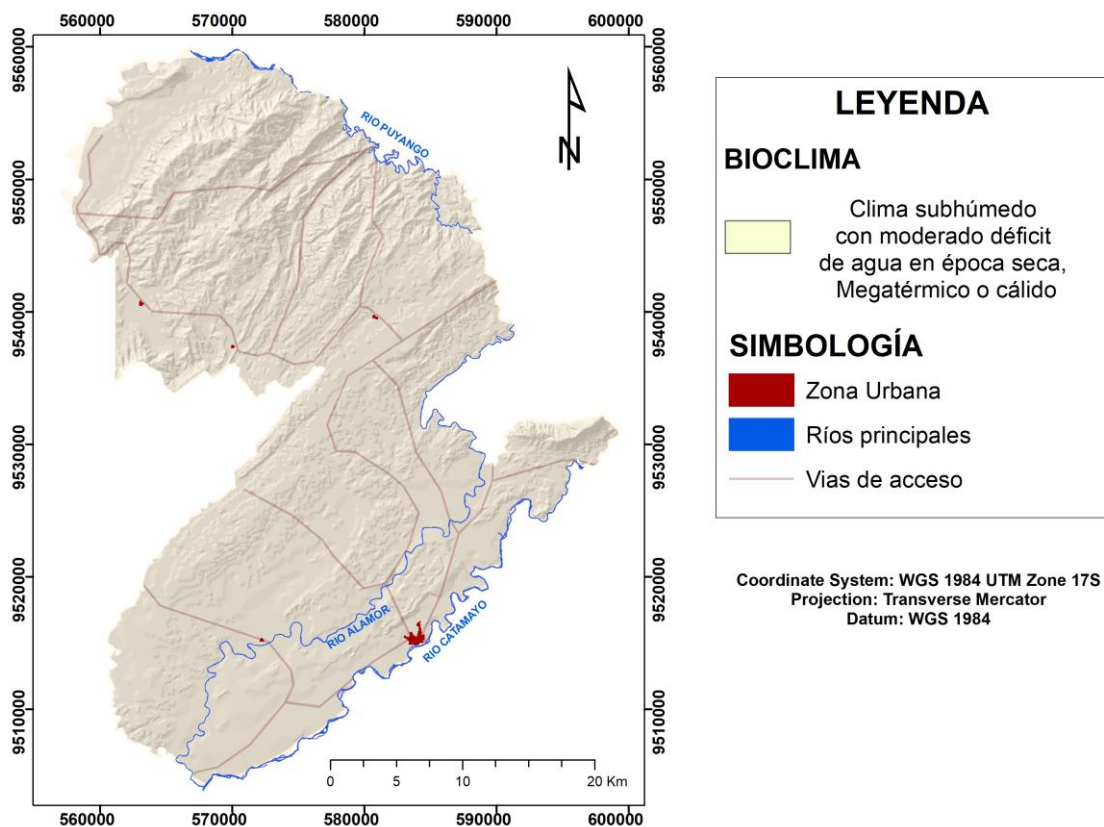


Figura 1. Bioclimas del Cantón Zapotillo

2.6.6. HIDROGRAFÍA

La hidrografía es la ciencia encargada del estudio de los cuerpos de agua que se encuentran en el planeta, especializándose en el de los continentes. La hidrografía estudia características como el caudal, el lecho, la cuenca y la sedimentación fluvial de las aguas continentales. Es habitual que se considere la cuenca hidrográfica de un río como una región natural específica y que se desarrollen análisis detallados de sus especificidades (Adamo *et al.*, 1989).

El cantón Zapotillo es un área muy particular en él se destaca una de las cuencas transfronterizas muy importantes de nuestro país la cuenca Catamayo-Chira, donde convergen las aguas de las subcuencas del río Catamayo y el río Alamor, y la otra cuenca que conforman la hidrografía del Cantón Zapotillo es la cuenca del Río Puyango en donde la conforman las quebradas: Cazaderos, Conventos y afluentes secundarios dentro de la cuenca, conformando así en gran parte la cuenca del Río Catamayo con un 66,25 %

mientras que la cuenca del Río Puyango con 37,75 %, del área total del Cantón Zapotillo (ver Figura 2).

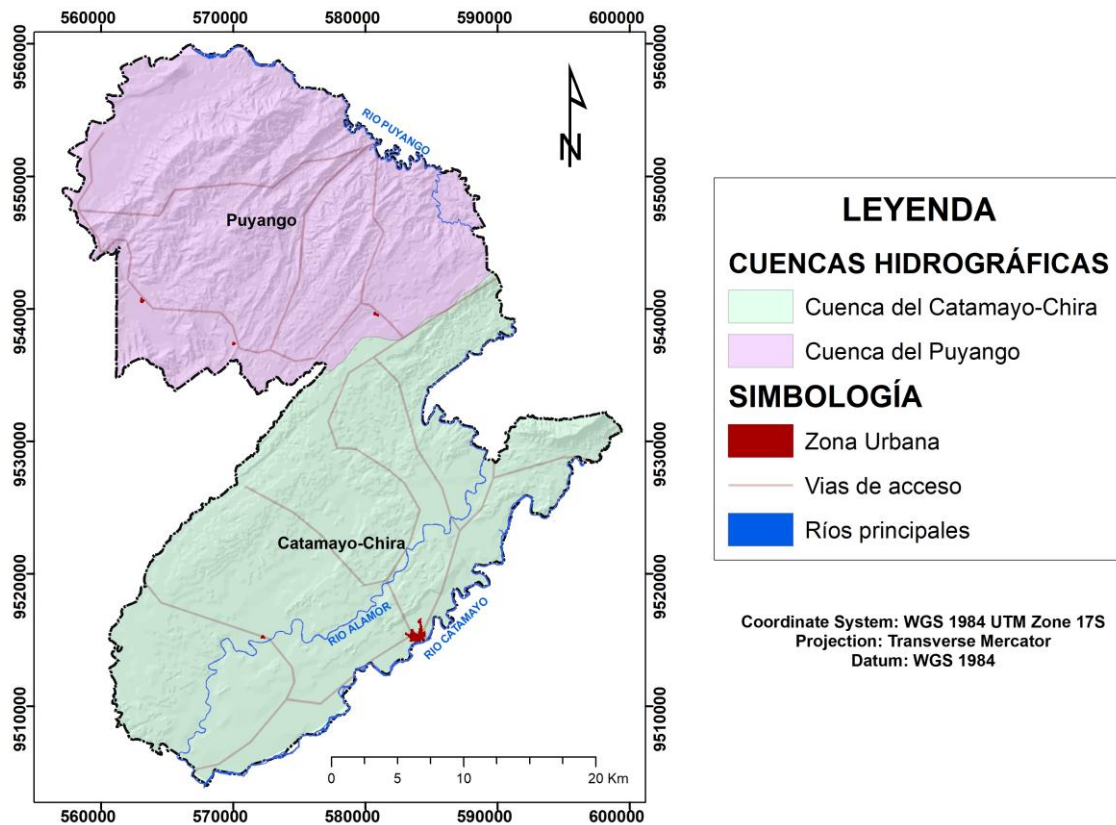


Figura 2. Cuencas hidrográficas del Cantón Zapotillo.

2.6.6.1. Cuenca del Río Puyango

La Cuenca del Río Puyango, posee una longitud de 120 km, la cual inicia en la cordillera de Chilla y el Cisne donde el recorrido se direcciona desde la para nororiental hasta la suroccidental, los afluentes al río Puyango son la quebrada Cazaderos, que al cruzar las fronteras con la República del Perú cambia su denominación por el Río Tumbes y desembocar en el Océano Pacífico.

2.6.6.2. Cuenca del Catamayo-Chira

El Río Alamor fluye desde la parte noroccidental hasta la suroriental originándose en la cordillera de Celica, en la cual afluyen quebradas temporales donde es bajo el caudal durante las épocas secas, en este río desembocan las aguas de la quebrada pilares. La longitud aproximada es de 84 km a escala nacional, recorre la mayor parte del cantón, marcándose por el margen derecho de la Parroquia Zapotillo, bordando aproximadamente 45 km, al cruzar los límites internacionales con el Perú cambia su denominación por Río Chira. La mayor parte de esta cuenca se conforma de diferentes afluentes ya que recorre casi la mitad de la Provincia de Loja, marcando el territorio ecuatoriano en toda su extensión y desembocando en el vecino país.

2.7. FORMACIONES VEGETALES

Es la agrupación de comunidades vegetales, delimitable en la naturaleza por caracteres fisionómicos particulares, dependiendo de las formas de vida dominantes y del modo como se efectúa la ocupación del espacio. Una formación vegetal representa la expresión de determinadas condiciones de vida y tienen su base en un tipo de ambiente particular (Vargas, 2001).

La mayor parte de la cobertura del Cantón lleva un perfil particular de bosque seco que conforma parte de las zonas costaneras del Ecuador, contrastando hacia el sur con los valles secos interandinos, en la Provincia de Loja la mayor parte de la superficie se encuentra conformada por bosque seco. La superficie total de estos ecosistemas en la provincia de Loja es de 31 % (3 400 km²), donde el relieve muestra características colinadas y escabrosos (Aguirre y Delgado, 2001).

Este tipo de bosques se conforman de formaciones áridas y semiáridas del norte del Perú, en la provincia de Loja este tipo de bosques son muy vulnerables y poco estudiados, y poseen una gran importancia económica por la diversidad de recursos de origen forestal y

no maderables, pues las zonas aledañas se abastecen de estos productos (Aguirre y Kvist, 2005).

EL potencial de diversidad que poseen los bosques secos son de inmenso valor, el escenario temporal que crean durante las épocas de invierno, un verdor estacional que se difumina conforme avanza las épocas secas tornando su follaje color amarillo pálido, lo que marca los meses secos desde mayo hasta diciembre, donde este tipo de bioma se vuelve débil y muy frágil ante acciones antrópicas.

Los bosques secos son muy sensibles a la deforestación, a las quemas no controladas, la introducción de especies exóticas que pueden alterar las comunidades naturales y volviendo más lenta su restauración (ver Figura 3).

2.7.1. ECOSISTEMAS

Un ecosistema es un sistema constituido por una comunidad de seres vivos y el medio natural en el que viven, los ecosistemas pueden formar una serie de cadenas que muestran interdependencia de los organismos dentro del sistema (Maass, 2003). De tal forma que el ecosistema es una unidad de organismos, estos se encuentran compartiendo el mismo hábitat. Algunos de estos hábitats no se pueden determinar con exactitud donde empiezan ni tampoco donde terminan, pero se los describe bajo un sistema de clasificación de acuerdo a la vegetación. Entre los ecosistemas que abarca el Cantón Zapotillo, se describen las siguientes clasificaciones:

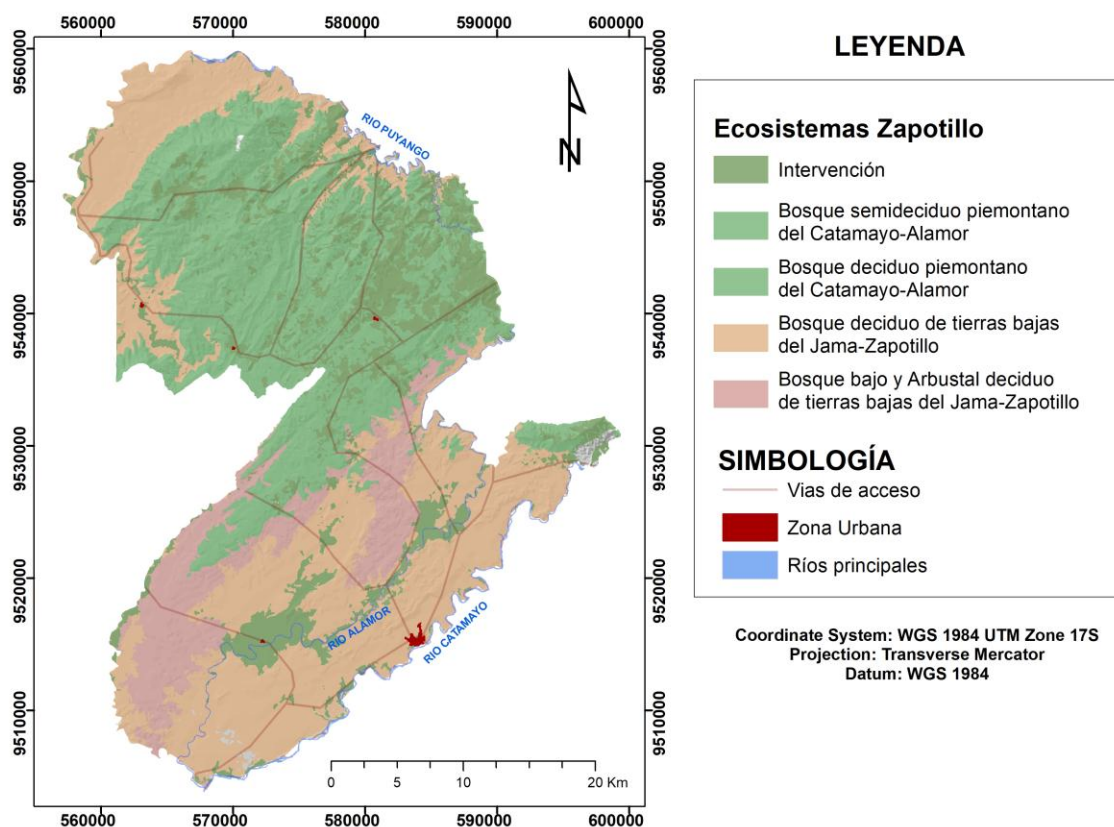


Figura 3. Mapa de ecosistemas del Cantón Zapotillo

2.7.1.1. Bosque bajo y arbustal deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo

Se considera como una formación vegetal denominada espinar litoral, este tipo de ecosistema se encuentra alterado por la explotación de los recursos naturales, la deforestación y el pastoreo, éste comparte similar ombrotipo y composición florística con las áreas costeras del Sector Jama-Zapotillo (Aguirre y Lozano, 2013), donde sobresalen un gran número de familias entre estas: Fabaceae, Boraginaceae, Capparaceae y Convolvulaceae, en donde es frecuente observar individuos de: *Caesalpinia glabrata*, *Bursera graveolens* y *Ceiba trischistandra* (MAE, 2013).

2.7.1.2. Bosque deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo

Este tipo de formación presenta un escenario de árboles aislados y suelos cubiertos de gramíneas forrajeras empleadas para el pastoreo, que lleva la denominación de sabanas (Aguirre y Kvist, 2005). En este territorio se encuentran planicies aluviales con alta frecuencia de varias especies de las familias Bombacaceae y Fabaceae. Posee un subdosel semiabierto o semicerrado donde se muestra incospicuo durante las épocas secas (MAE, 2013).

2.7.1.3. Bosque deciduo piemontano del Catamayo-Alamor

Este ecosistema se desarrolla en lugares colinados y muy escarpados, donde existen suelos bien drenados, con muy poca frecuencia se pueden encontrar remanentes en buen estado de conservación. Este tipo de formación se la puede encontrar especialmente en el suroeste de Loja, influenciada por las tierras bajas del litoral y constituido por especies como: *Acacia macracantha*, *Cordia macrantha* y *Helianthus acuminatus*, *Erythroxylum glaucum* (Bustamante, 2009).

Presenta estratos herbáceos formados por familias como: Acanthaceae y Asteraceae (Josse *et al.*, 2003)

2.7.1.4. Bosque semideciduo piemontano del Catamayo-Alamor

Es tipo de formación vegetal se encuentra en estado de conservación regular, con resiliencia baja, al degradarse este sistema, se transforma en un arbustal semideciduo con un dosel entre 5 y 6 m, se caracteriza por la presencia de estratos arbóreos, arbustos y hierbas con suelos muy pedregosos (MAE, 2013).

Son bosques semideciduos, con doseles que alcanzan 20 m de alto, presentan bosques secos estacionales de piedemonte perteneciente a la Cordillera occidental. Esta es

caracterizada por el dominio de *Acacia macracantha* y *Vernonantura patens* (Aguirre y Kvist, 2005).

2.8. FAUNA

La fauna es considerada como el conjunto de animales que son originarios o propios de una zona o región geográfica determinada, en este campo se incluye a todas las especies que existen en ese espacio específico, además se debe tener en cuenta que estas especies también pertenecen a un periodo geológico, pudiéndose encontrar en un sistema ecológico determinado, si ocurre una alteración en la fauna de un ecosistema, éste puede alterarse pudiendo ocasionar serios daños al mismo o a la propia especie animal, ya que los animales son vulnerables cuando ocurren cambios en su hábitat normal (Gallina & López, 2011).

Dentro del bosque seco la diversidad es exclusiva y única, las cuales poseen adaptaciones a climas bien marcados por el invierno y el verano, lo cual marca su endemismo dentro de estos ecosistemas.

Las regiones de bosque seco son catalogadas como áreas endémicas de aves, se estima que alrededor de 500 especies de aves dentro de estos ecosistemas se encuentran amenazadas: *Aratinga erythrogenis* (Perico caretirojo), *Brotogeris pyrrhopterus* (Loro macareño) y *Leptotila ochraceiventris* (Paloma ventriocracea).

Otras especies de fauna que se destacan y que también están amenazadas son los mamíferos como (*Puma concolor*), el Tigrillo (*Leopardus pardalis*), el Venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y el Oso hormiguero (*Tamandua mexicana*); son comunes también el Zorro de orejas cortas (*Pseudalopex sechurae*) y la Ardilla de nuca blanca (*Siurus stramineus*), mamíferos endémicos de la región Tumbesina (Tirira, 2001).

Algunos estudios realizados en este ecosistema, señala la presencia de 20 especies de anfibios y reptiles, donde el 40 % son endémicos de la región zoogeográfica tropical

suroccidental del Ecuador. La presencia de seis especies de serpientes, entre ellas (*Boa constrictor*) o Boa común (Díaz y Baus, 2001).

2.9. CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS

Es el conjunto de variables económicas, sociológicas, educativas y laborales por las que se califica a un individuo o un colectivo dentro de la sociedad. Y se puede evaluar sus condiciones de forma aproximada, según a lo que esta sociedad desempeña en cuanto a su labor y su economía (Araya, 2017).

Según el PEA (Población Económicamente Activa) cantonal de Zapotillo cuenta con una población económicamente activa de 4437 personas, representada por 875 mujeres y 3562 hombres, conformada por la Parroquia Zapotillo y Paletillas estas dos han constituido un aporte importante para el desarrollo del Cantón.

La mayoría de la población se ocupa en actividades de: agricultura, ganadería, silvicultura y pesca que representan el (61,12 %) de las actividades desarrolladas en el sector rural repartidas en la producción de alimentos locales para el abastecimiento de la canasta básica familiar y la producción de monocultivo de maíz, arroz y cebolla para el mercado (PDOT Zapotillo, 2014).

El comercio al por mayor y menor representa un (7,32 %) de las actividades que se desarrollan en la cabecera cantonal, aquí se encuentran los comerciantes formales e informales quienes ofertan productos básicos como hortalizas, abarrotes, frutas, carne, accesorios de vestimenta, plásticos entre otros (PDOT Zapotillo, 2014).

La economía de muchas familias depende de los monocultivos o venta de los mismos al igual que el ganado, o venta de productos procedentes del bosque. Los pobladores del cantón en su mayor parte son de zona rural, los cuales dependen de los recursos que les da el bosque, sean estos productos maderables o no maderables, donde también se destaca la ganadería caprina, porcina, bovina, la producción de sembríos anuales, o extracción de productos como la algarrobina y la extracción de madera para la elaboración de parquet (PDOT Zapotillo, 2014).

2.10. ESPECIES DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA

2.10.1. ESPECIES NATIVAS

Las especies ocupan grandes extensiones de terreno y forman parte de los ecosistemas, su presencia y distribución crean hábitats únicos por lo que radica su importancia en conservarlos y mantenerlos. Una especie que pertenece a una región o ecosistema determinado se la considera especie nativa, pues su presencia en esa región es el resultado de fenómenos naturales sin intervención humana, estas especies pueden ocupar grandes extensiones o estar restringidas a pequeñas regiones.

Las especies nativas son las que se encuentra dentro de su área de distribución natural u original (histórica o actual) de acuerdo con su potencial de dispersión natural. La especie forma parte de las comunidades bióticas naturales del área (Ochoa y Villela, 2006).

Los bosques secos de la Provincia de Loja, son los más extensos y mejor conservados del país y poseen una amplia diversidad de flora y fauna, entre estas especies se destaca: El guayacán oreja de león y guayacán negro son especies de alta importancia forestal pues constituyen la belleza estacional del ecosistema de bosque seco, pues la conservación de estas especies es de prioridad ecológica a nivel mundial, pues se vio afectada por la deforestación por su cotizada madera (Loja y Solano, 2015). La especie palo santo, de esta se extrae aceite esencial, riqueza natural del bosque seco, pues existe una gran concentración de árboles de palo santo pues han sido afectados de igual manera por la deforestación y explotación desmesurada de este producto forestal no maderable (Aguirre *et al.*, 2015)

El vainillo, almendro, bálsamo y guápala son especies que proveen beneficios agroforestales a los agricultores de la zona, pues son especies multipropósito, las personas viven habitualmente de la agricultura durante el resto del año. Pues de estas especies aprovechan recursos forestales maderables y no maderables para vivir (Aguirre *et al.*,

2015). El bosque seco existe una gran concentración de árboles, pero se tomó en cuenta estas especies pues están entre las más aprovechadas, según (Aguirre *et al.*, 2015).

2.11. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA EN EL CANTÓN ZAPOTILLO.

2.11.1. GUAYACÁN

El guayacán, su nombre científico es *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S. O. Grose, es originario de la zona intertropical de América y crece en la mayoría de países del continente (Figura 4). Respecto a Ecuador, es común en toda la costa y en algunos valles interandinos entre 200 y 1500 msnm (NCI, 2013).

Mide entre 15 y 18 m de altura, posee una corteza agrietada longitudinalmente, sus hojas compuestas opuestas, las flores del guayacán son de forma tubular de color amarillo, sus frutos son silicuas cilíndricas alargadas (Aguirre, 2012). Su copa es irregular y redondeada, de fuste recto, la madera es utilizada en construcción de muebles, pisos para su uso industrial. Se encuentra severamente amenazada, por la alta demanda de su madera, ocasionando la reducción de poblaciones (Aguirre, 2012). En el bosque seco zapotillano, su floración ocurre en enero; durante ese corto lapso, es común ver una alfombra de flores amarillas alrededor del árbol durante esta temporada (NCI, 2013).

Su clasificación botánica:

Reino	Plantae
Subreino	Embryobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Equisetopsida
Subclase	Magnoliidae
Superorden	Asteranae
Orden	Lamiales
Familia	Bignoniaceae
Género	<i>Handroanthus</i>
Especie	<i>chrysanthus</i>



Figura 4. Ejemplar de *Handroanthus chrysanthus*

2.11.2. GUAYACÁN NEGRO

El Guayacán madero negro, es una especie que se encuentra presente en Ecuador occidental y Perú (Valverde, 1998). *Handroanthus billbergii* (Bureau & K. Schum.) S.O. Grose es un árbol caducifolio de 12 a 14 m de fuste cilíndrico. Corteza pardo oscuro, marcadamente fisurada. Ramitas de color café-claro, pubescentes. Hojas compuestas, opuestas, decusadas, digitadas (palmadas), ovados angostos que miden hasta 10 cm de longitud y 5 cm de ancho (Figura 5). El foliolo terminal es más grande que los laterales, ligeramente pubescentes en el haz, borde entero, de ápice agudo a acuminado. Flores con cáliz campanulado, pubescente; corola tubular amarillo limón con estrías pétalos

amarillos, en inflorescencia racimosa. Su fruto contiene abundantes semillas aladas. Florece dos veces en el año en junio-julio y noviembre-diciembre. Se propaga por semilla y es de lento crecimiento (González *et al.*, 2005), crece en altitudes de 0 a 50 msnm, su madera es usada para construcciones y ebanistería.

Su clasificación botánica:

Reino	Plantae
Subreino	Embryobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Equisetopsida
Subclase	Magnoliidae
Superorden	Asteranae
Orden	Lamiales
Familia	Bignoniaceae
Género	<i>Handroanthus</i>
Especie	<i>billbergii</i>

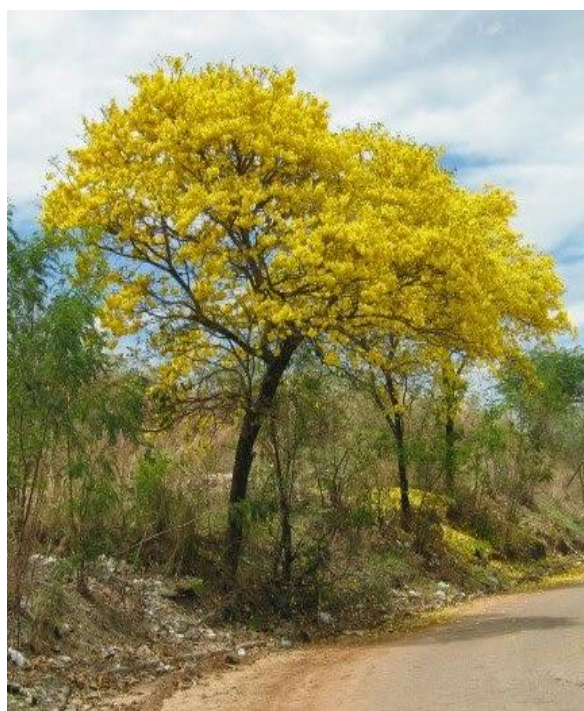


Figura 5. Ejemplar de *Handroanthus billbergii*

2.11.3. PALO SANTO

Esta especie habita en planicies y laderas del bosque Seco. Pertenece a la Familia Burseraceae su nombre científico es *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch., es un árbol que llega a tener una altura de aproximadamente 12 metros, posee una corteza lisa con partes vegetativas muy fragantes por la presencia de glándulas resiníferas que exudan una resina con olor alcanforado, posee hojas compuestas imparipinnaadas, con flores pequeñas blanco-lila, su madera seca se quema y es utilizada como repelente, sus hojas se usan como forraje y también son usadas en infusiones, la resina aromática es empleada

para curar malestares musculares y reumáticos (Figura 6). Se encuentra entre los 0 y 2000 msnm, en las Provincias de Loja (Aguirre, 2012).

Su clasificación botánica:

Reino	Plantae
Subreino	Embryobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Equisetopsida
Subclase	Magnoliidae
Superorden	Rosanae
Orden	Sapindales
Familia	Burseraceae
Género	<i>Bursera</i>
Especie	<i>graveolens</i>



Figura 6. Ejemplar de *Bursera graveolens*

2.11.4. VAINILLO

Se distribuye desde México hasta Perú, *Senna mollissima* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) H. S. Irwin & Barnaby, árbol caducifolio de 8-10 m de altura (Figura 7), su fuste se ramifica desde muy bajo, su corteza es lisa color pardo-claro, con hojas compuestas alternas, pinnadas, sus flores irregulares agrupadas en inflorescencia racimosa de color amarillo, su fruto es una vaina. Es utilizada para postes, leña y carbón, sus hojas son forraje, posee un buen potencial para Sistemas Agro-Forestales (SAF's), su hábitat en los matorrales y bosque seco entre 0 y 700 msnm (Aguirre, 2012).

Su clasificación botánica:

Reino	Plantae
Subreino	Embryobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Equisetopsida
Subclase	Magnoliidae
Superorden	Rosanae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	<i>Senna</i>
Especie	<i>mollissima</i>



Figura 7. Ejemplar de *Senna mollissima*

2.11.5. ALMENDRO

Conocido comúnmente como almendro, *Geoffroea spinosa* Jacq, habita en laderas y montañas del bosque seco y crece entre los 0 a 500 msnm, es un árbol caducifolio, de 20 m de alto de fuste cilíndrico con fuste recto en su mayoría (Figura 8), de corteza negruzca, presencia de espinas en sus ramas, de hojas compuestas paripinnadas y de hojas elípticas grandes y sus flores son de color anaranjado pequeñas en racimo, su fruto es una drupa (González *et al.*, 2005). Su uso es maderable, su corteza es usada para hacer moldes de queso, su follaje sirve para alimento del ganado y sus hojas y frutos tienen propiedades curativas.

Su clasificación botánica:

Reino	Plantae
Subreino	Embryobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Equisetopsida
Subclase	Magnoliidae
Superorden	Rosanae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	<i>Geoffroea</i>
Especie	<i>spinosa</i>



Figura 8. Ejemplar de *Geoffroea spinosa*

2.11.6. BÁLSAMO

Se lo conoce comúnmente como chaquino o bálsamo, *Myroxylon peruiferum* L. f, crece en las quebradas y hondadas de pie de monte y valles secos interandinos desde los 0-1400 msnm, es un árbol de 15 a 18 m de alto, su fuste es cilíndrico de color castaño grisáceo con ciertas manchas de color blancas con presencia de lenticelas (Figura 9). Sus hojas son compuestas, imparipinnadas de forma oval, sus flores son hermafroditas de color blanco y con inflorescencias en racimos de color amarillo anaranjado. Su fruto es una legumbre aplanada parecida a la sámara (Aguirre, 2002). Su Uso es maderable, la corteza de este árbol se la usa en infusiones para aliviar úlceras y gastritis, y sus hojas sirven como forraje para alimentar al ganado.

Su clasificación botánica:

Reino	Plantae
Subreino	Embryobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Equisetopsida
Subclase	Magnoliidae
Superorden	Rosanae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	<i>Myroxylon</i>
Especie	<i>peruiferum</i>



Figura 9. Ejemplar de *Myroxylon peruiferum*

2.11.7. GUÁPALA

Es un árbol o arbusto, *Simira ecuadorensis* (Standl.) Steyerem, crece en laderas y hondonadas a orillas de cultivos, ríos y quebradas del bosque seco crece entre altitudes de 200-800 msnm, su altura puede llegar hasta los 10 m con ramificaciones adyacentes en la base del tallo, sus tallos al ser cortados muestran una señal de oxidación de color rojo-púrpura (Figura 10). Su copa es irregular y de hojas simples, sus flores con sépalos de color verde agrupadas en inflorescencias panículas terminales, su fruto es una cápsula donde existen numerosas semillas aladas (González *et al.*, 2005). Es de uso maderable y para leña, sus hojas sirven como forraje para el ganado y es una planta melífera.

Su clasificación botánica:

Reino	Plantae
Subreino	Embryobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Equisetopsida
Subclase	Magnoliidae
Superorden	Asteranae
Orden	Gentianales
Familia	Rubiaceae
Género	<i>Simira</i>
Especie	<i>ecuadorensis</i>



Figura 10. Ejemplar de *Simira ecuadorensis*

2.12. BIOGEOGRAFÍA

Se la denomina a la biogeografía como el reparto de los seres vivos en el planeta tierra, los procesos que la generan, aquellos que la alteran de alguna manera y finalmente los que pueden ponerla en el peligro de la desaparición total de los mismos.

En la biogeografía se combinan conocimientos, herramientas y técnicas de la zoología, la botánica y la ecología, su objeto de estudio es la distribución de las especies en el planeta, dedicándose a analizar el origen de la misma y los cambios que se registran en ella.

La Biogeografía, se ocupará de plasmar cartográficamente aquellas áreas homogéneas que más o menos se caracterizan por las mismas condiciones y también aquellas que presentan características súper especiales y únicas para así poder interpretar cómo ha ido evolucionando la alteración perpetrada por la raza humana (Brown & Lomolino, 2006).

2.12.1. BIOGEOGRAFÍA ECOLÓGICA

Es una rama de la biogeografía que se ocupa de estudiar tanto el espacio como la biodiversidad en el tiempo, porque el clima, el medio, el suelo son factores que influyen en el desarrollo de algunas características que se observan en los seres vivos. Cualquier cambio que se produzca en la variable que predomine o subsista la especie esta se verá afectada y terminara afectando a otros organismos que se desenvuelvan en el mismo medio (Zunino & Zullini, 2003).

2.13. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

El estudio de la distribución geográfica de los seres vivos tiene como objetivo delimitar y clasificar los territorios ocupados por las diversas especies vegetales y animales originados a través de un largo proceso evolutivo y diseminados a partir del lugar de origen sobre una superficie de extensión variable que depende en primer lugar de su capacidad de reproducción y de diseminación (Claro, 1996).

Estos territorios ocupados por las distintas especies se denominan áreas y consisten en la representación sobre un mapa del conjunto de localidades donde ha sido identificada una especie u otra unidad taxonómica, es decir, el área se define como la región total dentro de la cual se distribuye una unidad taxonómica.

2.13.1. RELACIÓN DE LAS VARIABLES ECOLÓGICAS CON LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS SERES VIVOS

2.13.1.1. LA TEMPERATURA Y SU INFLUENCIA

La temperatura influye notablemente en la distribución geográfica y el desarrollo de los seres vivos, debido fundamentalmente a la gran diversidad de condiciones térmicas que existen en la superficie terrestre. La influencia en la distribución geográfica se ejerce tanto dentro del área de la especie, como en sus límites. En el primer caso se debe a las

variaciones locales de la temperatura originada principalmente por las características del relieve, los suelos y la vegetación, por lo que las especies pueden faltar en algunas porciones de su área. En el segundo caso la temperatura constituye una de las principales causas que limitan la distribución geográfica de los seres vivos, al alcanzar valores desfavorables.

La temperatura influye notablemente en el desarrollo de los seres vivos, ya que al aumentar o disminuir puede dificultar o incluso causarles la muerte a estos, cuando se alcanzan valores mínimos o máximos incompatibles con la vida (Claro, 1996).

2.13.1.2. LAS PRECIPITACIONES Y SU INFLUENCIA

El agua influye notablemente en la distribución geográfica, el desarrollo y el crecimiento de los seres vivos debido a la gran variabilidad de las precipitaciones en las distintas partes del planeta. Por ejemplo, las precipitaciones anuales de hasta 12 mm al año constituyen el desarrollo en especies comparado en zonas con hasta 1 mm de precipitación anual. Tal diferencia en las diferentes zonas limita en gran medida la distribución geográfica. El crecimiento de las plantas se afecta más directamente que el de los animales. Los vegetales toman el agua del suelo procedente de las precipitaciones o de un manto freático a poca profundidad. Pero sólo una pequeña parte es absorbida por las raíces y regresa casi toda a la atmósfera al ser transpirada, utilizándose una ínfima cantidad en el crecimiento y desarrollo (Claro, 1996).

2.14. CAUSAS QUE LIMITAN LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS SERES VIVOS.

Se encuentra dado por diferentes barreras que constituyen un obstáculo al avance de la migración. Por eso la mayoría de las especies posee una distribución geográfica mucho menor que la que se pueden lograr con sus propios medios, a excepción de las que son

favorecidas por el hombre. Estas barreras pueden ser: barreras geográficas abióticas y las bióticas.

Barreras geográficas: Geólogo-geomorfológicas, orográficas, climáticas, hidrológicas, edáficas.

a) Geólogo-geomorfológicas. – Dadas por diferentes tipos de rocas madres y cantidades de precipitaciones y radiación solar en diferentes zonas.

b) Orográficas. – Esta dada por la configuración del terreno sea montañoso o llano, esto hace que limite la distribución geográfica. Pues la barrera más natural son las cordilleras que accionan de forma directa.

c) Climáticas. – Pueden ser térmicas, hídricas, duración del día y otras.

d) Hidrológicas. – Estas barreras pueden ser ríos, lagos y mares.

e) Edáficas. – Consiste en la existencia de diferentes suelos que separan numerosas especies.

Barreras bióticas: Amenazas por enfermedades, depredadores, competencia con otras especies por agua, luz y nutrientes. Así como por la influencia humana la cual limita o reduce la distribución por la presencia de cultivos y la destrucción de especies vegetales (Claro, 1996).

2.15. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).

Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente en la captura, almacenamiento, análisis, transformación y presentación de toda la información geográfica y sus atributos, con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG's son una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial, que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato (CIAT, 2007).

2.16. RELACIÓN DE LA ECOLOGÍA CON LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).

Las ciencias ambientales y la Ecología en particular están sobrellevando en las últimas décadas, importantes cambios conceptuales y metodológicos, entre los que se destaca la incorporación de procesos y estructuras espaciales.

La incorporación de datos y herramientas de análisis espacial (muchas veces derivados de GPS, sensores remotos, bases de datos, etc.), debe acompañarse con una formación adecuada en técnicas para almacenar, ordenar, visualizar, manipular y analizar datos espaciales que permitan describir patrones espaciales e inferir procesos profundos. Las plataformas que permiten hoy realizar esto se denominan Sistemas de Información Geográfica (SIG).

El uso de los SIG es un elemento clave para incorporar procesos espaciales y temporales al estudio de nuestro medio, esto permite obtener, procesar y analizar datos ambientales y ecológicos adecuadamente.

2.17. 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 (Gordo, 2009).

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 (Ordóñez, 2011).

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”, se trata pues de una distribución de frecuencias (Sarmiento, 2001).

La técnica de los perfiles ecológicos es una de las más efectivas y simples del análisis fitoecológico, precisamente su poder radica en su simplicidad. De acuerdo con 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 (Claro, 2002).

El análisis de los perfiles ecológicos a partir de las frecuencias corregidas indica la amplitud ecológica de cada especie en relación a un factor ecológico, y mediante el cálculo se deduce su preferencia ecológica (Guillerm & Sutisna, 1983).

Según Gounot (1969), menciona que “al analizar relaciones de comunidades vegetales se enfrenta con el problema de analizar una cantidad muy elevada de variables, es por ello que se utilizan cada vez más métodos de tipo estadístico que permiten un apropiado manejo del conjunto de variables considerado; para estudiar estas relaciones se selecciona cierta cantidad de índices ecológicos”.

El conjunto de datos de presencia de distintas especies, dentro de diferentes clases de los factores ecológicos elegidos se denomina perfil ecológico (Cardoso & García, 1979).

El término perfil hace referencia a la representación de una cualidad o rasgo específico, al asociarlo con la ecología, hace referencia a los factores ecológicos que influyen en los seres vivos, y para representarlo es necesario, poder medir cada una de estas influencias; por lo cual, se necesita del método estadístico que nos permite interpretar el comportamiento de las especies con el medio físico, basándonos en las presencias y ausencias.

2.18. ZONIFICACIÓN SILVÍCOLA

La palabra silvícola se deriva de la silvicultura, que es una ciencia donde su función es el cultivo de los bosques y siempre orientada a la conservación de las masas forestales (González- Doncel & Gil, 2013). Zonificar es un método donde su objetivo es localizar áreas con potencialidad (Rojas, 1985).

Basándonos en estos conceptos, dentro del campo forestal podríamos decir que, es una forma de clasificar en el territorio zonas de potencial forestal alto, medio y bajo, delimitando así zonas óptimas en función del suelo, vegetación y relieve.

Para ejecutar este tipo de implementación es necesario conocer los insumos básicos que se necesitan: Cartografía de las variables ecológicas de las especies, Cartografía clasificada que otorgue valor estadístico de cada una de las variables a estudiar, Cartografía de relieve lo que acompaña las variables de pendiente disección vertical y disección horizontal (Martin, 2008).

Según Álvarez, Fernández y Rivero (1987), hacen referencia a la zonificación como: la distribución espacial o delimitación de recursos y potencialidades que posee el medio físico. Para esto se debe valer de referencias estadísticas y análisis de características ecológicas en comarcas o regiones.

En dasonomía el término sitio o zona se utiliza como una posición geográfica o como condiciones del ambiente físico asociado a un lugar. Se lo puede definir como un área en donde se combinan características de suelo, topografía, clima y factores bióticos que, interrelacionados, reflejan la capacidad que tiene un terreno forestal para favorecer el crecimiento de los árboles. Por tanto, determinar zonas con esta calidad son precisas para la productividad de un bosque (Spurr y Barnes, 1982).

Se considera como un plan para priorizar áreas del territorio forestal, con la finalidad de ordenar de mejor manera las actividades como, la restauración y la conservación de estos ecosistemas forestales.

Actualmente, existe interés por conocer la influencia que tienen factores como relieve, suelo y clima sobre el crecimiento de las especies y la productividad de los bosques. El conocimiento de esta información es importante para generar cartografía de productividad mediante uso de herramientas de sistemas de Información Geográfica (Martínez *et al.*, 2006), pues localizar o focalizar estas zonas incrementaría las probabilidades de crecimiento de las especies. Es el inicio del proceso del desarrollo forestal, y la continuación del uso de tecnologías para el manejo sustentable de bienes y servicios de los ecosistemas forestales (Martínez, 2008).

3. METODOLOGÍA

3.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se realizó en el cantón Zapotillo que se encuentra ubicado al extremo sur occidental de la provincia de Loja, de la República del Ecuador (ver Figura 11). Su ubicación geográfica es: 04°10'00" 04°30'00" Latitud Sur, 80°07'00" 79°45'00" Longitud Oeste.

Limita al Norte, al Sur y al Oeste con la República del Perú; al Este con los cantones de Puyango, Pindal, Celica y Macará. Cuenta con una superficie de 121 510 ha., y está dividido en cuatro parroquias rurales: Cazaderos, Paletillas, Garza real y Limones y una parroquia urbana, Zapotillo.

Orográficamente se encuentra en la parte más baja de provincia de Loja, aquí existen muy pocas montañas, sobresaliendo El Melo, Pitayo, Serrano, Chilco, Las Bocanas, Bejucal, entre otras.

La configuración fisiográfica es del tipo colinado, de topografía plana con declives menores al 5%. En la parte noroeste y oeste del cantón se tiene la presencia de colinas con altitudes máximas de 800 metros sobre el nivel del mar (msnm) y estrechos medianamente profundos por donde fluyen los drenajes que, en su mayoría, son permanentes. En el sector sur - este del cantón se nota terrazas (mesetas).

El rango altitudinal del cantón Zapotillo tiene una variación que oscila entre los 150 y 1 000 msnm, la temperatura en las partes bajas es de 24-26°C hasta 20-22°C y la precipitación media anual de 400-600 mm hasta 600-700 mm/año en las partes altas (Valladolid y Vidal, 1990).

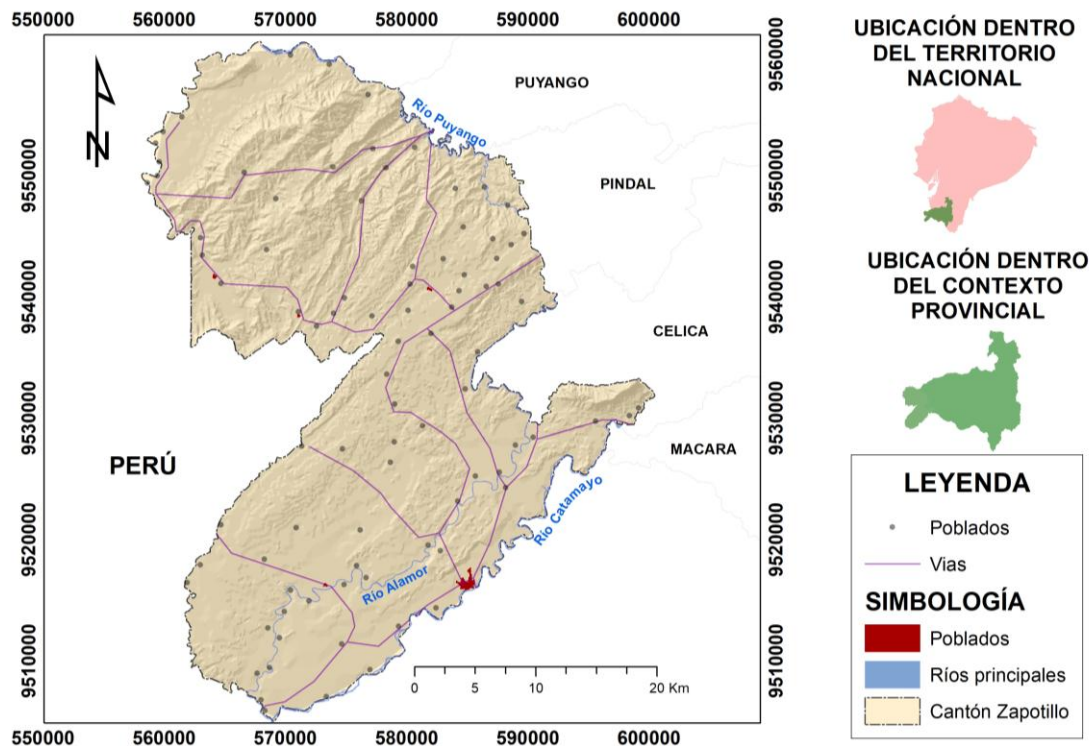


Figura 11. Ubicación espacial del área de estudio dentro del contexto nacional, provincial del Cantón Zapotillo.

3.2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE LAS ESPECIES SELECCIONADAS

Se definió según el objetivo de al menos tres especies, durante las visitas de campo y la información que se analizó, se identificó 7 especies más aprovechadas en el bosque seco (Aguirre y Delgado 2001; Aguirre *et al.*, 2015). Una vez definidas las especies forestales la recopilación de información para el inventario del componente biótico se desarrolló mediante actividades de oficina y de campo para lo cual se elaboró una matriz (Tabla 1), que permitió verificar la información en cuanto a la taxonomía, ubicación y la distribución de las especies.

Durante la etapa de oficina, se recopiló información de los registros de las especies de la base de datos del Herbario “Reinaldo Espinosa” de cada una de las especies, para luego importarlos al SIG. La fase de campo se realizó de acuerdo al cronograma establecido, durante los meses de diciembre 2016, enero y febrero 2017, que coincidieron con la

floración de los guayacanes, para esto se elaboró un mapa de sitios con valor forestal: (bosques protectores, reservas ecológicas, proyectos de conservación, sitios de estudios realizados y remanentes de bosques), zonificando de mejor manera las áreas a visitar, con el objetivo de aprovechar los recursos y el tiempo, durante esta etapa. Para levantar la información de campo se usó la técnica de muestreo a través de puntos GPS para registrar las especies en zonas de importancia florística, posibilitando la localización a través de coordenadas, estos datos fueron almacenados manual y digitalmente, para proceder luego a analizarlos y procesarlos. Durante esta etapa se clasificó la información florística, y se diseñó un mapa de distribución de los puntos referenciados a través del software ArcMap 10.5. En cada capa se utilizó los factores ecológicos estudiados: temperatura, precipitación, altitud, geología y suelos, donde se obtuvo mapas temáticos, topográficos que fueron analizados por el método estadístico de los perfiles ecológicos que permitió representar la distribución de las especies en el área de estudio.

La información fue facilitada por la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA) a escala 1:25 000, se consideró curvas de nivel cada 40 metros clasificando las alturas en 5 clases. Para diseñar el mapa de geología y suelos se usó shapes del área de estudio a escala 1: 25 000, proporcionada por la SENAGUA (Secretaría Nacional del Agua), la digitalización de los mapas de isoyetas e isotermas se realizó mediante shapes proporcionados por el INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), y anuarios de 1998-2015 de precipitaciones y temperatura de las diferentes estaciones meteorológicas (M151, M437, M435, M757, MB87, M148, M752, M1166, M1159, M1129), aplicando la técnica kriging que interpola los datos recogidos y genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos otorgando valores y representando al descriptor temperatura y precipitación.

Tabla 1. Hoja de campo para recolección de datos de las especies

Universidad Nacional de Loja
Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables
Carrera de Ingeniería Forestal
Hoja de campo para la recolección de datos de la especie

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Lugar o Sector: _____ **Hoja No:** _____

Altitud: _____

Especie	Coordenadas		OBSERVACIONES
	X	Y	

Fuente: Elaborado por el autor, 2017

Tabla 2. Especies forestales seleccionadas en el Cantón Zapotillo las cuales fueron estudiadas y analizadas mediante el método de los perfiles ecológicos.

Nombre científico	Nombre común	Acrónimo
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S. O. Grose	Guayacán	Hacr
<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch	Palo Santo	Buse
<i>Senna mollissima</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) H. S. Irwin & Barnaby	Vainillo	Semo
<i>Simira ecudorensis</i> (Standl.) Steyerm	Guápala	Siec
<i>Myroxylon peruiferum</i> L. f	Chaquino	Mype
<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	Almendro	Geos
<i>Handroanthus billbergii</i> (Bureau & K. Schum.) S. O. Grose	Guayacán negro	Habi

Fuente: Elaborado por el autor, 2017.

3.3. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LOS PERFILES ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES FORESTALES EN EL CANTÓN ZAPOTILLO

Se define como factor ecológico, todo carácter del medio físico o biótico que influye en el desarrollo de la vegetación (Gounot, 1969). Para que determinada especie sea indicadora de un determinado intervalo del factor ecológico elegido, es necesario que aparezca representada solamente en una o unas pocas clases de dicho factor ecológico.

El conjunto de presencias de especies, en diferentes clases en cada factor, se denomina perfil ecológico.

Gounot (1958), hace referencia al término PERFIL ECOLÓGICO como designación de las series ordenadas de frecuencias relativas de presencias de una especie en un conjunto de clases de un descriptor.

Los perfiles ecológicos son diagramas o tablas de frecuencias de una especie en función de clases 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 & Godron, 1982). Se trata pues de una distribución de frecuencias.

La técnica de los perfiles ecológicos es una de las más efectivas y simples del análisis fitoecológico, precisamente su poder está, en lo simple que resulta elaborarlos (Pérez, 2012). De acuerdo con esta técnica hay un factor ecológico o descriptor ambiental que 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).

El análisis de las especies mediante la aplicación de perfiles ecológicos se basó en la distribución de la frecuencia de las clases o conjunto de censos florísticos, en los cuales se caracterizó cada uno de los diferentes niveles, estados o clases de un descriptor considerado o factor ecológico (Figura 12).

Los descriptores más representativos que se utilizó, para los componentes geoecológicos de los paisajes, fueron: suelos, altitud, pendiente, temperatura media anual (Isotermas), precipitación anual (Isoyetas), geología. Se usó este tipo de descriptores por el nivel de escala que se poseía y porque la mayoría de estudios se usaba únicamente tres descriptores, en esta vez se decidió usar los disponibles a escala 1: 25 000 para obtener mejores resultados a través de cinco insumos ecológicos.

Para elaborar los perfiles ecológicos se tomó en cuenta que, una variable de naturaleza cualitativa indica la presencia o la ausencia de una “cualidad o “atributo”, de tal manera que, junto con las variables explicativas cuantitativas, se le asignó un valor, en este caso el número uno, que indica presencia del atributo; o el valor 0, que indica la ausencia del atributo. 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 (Tabla 3). Para el presente estudio se utilizó los perfiles brutos.

Los perfiles brutos se formaron a partir de frecuencias absolutas y se diferenció dos tipos: los perfiles de conjuntos y los perfiles de frecuencias absolutas.

Los perfiles brutos de conjunto (PEC) se formaron por los censos en cada descriptor ecológico, es decir el número de parcelas distribuido en clases para la altitud, geología.

Tabla 3. Esquema de los perfiles ecológicos de una especie (E) y para un descriptor (L).

		DESCRIPTOR L						Conjunto de Censos		
		Clase 1	Clase 2	...	Clase K	...	Clase NK			
ESPECIE	1	Perfil de conjunto PEC	Número de censos	$R(1)$	$R(2)$	...	$R(K)$	...	$R(NK)$	$NR = \sum_1^{NK} R(K)$
	2	Perfil de frecuencias absolutas FAP	Número de presencias	$U(1)$	$U(2)$	...	$U(K)$	...	$U(NK)$	$\sum_1^{NK} U(K) = U(E)$
	3	Perfil de frecuencias absolutas FAA	Número de ausencias	$V(1)$	$V(2)$	...	$V(K)$	...	$V(NK)$	$\sum_1^{NK} V(K) = U(E)$
	4	Perfil de frecuencias relativas FRP	Frecuencias relativas de presencias	$\frac{U(1)}{R(1)}$	$\frac{U(2)}{R(2)}$	...	$\frac{U(K)}{R(K)}$	...	$\frac{U(NK)}{R(NK)}$	$\frac{\sum_1^{NK} U(K)}{\sum_1^{NK} R(K)} = \frac{U(E)}{NR}$
	5	Perfil de frecuencias relativas FRA	Frecuencias relativas de ausencias	$\frac{V(1)}{R(1)}$	$\frac{U(1)}{R(1)}$	...	$\frac{V(K)}{R(K)}$	...	$\frac{V(NK)}{R(NK)}$	$\frac{\sum_1^{NK} V(K)}{\sum_1^{NK} R(K)} = \frac{V(E)}{NR}$
	6	Perfil de frecuencias corregidas FCP	Frecuencias corregidas para las presencias	$\frac{U(1)}{R(1)} \frac{NR}{U(E)}$	$\frac{U(2)}{R(2)} \frac{NR}{U(E)}$	...	$\frac{U(K)}{R(K)} \frac{NR}{U(E)}$	...	$\frac{U(NK)}{R(NK)} \frac{NR}{U(E)}$	$\frac{U(E)}{NR} \frac{NR}{U(E)} - 1$
	7	Perfil de frecuencias corregidas FCA	Frecuencias corregidas para las ausencias	$\frac{V(1)}{R(1)} \frac{NR}{V(E)}$	$\frac{V(2)}{R(2)} \frac{NR}{V(E)}$	...	$\frac{V(K)}{R(K)} \frac{NR}{V(E)}$	...	$\frac{V(NK)}{R(NK)} \frac{NR}{V(E)}$	$\frac{V(E)}{NR} \frac{NR}{V(E)} - 1$

Fuente: Daget, Ph et Godron, M. 1982

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

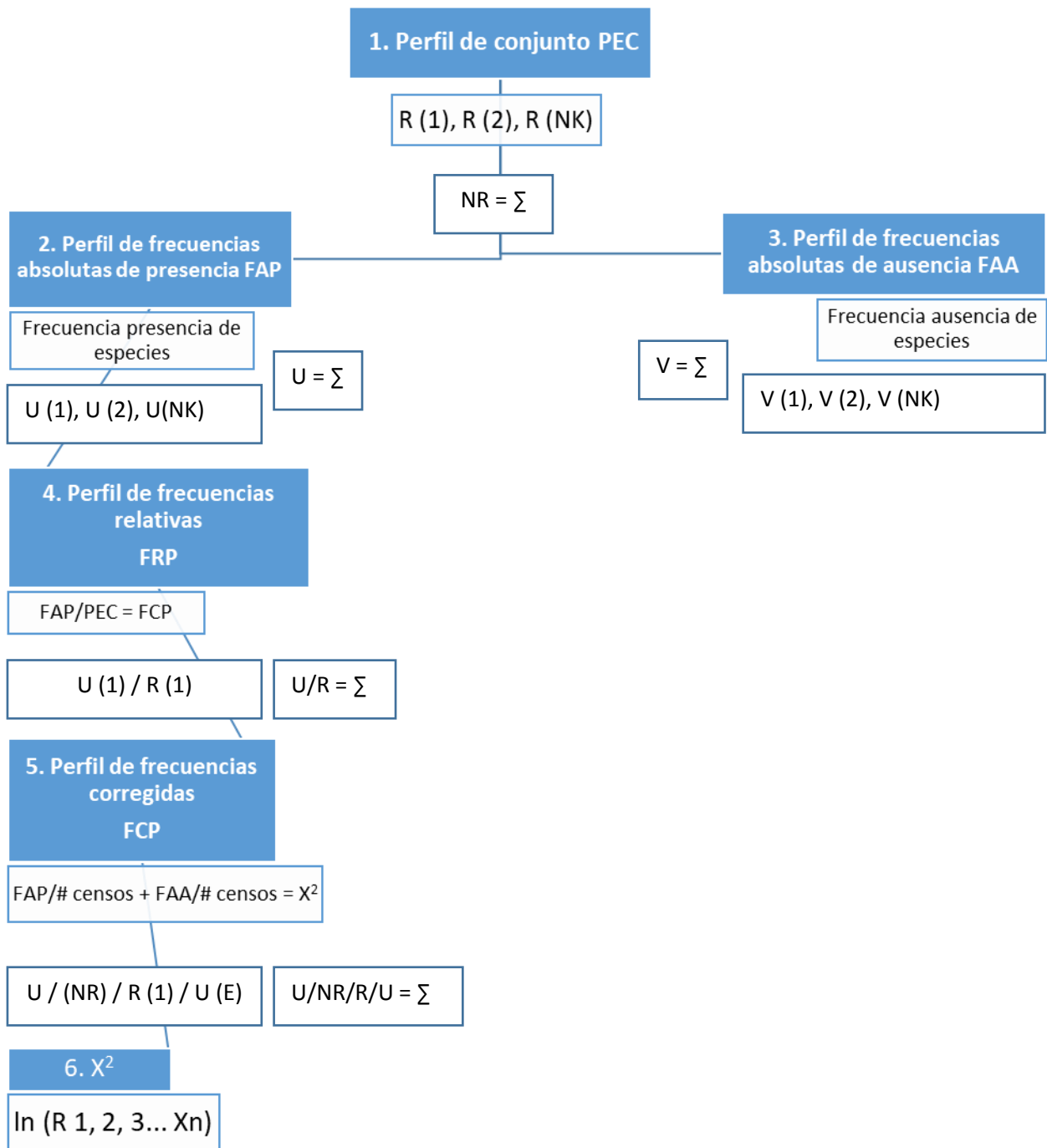


Figura 12. Flujograma de los perfiles ecológicos con sus respectivas fórmulas

Al elaborar los perfiles ecológicos se distribuyó las frecuencias de las clases o los rangos del descriptor, en un conjunto de censos florísticos (perfil de conjunto PEC) y en la distribución de las frecuencias de las especies (Tabla 4).

Tabla 4. Esquema de la tabla de perfiles ecológicos de conjunto (PEC) y de frecuencias absolutas (FAP), relativas (FRP) y corregidas (FCP) de presencias y χ^2 para las especies, respecto a cada uno de los descriptores ecológicos.

ESPECIES	PERFILES	CLASE I	CLASE II	CLASE III	CLASE IV	CLASE V	CLASE VI	TOTAL
	PEC							
<i>Guayacán</i>	FAP							
	FAA							
	FRP							
	FCP							
	χ^2							
<i>Palo Santo</i>	FAP							
	FAA							
	FRP							
	FCP							
	χ^2							

Los perfiles de conjunto (PEC) están asignados por el total de censos o rodales (Tabla 5), ejemplo:

Tabla 5. Matriz para los cálculos de los PEC

		CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4	CLASE X_n	TOTAL
Especie ¿?	PEC	X	X	X	X	X_n	XXXX

$$PEC = (X + X + X + X_n..) = XXXX$$

Es muy importante determinar los perfiles de conjunto, pues a partir de los cuales se generan los perfiles restantes, (*FAP*), (*FAA*), (*FRP*), (*FCP*).

Perfiles de frecuencias absolutas, se determinan a través de **(FAP)** presencia y **(FAA)** ausencia (Tabla 6), obteniéndolo mediante los siguientes cálculos:

$$FAP = (\text{número de especies existentes en el rango, clase o rodal})$$

$$FAA = (PEC - FAP)$$

Tabla 6. Matriz para los cálculos de los FAP y FAA

		CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4	CLASE Xn	TOTAL
Especie ¿?	PEC	X	X	X	X	Xn	<u>XXXX</u>
	FAP	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	XX
	FAA	(X-x)	(X-x)	(X-x)	(X-x)	(X-x)	XX

Como forma de comprobación, la suma de los dos valores de **FAP** y **FAA** debe dar como resultado el total de **PEC**.

$$FAP (XX) + FAA (XX) = PEC (XXXX)$$

Perfiles de frecuencias relativas de presencia (FRP), se lo obtiene dividiendo el total de la **Clase 1 de FAP** para el total de la **Clase 1 de FAA**, (Tabla 7), de la siguiente forma:

$$FRP = (\text{Clase 1 FAP} / \text{Clase 1 FAA})$$

$$FRP = (x / (X - x))$$

Tabla 7. Matriz para los cálculos de los FRP

Especie ¿?	FRP	X1	X2	X3	X4	X...	Total FRP
---------------	-----	----	----	----	----	------	--------------

Perfiles de frecuencias corregidas de presencias (FCP), a este perfil se lo determina mediante la multiplicación de la **Clase 1 de PEC y FAP**, con el **total de PEC y Total de FAP**, y la división de estos valores da como resultado el valor de **FCP**, su fórmula es:

$$FCP1 = (Clase\ 1\ FAP * Total\ de\ PEC)$$

$$FCP2 = (Clase\ 1\ PEC * Total\ de\ FAP)$$

$$FCP = \left(\frac{FCP_1}{FCP_2} \right)$$

Para determinar los perfiles de frecuencias relativas y corregidas de presencias de las 7 especies seleccionadas y X^2 (ji cuadrado), se utilizó el programa estadístico CALCPERF (Fariñas & Claro, 1996), para la obtención del mismo es necesario los valores de los perfiles absolutos de *presencias* (**FAP**) y *ausencias* (**FAA**).

Los valores de FCP se contrasta 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). Para determinar ji cuadrado se calcula:

$$X^2 = 2 [(\Sigma FAP) \ln FAP + \Sigma FAA \ln FAA + NTC \ln NTC) - (\Sigma NTC \ln NTC + NPA \ln NPA + NAA \ln NAAT)].$$

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

Para calcular los perfiles de frecuencias relativas y corregidas de presencias de las 7 especies seleccionadas y X^2 se utilizó el programa estadístico CALCPERF (lenguaje MS-DOS), para esto se debe conocer los valores de **FAP** (frecuencias absolutas de presencias) y **FAA** (frecuencias absolutas de ausencias) (Claro, 2002), de cada una de las especies.

Para saber si la presencia de una especie en el territorio depende del descriptor analizado, se realizó una prueba de independencia (si el valor X^2 supera los grados de libertad está depende directamente o caso contrario; se independiza o libera), en la que se usa para comparar el valor de los grados de libertad con el valor X^2 de la especie, entonces se acepta la hipótesis, de que la especie no guarda relación con el descriptor, de suceder lo contrario se acepta de que la especie guarda relación con el descriptor.

El análisis de los valores obtenidos de X^2 , se tomó en cuenta con los grados de libertad, el valor de X^2 si este valor es mayor al de los grados de libertad, entonces la especie depende del descriptor, pero en cambio si el valor que se obtiene de X^2 es menor, la especie no se asocia o no depende del descriptor. Se analizó de igual forma la **FCP** (frecuencia corregida de presencia) si es mayor a 1 (**FCP>1**), la especie es más abundante, usual o frecuente dentro de esa clase, pero si FCP está cerca o próximo a 1 la especie es indiferente al descriptor en la clase, y menor a 1 (**FCP<1**), demuestra que la especie es menos frecuente de lo esperado dentro de la clase que se considere el valor de **FCP**. Al usar este análisis las variables indican la presencia o ausencia de una “cualidad” o atributo. Una manera de cuantificarlas es mediante las variables ficticias que toman los valores de 0 o 1. Donde “1” indica presencia del atributo y “0” ausencia del mismo. Estas se conocen como variables dicotómicas (Daget & Godron, 1982).

En los casos donde el valor de X^2 es menor al valor de los grados de libertad, en el descriptor que se esté considerando, entonces la especie no depende de dicho descriptor.

3.3.1. PROCESO METODOLÓGICO DE COMPARACIÓN DE RESULTADOS MEDIANTE SOFTWARE ESTADÍSTICO “R”

Los valores que se obtuvo mediante el software CALCPERF. Han sido comparados a través del Software estadístico “R”, para determinar su fiabilidad y comprobar cada dato obtenido a través de los perfiles ecológicos. Para lo cual se creó una matriz en R, en el cual se determinó los datos de presencia y ausencia mediante el comando (chisq.test) que

permite calcular el valor de X^2 , de cada uno de los descriptores ecológicos analizados de las especies.

3.4. PROCESO METODOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS

Para la elaboración de los mapas de cada uno de los descriptores ecológicos analizados se utilizó el software SIG ArcMap 10.5, para cada descriptor se usó shapes que contienen metadatos de Geología (litología), altitud, temperatura, precipitación y suelos, que fueron facilitados por la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA), para luego ser digitalizada por la conversión de los puntos GPS.

Para la elaboración del mapa de distribución de especies se tomó como base los registros tomados en campo (puntos GPS) los cuales se digitalizan transformándolos a formato raster con un tamaño de pixel (Cell size) de 500 x 500 lo que representa en medida superficial a 250 000 metros cuadrados (m^2) (25 ha), esto permite agrupar varios registros en uno solo, dando como resultado la representación de las parcelas o cuadrículas, para su interpretación se debe convertir a formato vectorial (Puntos), como resultado se obtiene los mapas de distribución de especies en parcelas. Se eligió este tipo de resolución para obtener una perspectiva más detallada dentro del área de estudio, anteriores investigaciones recomendaban el uso de una menor escala, para determinar específicamente zonas más pequeñas a reforestar y la dimensión dentro del espacio es más específica.

La relación de los mapas de distribución de parcelas con los descriptores ecológicos, se elaboraron considerando los siguientes descriptores en el área de estudio: altitud, geología (litología), suelos, temperatura media anual y precipitación media anual.

Al descriptor altitud se categorizó en cinco clases, con intervalos de 150 metros cada uno, en cada rango altitudinal se consideró las condiciones que permiten la distribución de las especies.

3.4.1. CLASIFICACIÓN DEL DESCRIPTOR ALTITUD

Clase I: comprende valores menores a los 270 msnm, con 30 parcelas

Clase II: comprende el rango desde los 271-420 msnm, con 37 parcelas

Clase III: comprende el rango desde los 421-570 msnm, con 34 parcelas

Clase IV: comprende el rango desde los 571-720 msnm, con seis parcelas

Clase V: comprende valores mayores a los 721 msnm, con seis parcelas

3.4.2. CLASIFICACIÓN DEL DESCRIPTOR GEOLOGÍA

El descriptor geología (Litología) fue categorizado en tres clases agrupadas en las siguientes clases:

Clase I: comprende depósito aluvial, con cuatro parcelas

Clase II: comprende grauvaca, limolita, conglomerado y caliza, con 53 parcelas

Clase III: comprende lutita negra, con 53 parcelas

3.4.3. CLASIFICACIÓN DEL DESCRIPTOR SUELOS

El descriptor suelos fue categorizado en cinco clases descritas de la siguiente manera:

Clase I: Alfisol, conformada por 12 parcelas

Clase II: Aridisol, conformada por 14 parcelas

Clase III: Entisol, conformada por 12 parcelas

Clase IV: Inceptisol, conformada por 71 parcelas

Clase V: Tierras misceláneas, conformada por 1 parcela

3.4.4. CLASIFICACIÓN DEL DESCRIPTOR TEMPERATURA

El descriptor de temperatura media anual comprende una categorización de cuatro clases, lo cual se obtuvo, de la siguiente forma:

Clase I: temperatura entre valores menores a 23°C, conformada por tres parcelas

Clase II: temperatura entre valores de 23 °C-24°C, conformada por 25 parcelas

Clase III: temperatura entre valores de 24 °C-25°C, conformada por 65 parcelas

Clase IV: temperatura entre valores mayores a 25°C, conformada por 17 parcelas

3.4.5. CLASIFICACIÓN DEL DESCRIPTOR PRECIPITACIÓN

El descriptor precipitación media anual se distribuyó en ocho clases, correspondiendo a los siguientes valores:

Clase I: precipitaciones entre valores menores de 200 mm, conformada por ocho parcelas

Clase II: precipitaciones entre valores de 200-300 mm, conformada por siete parcelas

Clase III: precipitaciones entre valores de 300-400 mm, conformada por tres parcelas

Clase IV: precipitaciones entre valores de 400-500 mm, conformada por siete parcelas

Clase V: precipitaciones entre valores de 500-600 mm, conformada por 16 parcelas

Clase VI: precipitaciones entre valores de 600-700 mm, conformada por tres parcelas

Clase VII: precipitaciones entre valores de 700-800 mm, conformada por 11 parcelas

Clase VIII: precipitaciones entre valores mayores de 800 mm, conformada por 55 parcelas

3.5. ELABORACIÓN DE MAPAS DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS

Para elaborar el mapa de distribución de cada especie, cada una de las clases de los descriptores, es sobrepuesto al mapa de rango altitudinal, tomando en cuenta el método cartográfico de cuadrículas o parcelas. Al mapear cada descriptor se debe conocer los requerimientos ecológicos de cada una de las especies, para lo cual se asignará el valor de 1 a las clases preferidas de la especie y el valor 0 a las que no son de preferencia para la especie, los cuales son las bases para entrecruzar la información con los requerimientos ecológicos en los mapas de altitud, precipitación y suelos.

Con la información clasificada se obtuvo como resultado los mapas de clasificación de las especies para los descriptores de altimetría, geología, suelos y clima. Finalmente, por el método cartográfico se debe proceder a la superposición de los todos los mapas Altitud, litología, suelos, temperatura y precipitación, para tener como resultado el mapa de distribución de la especie final, donde la especie presenta las mejores condiciones ecológicas.

3.6. ELABORACIÓN DEL MAPA DE ZONIFICACIÓN SILVÍCOLA

Para elaborar el mapa de zonificación Silvícola de las especies forestales se requirió de los siguientes insumos:

Mapas de distribución de cada especie. - Se considera los datos más relevantes de los requerimientos ecológicos de los descriptores (altitud, geología, suelos y clima), de cada especie, que se obtiene del método de los perfiles ecológicos. Estos datos se representan en mapas donde mediante una reclasificación se da el valor de 1 a zonas de interés y 0 para datos irrelevantes. Luego se debe agrupar los cinco descriptores mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo cual genera el mapa distributivo para la especie; este procedimiento, de debe seguir para las siete especies forestales estudiadas.

Superposición de Mapas - Para esto se sobrepone los mapas de las siete especies, y se clasifica con colores representativos para su identificación; al entrecruzar los datos, la información permite determinar donde se ubican las zonas de importancia forestal. Mediante este método se delimitó las zonas de alto potencial natural, en el cual se marcan los grupos de árboles que espacialmente se muestran como combinaciones en el mapa, lo cual resulta ser el producto final de la tesis.

3.7. DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDAS EN LA INVESTIGACIÓN

Para la difusión de los resultados de la investigación se usó los canales habituales como son:

- Socialización de los resultados de la investigación a través de la exposición a los estudiantes y docentes de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja.
- Elaboración de un artículo científico para su posterior publicación en una revista indexada de la Universidad Nacional de Loja u otras revistas científicas indexadas.
- Elaboración de un tríptico informativo digital e impreso, con el resumen de la metodología, resultados y conclusiones de la investigación, que se entregó en la socialización de la investigación, personas interesadas para su conocimiento y portales web.
- Un ejemplar en físico y digital del documento de la tesis se dejará en la Dirección de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja.

4. RESULTADOS

4.1. MAPEO DE LAS EXIGENCIAS ECOLÓGICAS DE LAS ESPECIES FORESTALES MEDIANTE SIG Y CÁLCULO DE LOS PERFILES ECOLÓGICOS.

La información georeferenciada de las especies recopilada tanto en campo (Anexo 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12) como de fuentes secundarias se organizó y clasificó digitalmente (Anexo 1); los datos de los registros se digitalizaron y representaron usando el software ArcMap 10.5, cada registro de campo fue representado cartográficamente con parcelas de 250 000 m² (25 ha), con lo cual se obtuvo 110 parcelas y 187 registros de especies. De los registros recopilados se obtuvo 35 perfiles ecológicos para las siete especies (Anexo 2, 3, 4, 5) que facilitaron, la elaboración del mapa de zonificación silvícola.

Se categorizó las variables continuas de los descriptores ecológicos, como por ejemplo la altitud, en clases, esto permitió que se transformen en discretas; es decir, el método de los perfiles ecológicos solo procesó variables discretas de cada descriptor ecológico que se representó en segmentos o clases.

Para determinar los cálculos de los perfiles ecológicos se consideró los siguientes descriptores en el área de estudio: altitud, suelos, geología (litología), temperatura media anual y precipitación media anual

4.2. MAPAS DE PARCELAS SEGÚN LOS DESCRIPTORES ECOLÓGICOS DE ESTUDIO

En cada mapa, se representa la distribución de las parcelas por rango altitudinal y se lo relaciona con el descriptor ecológico que se analizó, para determinar el número de parcelas que se encuentran en cada clase.

4.2.1. DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS POR RANGO ALTITUDINAL Y SU RELACIÓN CON LA ALTITUD.

El mapa de distribución de parcelas por rango altitudinal (Figura 12), comprende cinco clases, la primera está por debajo de la cota de 270 msnm que corresponde a las zonas bajas con 27,7 % de parcelas, la segunda va desde 271 hasta 420 msnm con 33,6 % de parcelas, la tercera desde 421 a 570 msnm representan el 31 % de parcelas en la zona media.

En estas tres primeras clases se encuentran el 91,8 % del total de parcelas y las clases cuarta y quinta con altitudes >570 msnm hasta los 720, con el 8,2 % del total de parcelas que corresponde a la zona alta del área de estudio (ver Figura 13).

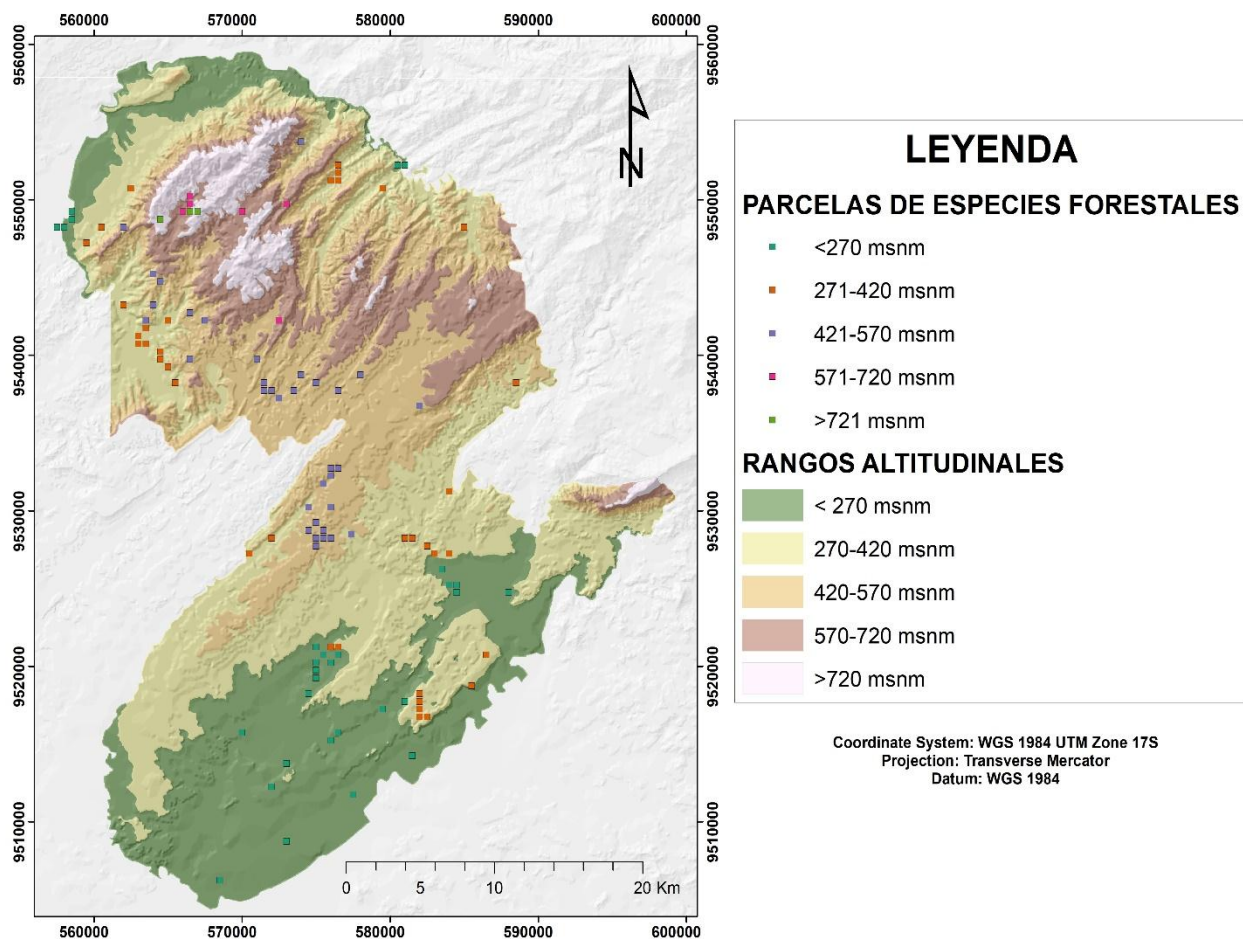


Figura 13. Mapa de distribución de parcelas por rangos altitudinales del área de estudio

4.2.2. DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS POR RANGO ALTITUDINAL Y SU RELACIÓN CON LA GEOLOGÍA.

El mapa geológico presenta la composición y estructura interna del suelo del área de estudio (Figura 14), y se encuentra formado por tres categorías: la primera grauvaca, limolita, conglomerado, lutita negra y caliza donde se encuentran el 48,18 % de las parcelas, la segunda conformada por lutita negra con 48,18 % de parcelas. Estas clases se encuentran comprendida entre las cotas <270 – 570 msnm y >720 msnm. y la tercera corresponde a depósito aluvial con un 3,63 % del total de parcelas con alturas <270 msnm. En las dos primeras categorías se distribuyen el 96,36 % de las parcelas que representa 116 992 ha del territorio.

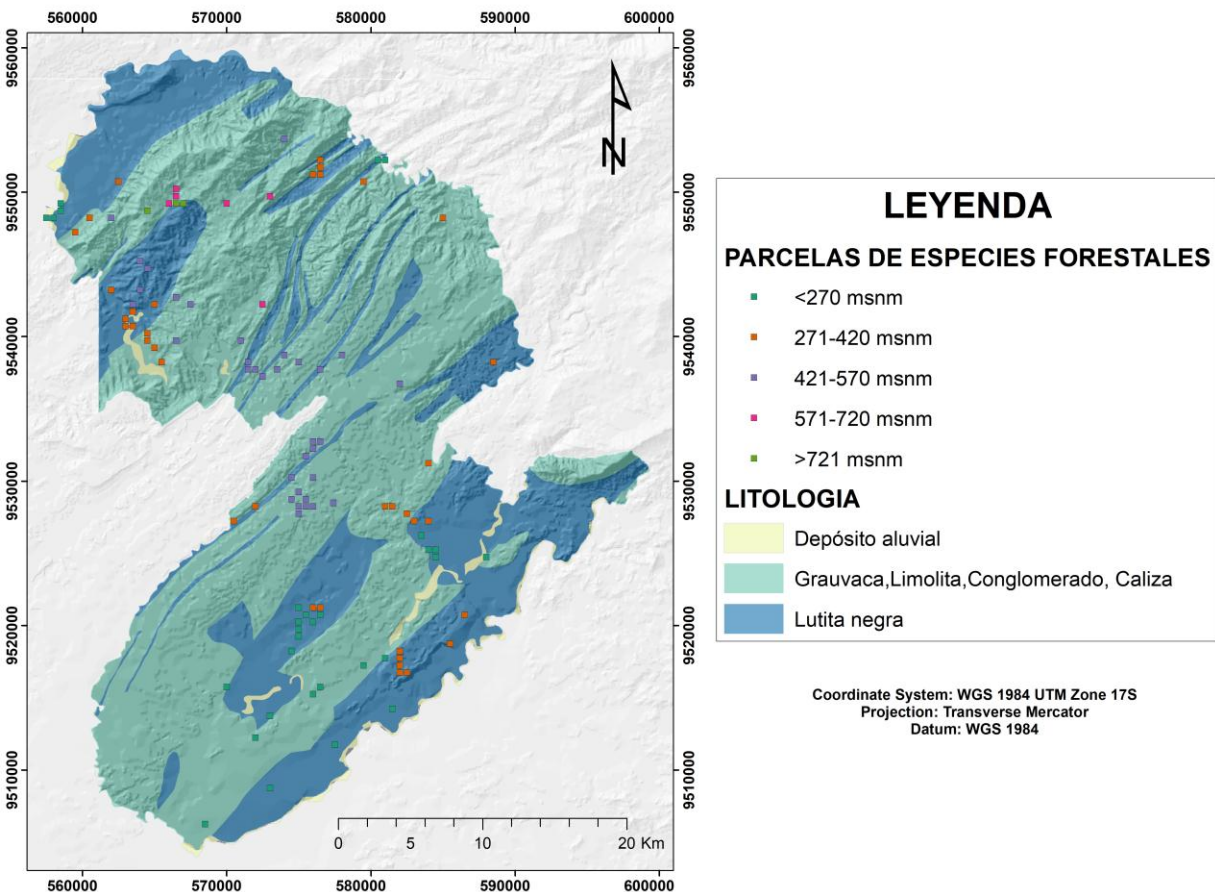


Figura 14. Mapa de distribución de parcelas por rango altitudinal y su relación con la geología del área de estudio.

4.2.3. DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS POR RANGO ALTITUDINAL Y SU RELACIÓN CON LOS SUELOS.

El mapa de distribución de las parcelas en función de los suelos (Figura 15) presenta cinco clases en los diferentes rangos altitudinales del área de estudio que son: primera corresponde a inceptisol con 64,54 % de presencia de parcelas; la segunda aridisol con 12,72 % de parcelas ambas clases se encuentran en las zonas altas entre 571-720 msnm y >720 msnm. La tercera y cuarta clase, entisol y alfisol con 10,90 % de parcelas en la zona media, la quinta clase corresponde a tierras misceláneas con 0,90 % de parcelas dentro de esta última clase es donde está presente una sola parcela en la zona baja <270 msnm.

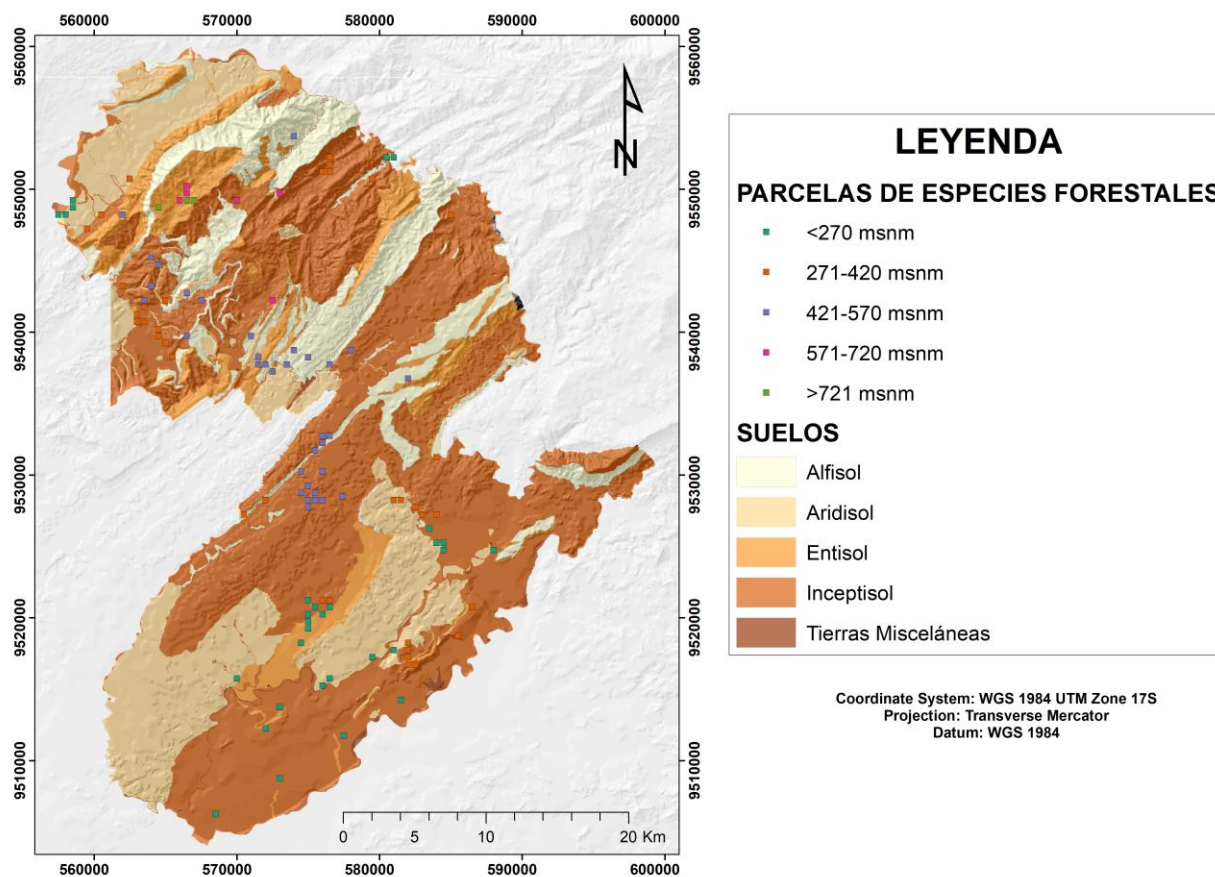


Figura 15. Mapa de distribución de parcelas por rango altitudinal y su relación con los suelos del área de estudio.

4.2.4. DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS POR RANGO ALTITUDINAL Y SU RELACIÓN CON LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL.

El mapa de la temperatura media anual (Figura 16) muestra la distribución de las parcelas en cuatro clases, la primera comprendida entre 24-25°C donde se concentra el 59,09 % de parcelas entre los 271-570 msnm en la zona media alta, seguida por la segunda clase 23-24°C con 22,72 % de parcelas en la zona alta entre 421 hasta >721 msnm.

La tercera clase > 25°C con 15,45 % de parcelas en la zona media entre las cotas <270 msnm distribuyéndose hasta los 271-420 msnm, y la cuarta clase < 23°C con 2,72 % de parcelas entre alturas <270 msnm que corresponde a la zona baja.

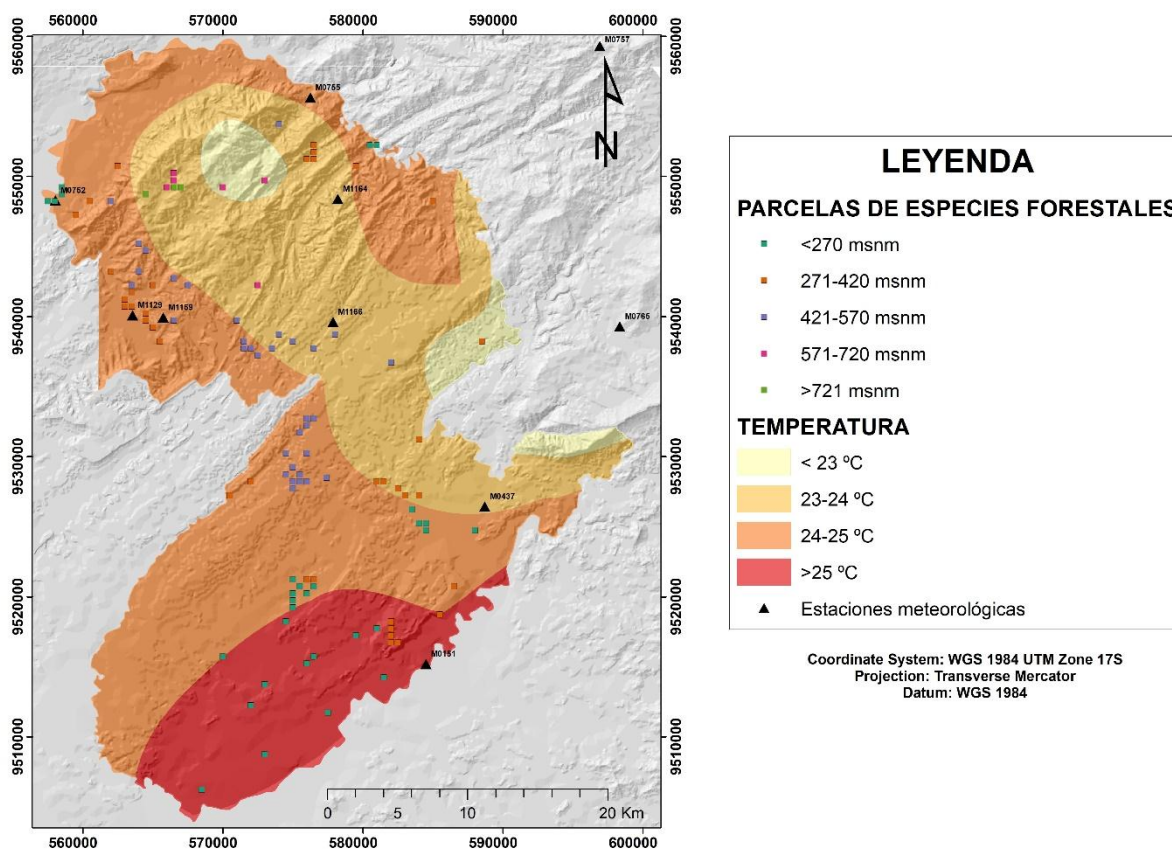


Figura 16. Mapa de distribución de parcelas por rango altitudinal y su relación con la temperatura media anual del área de estudio.

4.2.5. DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS POR RANGO ALTITUDINAL Y SU RELACIÓN CON LA PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL.

El mapa de distribución de la precipitación media anual, presenta ocho clases (Figura 17), en las cuatro primeras clases que donde las precipitaciones están entre los 500 a > 800 mm se encuentra el 77,26 % de parcelas distribuidas dentro del rango altitudinal de 271-570 msnm,

Las cuatro siguientes clases están en áreas con precipitaciones por debajo de 200 hasta 400 mm con el 22,71 % de parcelas dentro del rango <270 a 420 msnm.

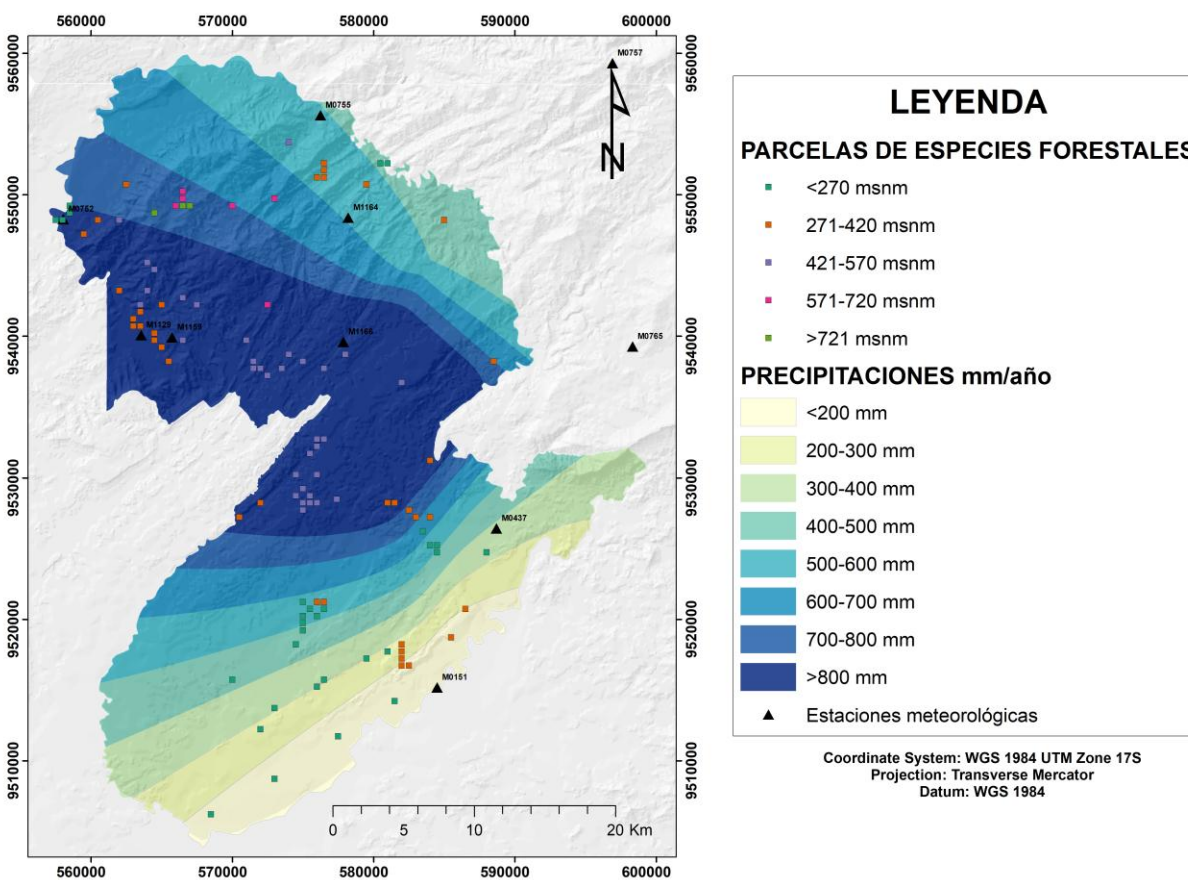


Figura 17. Mapa de distribución de parcelas por rango altitudinal y su relación con la precipitación media anual del área de estudio.

4.3. PERFILES ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES SELECCIONADAS

El método de los perfiles ecológicos fue aplicado a las siete especies (*Handroanthus chrysanthus*, *Handroanthus billbergii*, *Bursera graveolens*, *Senna mollissima*, *Geoffroea spinosa*, *Myroxylon peruiferum*, *Simira ecuadorensis*) nativas de bosque seco, para conocer cómo influyen los factores ecológicos en su distribución. Como resultado de la aplicación del método se obtuvo 35 perfiles ecológicos que son la base para la elaboración del mapa de zonificación silvícola.

Los resultados obtenidos se detallan usando tres especies para ejemplificarlo donde se explica, el procedimiento para la obtención de los perfiles ecológicos, que se elaboró en esta investigación.

En la siguiente tabla se representa al descriptor altitud y su relación con las especies que comprende cinco rangos de 150 metros cada uno (Tabla 8).

Tabla 8. Perfiles ecológicos para siete especies arbóreas respecto al descriptor altitud en el Cantón Zapotillo, Provincia de Loja.

Spp	Perfiles	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V	Total
		<270 msnm	271-420 msnm	421-570 msnm	571-720 msnm	> 721 msnm	
	PEC	30	37	34	6	3	110
Habi	FAP	3	2	2	2	0	9
	FAA	27	35	32	4	3	101
	FRP	0.1	<u>0.05</u>	0.06	0.33	0.00	0.08
	FCP	1.22	<u>0.66</u>	0.72	4.07	0.00	1
	X ²	0.12	0.43	0.26	3.06	0.51	4.38
Hacr	FAP	<u>18</u>	21	24	2	3	68
	FAA	<u>12</u>	16	10	4	0	42
	FRP	<u>0.6</u>	<u>0.57</u>	0.71	0.33	1.00	0.62
	FCP	<u>0.97</u>	<u>0.92</u>	<u>1.14</u>	0.54	<u>1.62</u>	1
	X ²	0.04	0.4	1.15	1.99	2.89	6.46
Semo	FAP	3	11	0	1	0	15
	FAA	30	20	33	7	2	92
	FRP	0.14	0.33	0	0.13	0	0.15
	FCP	0.96	2.25	0	0.84	0	1

Continúa

	χ^2	0.01	6.41	10.58	0.04	0.64	17.68
Buse	FAP	8	5	3	1	0	17
	FAA	22	32	31	5	3	93
	FRP	0.27	0.14	0.09	0.17	0	0.15
	FCP	1.73	0.87	0.57	1.08	0	1
	χ^2	2.47	0.11	1.32	0.01	1.01	4.91
Mype	FAP	0	4	1	1	0	6
	FAA	30	33	33	5	3	104
	FRP	0	0.11	0.03	0.17	0	0.05
	FCP	0	1.98	0.54	3.06	0	1
	χ^2	3.37	1.62	0.5	0.97	0.34	6.79
Geos	FAP	0	1	4	0	0	5
	FAA	30	36	30	6	3	105
	FRP	0	0.03	0.12	0	0	0.05
	FCP	0	0.59	2.59	0	0	1
	χ^2	2.79	0.34	2.89	0.56	0.28	6.85
Siec	FAP	0	0	8	0	0	8
	FAA	30	37	26	6	3	102
	FRP	0	0	0.24	0	0	0.07
	FCP	0	0	3.24	0	0	1
	χ^2	4.53	5.59	8.76	0.91	0.45	20.24

PEC: Perfiles ecológicos de conjunto, FAP: Frecuencia absoluta de presencia, FAA: Frecuencia absoluta de ausencia, FRP: Frecuencia relativa de presencia, FCP: Frecuencia corregida de presencia, χ^2 : ji cuadrado. Hacr (*Handroanthus chrysanthus*), Habi (*Handroanthus billbergii*), Buse (*Bursera graveolens*), Semo (*Senna mollissima*), Geos (*Geoffroea spinosa*), Mype (*Myroxylon peruiferum*), Siec (*Simira ecuadorensis*).

Los perfiles ecológicos de conjunto (**PEC**), se encuentran conformados por el total de parcelas en cada clase, al tomar en cuenta el descriptor altitud, se obtiene los valores de presencia de parcelas de las siete especies por cada clase: Clase I = 30, Clase II = 37, Clase III = 34, Clase IV = 6, Clase V = 3, dando como resultado un total de **110** parcelas tabla 1, descriptor altitud.

Para los cálculos de los perfiles ecológicos es muy importante conocer los valores de presencia de las parcelas donde se encuentra la especie en cada clase o rango determinado de los perfiles de conjunto (**PEC**).

Los perfiles de frecuencias absolutas de Presencias (**FAP**), y de Ausencias (**FAA**), indican si una especie se da o no dentro de la parcela. Para determinar el perfil de frecuencias absolutas de ausencias (**FAA**) se obtiene restando el perfil de conjunto (**PEC**), con el valor de las frecuencias absolutas de presencias (**FAP**), de cada una de las clases dentro del descriptor que se analice:

Por ejemplo *Handroanthus chrysanthus* se encuentra dentro de la CLASE I (<270 msnm) con 18 parcelas, al restar este valor con el del perfil de conjunto (**PEC**) que registra 30 parcelas, se obtiene como resultado el valor de perfil de frecuencia de ausencia (**FAA**) $30 - 18 = 12$, que corresponde al valor de ausencias (Tabla 8).

Al tomar en cuenta los perfiles de frecuencias relativas de presencia (**FRP**), se obtiene dividiendo el total de parcelas donde se encuentra la especie, entre el total de parcelas del (**PEC**). *Handroanthus chrysanthus* se encuentra dentro de la CLASE I (<270 msnm) con 18 parcelas, y el valor del perfil de conjunto (**PEC**) es 30, al dividir estos dos valores se obtiene como resultado la frecuencia relativa de presencias: (**FRP**) $= \frac{18}{30} = 0,6$ (Tabla 8).

Los perfiles de frecuencias corregidas de presencias (**FCP**), se obtuvo al dividir las frecuencias relativas de presencias (**FRP**) con las frecuencias relativas medias de presencias y con el valor de los perfiles de conjunto (**PEC**). Lo cual resultó, por ejemplo:

Handroanthus chrysanthus se encuentra dentro de la CLASE I (<270 msnm) = 18 parcelas, y el valor de perfiles de conjunto (**PEC**) es 30, $\frac{18}{30}$, el valor total de FAP (68) y el Valor total de PEC $\frac{68}{110}$, estos procedimientos permiten obtener el valor de (**FCP**) que es: 0,97 (Tabla 8).

$$\frac{FAP \text{ Clase I}}{PEC \text{ Clase I}} = \frac{18}{30}$$

$$FCP_1 = 18 * 110 = 1\ 980$$

$$FCP = \frac{1980}{2040} = 0,97$$

$$\frac{TOTAL \ FAP}{TOTAL \ PEC} = \frac{68}{110}$$

$$FCP_2 = 30 * 68 = 2\ 040$$

Para calcular los perfiles de frecuencias relativas y corregidas de presencias y χ^2 , se utilizó el software estadístico CALCPERF (Fariñas y Claro, 2002), para determinar los cálculos de cada uno de los perfiles de las especies.

Los perfiles de frecuencias relativas presentan valores menores para las especies poco abundantes y más altos para las especies que son abundantes. Ejemplo:

Para el descriptor Altitud en la Clase II, la frecuencia relativa de *Handroanthus chrysanthus* (Hacr) es de 0,57, en cambio *Handroanthus billbergii* (Habi) en la misma Clase II tiene un valor de 0,05, es decir si lo representamos en porcentaje equivale al 8,77 % del valor 0,57 de *Handroanthus chrysanthus* (Tabla 8, Figura 18), pero si tomamos en cuenta el valor de las frecuencias corregidas en esa misma clase: *Handroanthus chrysanthus* 0,92 y *Handroanthus billbergii* 0,66 (Tabla 8, Figura 18), esto trae como resultado que tienen los mismos requerimientos ecológicos, pero con distintas cantidades de abundancia y, no se las puede contrastar, pues tienen que ser ajustadas con las frecuencias corregidas:

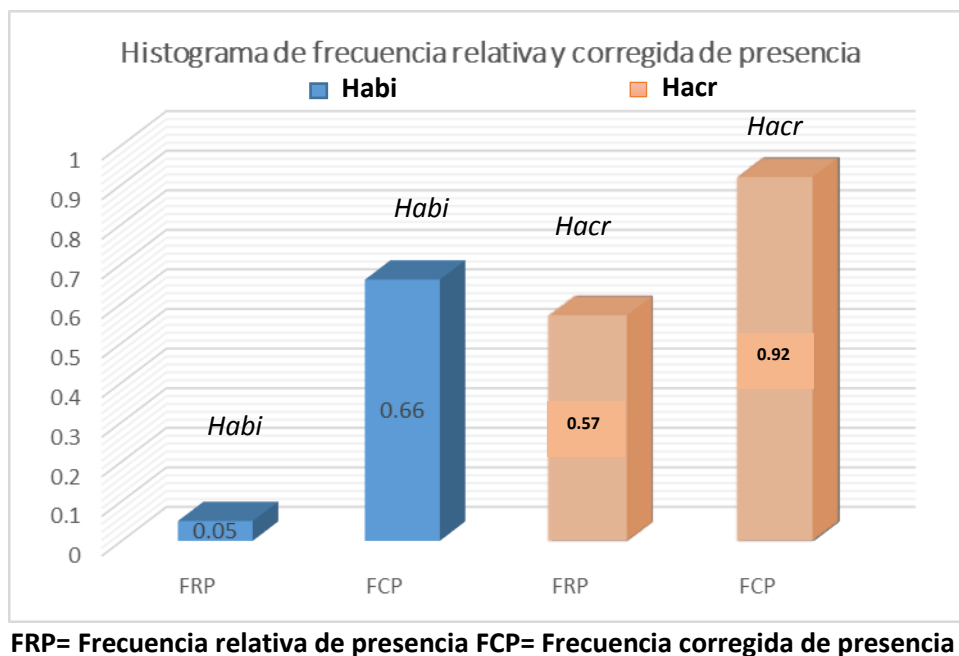


Figura 18. Histograma de *Handroanthus chrysanthus* (Hacr) y *Handroanthus billbergii* (Habi), donde se representan los valores de FRP y FCP.

En la Figura 18, se aprecia las notables diferencias en los valores de FRP entre ambas especies, a pesar de presentar los mismos requerimientos ecológicos, por lo que resulta difícil su comparación. En cambio, los valores de FCP son casi próximos.

Las frecuencias corregidas, tienen en cuenta la frecuencia media de las especies en el conjunto de censos y, permiten llegar a concluir las similitudes ecológicas entre especies con los mismos requerimientos ecológicos, que no se observaría si solo se tomaría en cuenta los perfiles de frecuencias absolutas de presencias (**FAP**) o de frecuencias relativas de presencias (**FRP**), de esta manera se utilizó las frecuencias corregidas de presencias para elaborar los mapas de distribución de cada una de las especies. Por tanto, los perfiles ecológicos se elaboran a partir de las frecuencias corregidas de presencias (**FCP**). Para la elaboración de los perfiles en esta investigación se tomó en cuenta los perfiles de presencias, este valor se compara con el doble del Logaritmo Neperiano que sigue la distribución de X^2 (Ji cuadrado) (Fariñas y Claro, 1996) y su cálculo se determinó, sustituyendo los valores de la fórmula:

El valor X^2 se denomina “Información Recíproca (IR) especie-factor”, y su cálculo de forma práctica consiste:

Sustituyendo:

$$X^2 = 2 [8 \ln 8 + 5 \ln 5 + 3 \ln 3 + 1 \ln 1 + 0 \ln 0 + 22 \ln 22 + 32 \ln 32 + 31 \ln 31 + 5 \ln 5 + 3 \ln 3 + 17 \ln 17 + 93 \ln 93].$$

$$X^2 = 2 (x - y) = 4.91$$

El Valor X^2 se obtiene directamente del software CALCPERF, para calcular el valor de X^2 se tomó en cuenta un 0,05 de probabilidad (5 %) de error con 4° de libertad = (9,49), lo que equivale a que el valor de X^2 para el caso de *Bursera graveolens* es 4.91 Ejemplo: $4,91 < 9,49$ (Tabla 8).

Al analizar el valor de X^2 :

Si $X^2 > 9,49$ con 4° de libertad, sin duda el valor obtenido guarda relación con el descriptor altitud.

Si $X^2 < 9,49$ con 4° de libertad, el valor obtenido no se relaciona al descriptor altitud.

Si la frecuencia corregida de presencias (FCP) >1 , determina que la especie es más frecuente de lo esperado en esta clase, pero si el valor (FCP) está cercano 1, la especie es menos habitual o indiferente dentro de la clase, pero si el valor de (FCP) < 1 , la especie es menos habitual o frecuente dentro esa clase.

Al analizar la Tabla 8, se puede observar que la distribución de *Bursera graveolens* (Buse), no depende de la altitud, pues el valor $4,91 < 9,49$ (4° de libertad), y es habitual encontrarla en las clases, I (<270 msnm), II (271-420 msnm) y IV (571-720 msnm), pero es menos habitual dentro de la Clase III (421-570 msnm) y en la Clase V (> 721 msnm). Al tomar en cuenta los datos de este análisis se determinó que el rango altitudinal óptimo para reforestar con Palo Santo (*Bursera graveolens*), comprende las clases < 270 msnm hasta los 420 msnm, aunque también podría plantarse hasta los 720 msnm ya que existen registros de esta especie en estos rangos altitudinales, tomando en cuenta que el resto de descriptores satisfagan sus requerimientos,

Al elaborar el mapa de la distribución de Palo Santo (*Bursera graveolens*), se ubica la especie en las curvas de nivel de < 200 hasta 700 msnm, lo que determina que la distribución de esta especie puede estar influenciada por otros factores ecológicos que pueden influir en su desarrollo. Lo cual también se podrá determinar a través del método geográfico mediante la incorporación de muchas más variables ecológicas.

Si el valor de X^2 (ji cuadrado) es menor a los grados de libertad del descriptor que se está analizando, en este caso la especie es indiferente, por lo que no se consideraría al descriptor. Ejemplo: *Handroanthus billbergii* $4,38 < 9,49$ (4° de libertad) (Tabla 8).

En el caso que uno o más descriptores no influyan en la distribución de una especie, se opta por elaborar el mapa final con el o los descriptores que presentan valores mayores a los grados de libertad, diseñando el área óptima para su reforestación y, señalando los descriptores usados para su digitalización.

4.4. MAPAS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES EN BASE A LOS PERFILES ECOLÓGICOS

Al digitalizar los mapas de los cinco descriptores ecológicos analizados se utilizó el software de los Sistemas de Información Geográfica o SIG ArcMap 10,5 para cada descriptor se usó shapes facilitados por la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA) que contienen metadatos y se elaboró los mapas a escala 1:25 000.

La elaboración de los mapas de distribución de las parcelas y especies en relación a cada descriptor se realizó mediante la superposición de las capas de geología, suelos, isoyetas e isothermas, tomando como base el mapa de altitud, y el método cartográfico de las cuadrículas.

Para elaborar el mapa de distribución de cada especie, se determinó en primera instancia los requerimientos ecológicos de las siete especies a través de los perfiles ecológicos (Tabla 8), donde el o los descriptores que guardan relación con la distribución de la especie se representó con el (Valor 1); y aquellos que no tiene relación se da un (Valor 0). Este procedimiento permitió entrecruzar la información mediante el Software ArcMap 10,5.

Si tomó como ejemplo, *Handroanthus chrysanthus*, para el descriptor altitud: Clases I, II, III, V, presentan un valor de 1, pues las frecuencias corregidas de presencias (**FCP**), tienen valores iguales o por encima de uno (1), mientras que la clase IV, tiene el valor de cero (0), debido a que la frecuencia corregida de presencias (**FCP**) dentro de esta clase es inferior a uno (1) (Tabla 8).

Mediante el uso del Software ArcMap y la información que se categorizó con los valores de las frecuencias corregidas de presencias (**FCP**), se obtuvo el mapa de distribución para la especie guayacán (*Handroanthus chrysanthus*), este procedimiento se repitió para cada una de las especies y para cada descriptor ecológico (suelos, geología, temperatura y precipitación).

Usando el método geográfico de la superposición de mapas, se obtuvo como resultado el mapa de distribución de la especie; para esto se superponen los mapas de altitud, geología, suelos, temperatura media anual y precipitación media anual, cada uno de estos mapas están categorizados por el valor de **FCP (1, 0)** requisito principal para determinar las condiciones indispensables para generar el modelo de distribución de la especie (*Handroanthus chrysanthus*) en el área de estudio.

Las exigencias ecológicas óptimas para la distribución de las siete especies de bosque seco que se obtuvieron a través de los perfiles ecológicos son los siguientes (Tabla 9):

Tabla 9. Requisitos ecológicos de las siete especies obtenidos a través de los perfiles ecológicos en el Cantón Zapotillo, Provincia de Loja.

ESPECIE	VARIABLE	CARACTERÍSTICAS	χ^2
Habi	Altitud	<270 msnm y 571-720 msnm	
	Suelos	Aridisol	
		Entisol	
		Inceptisol	
	Litología	Depósito Aluvial	
		Gruauvaca, y Limolita, Conglomerado, Lutita Negra, Caliza	
		Lutita Negra	
Precipitación	400-500 mm, 600-800 mm y >800 mm		
Temperatura	<23 °C y 24-25 °C		
Hacr	Altitud	<270 msnm, 271-570 msnm y >721 msnm	
	Suelos	Alfisol	
		Aridisol	
		Entisol	
		Inceptisol	
	Litología	Gruauvaca, y Limolita, Conglomerado, Lutita Negra, Caliza	
		Lutita Negra	
Precipitación	<200 mm, 200-500 mm, 700-800 mm y >800 mm	se asocia al descriptor	
Temperatura	23-25 °C y >25 °C	se asocia al descriptor	

Continúa

Semo	Altitud	<270 msnm, 271-420 msnm y 571-720 msnm	se asocia al descriptor
	Suelos	Tierras misceláneas	se asocia al descriptor
		Aridisol	
		Inceptisol	
	Litología	Depósito Aluvial	se asocia al descriptor
Lutita Negra			
Precipitación	<200 mm, 200-300 mm, 500-700 mm > 800 mm		
Temperatura	<23 °C y 24-25 °C		
Buse	Altitud	<270 msnm y 571-720 msnm	
	Suelos	Entisol	
		Inceptisol	
	Litología	Lutita negra	se asocia al descriptor
	Precipitación	400-700 mm	se asocia al descriptor
Temperatura	<23°C y 24-25 °C		
Mype	Altitud	271-420 msnm y 571-720 msnm	
	Suelos	Alfisol	
		Entisol	
		Inceptisol	
	Litología	Gruauvaca, y Limolita, Conglomerado, Lutita Negra, Caliza	
Precipitación	500-600 mm, 700-800 mm y >800 mm		
Temperatura	23-24 °C y 24-25 °C	se asocia al descriptor	
Geos	Altitud	421-570 msnm	
	Suelos	Inceptisol	
	Litología	Gruauvaca, y Limolita, Conglomerado, Lutita Negra, Caliza	
	Precipitación	>800 mm	
	Temperatura	>25 °C	se asocia al descriptor
Siec	Altitud	421-570 msnm	se asocia al descriptor
	Suelos	Alfisol	
		Inceptisol	
	Litología	Lutita Negra	se asocia al descriptor
	Precipitación	>800 mm	
Temperatura	24-25 °C	se asocia al descriptor	

Hacr (*Handroanthus chrysanthus*), Habi (*Handroanthus billbergii*), Buse (*Bursera graveolens*), Semo (*Senna mollissima*), Geos (*Geoffroea spinosa*), Mype (*Myroxylon peruiferum*), Siec (*Simira ecuadorensis*).

Como producto del análisis de la información se obtuvieron 35 perfiles ecológicos (cinco por cada especie), que corresponde a los descriptores altitud, geología, suelos temperatura media anual y precipitación media anual. En base a los resultados de χ^2 (Tabla 9), se obtuvo 7 mapas de distribución de las especies (*Handroanthus chrysanthus*)

Hacr (Figura 19), (*Handroanthus billbergii*) Habi (Figura 20), (*Bursera graveolens*) Buse (Figura 21), (*Senna mollissima*) Semo (Figura 22), (*Geoffroea spinosa*) Geos (Figura 23), (*Myroxylon peruiferum*) Mype (Figura 24), (*Simira ecuadorensis*) Siec (Figura 25), según sus exigencias ecológicas a través de los perfiles ecológicos.

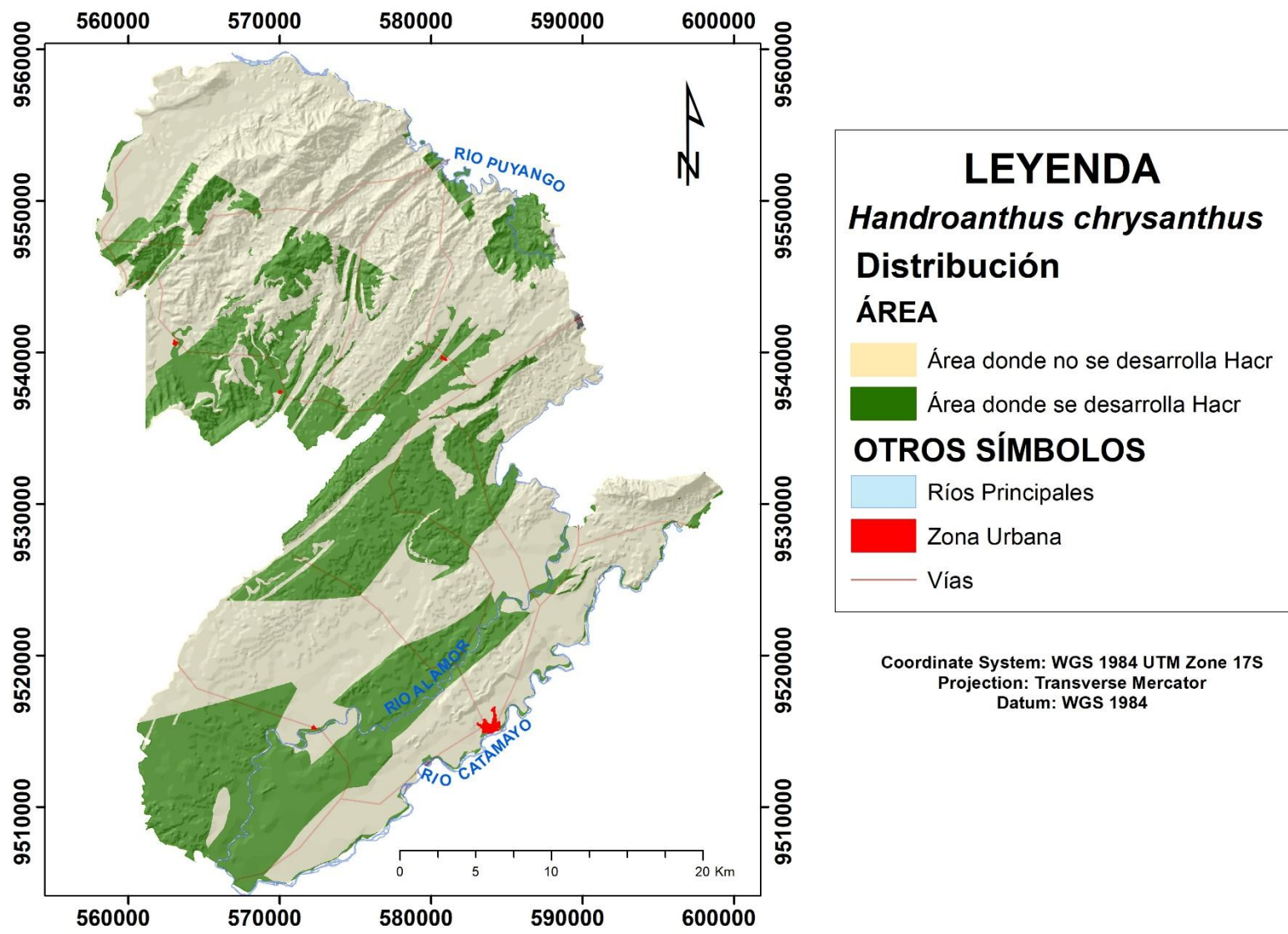


Figura 19. Mapa de distribución de *Handroanthus chrysanthus*, en el Cantón Zapotillo.

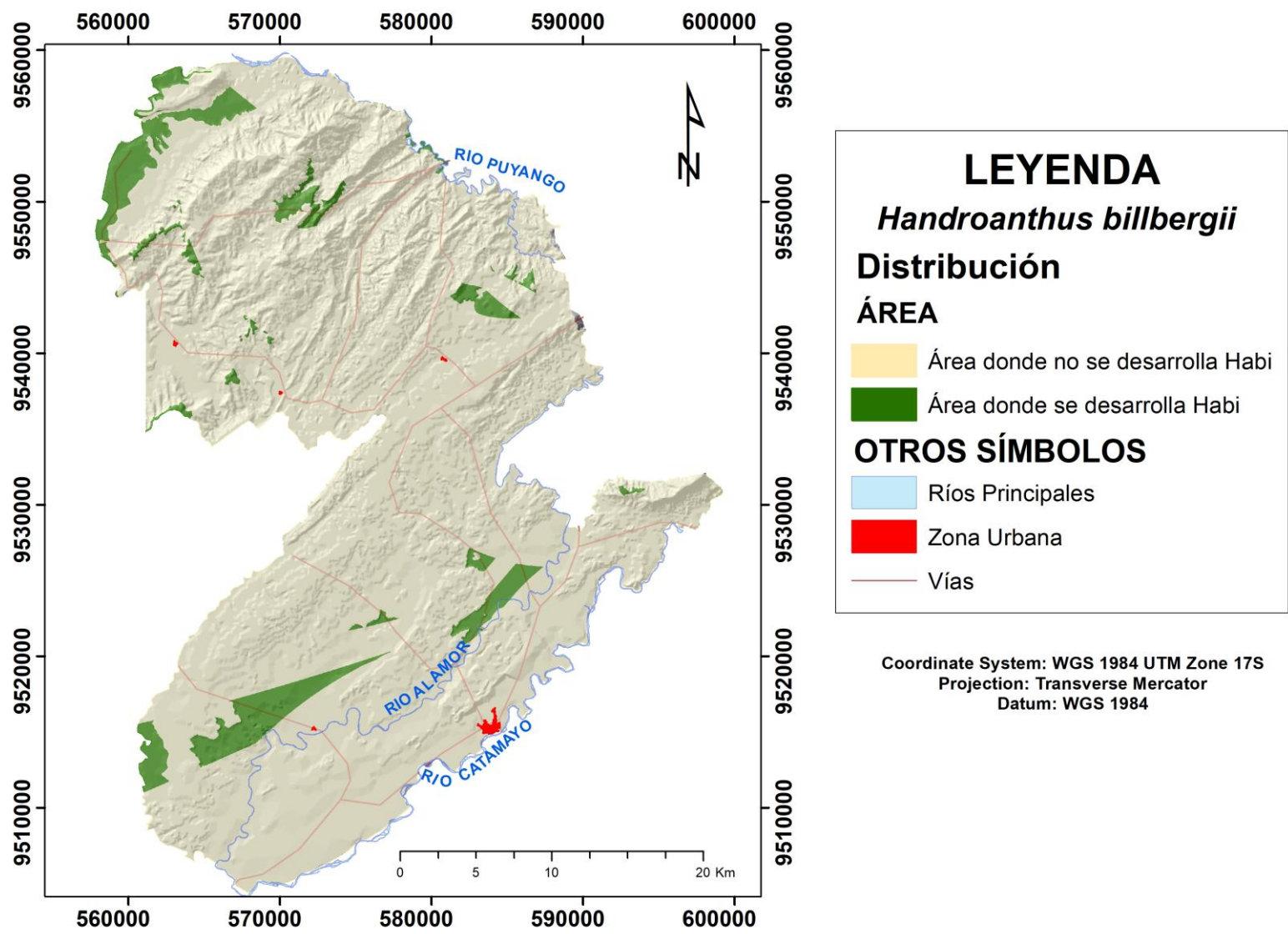


Figura 20. Mapa de distribución de *Handroanthus billbergii* en el Cantón Zapotillo.

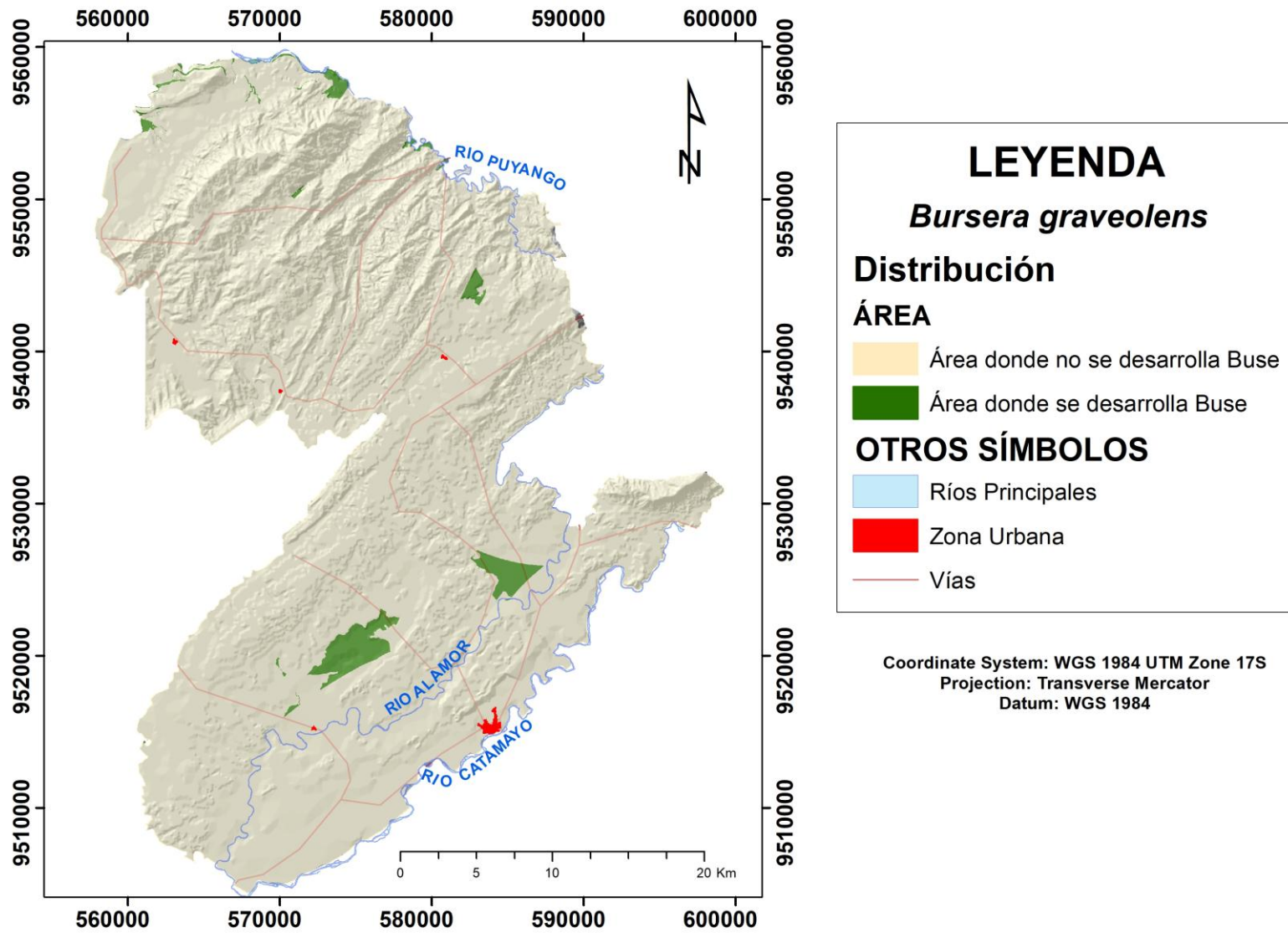


Figura 21. Mapa de distribución de *Bursera graveolens*, en el Cantón Zapotillo.

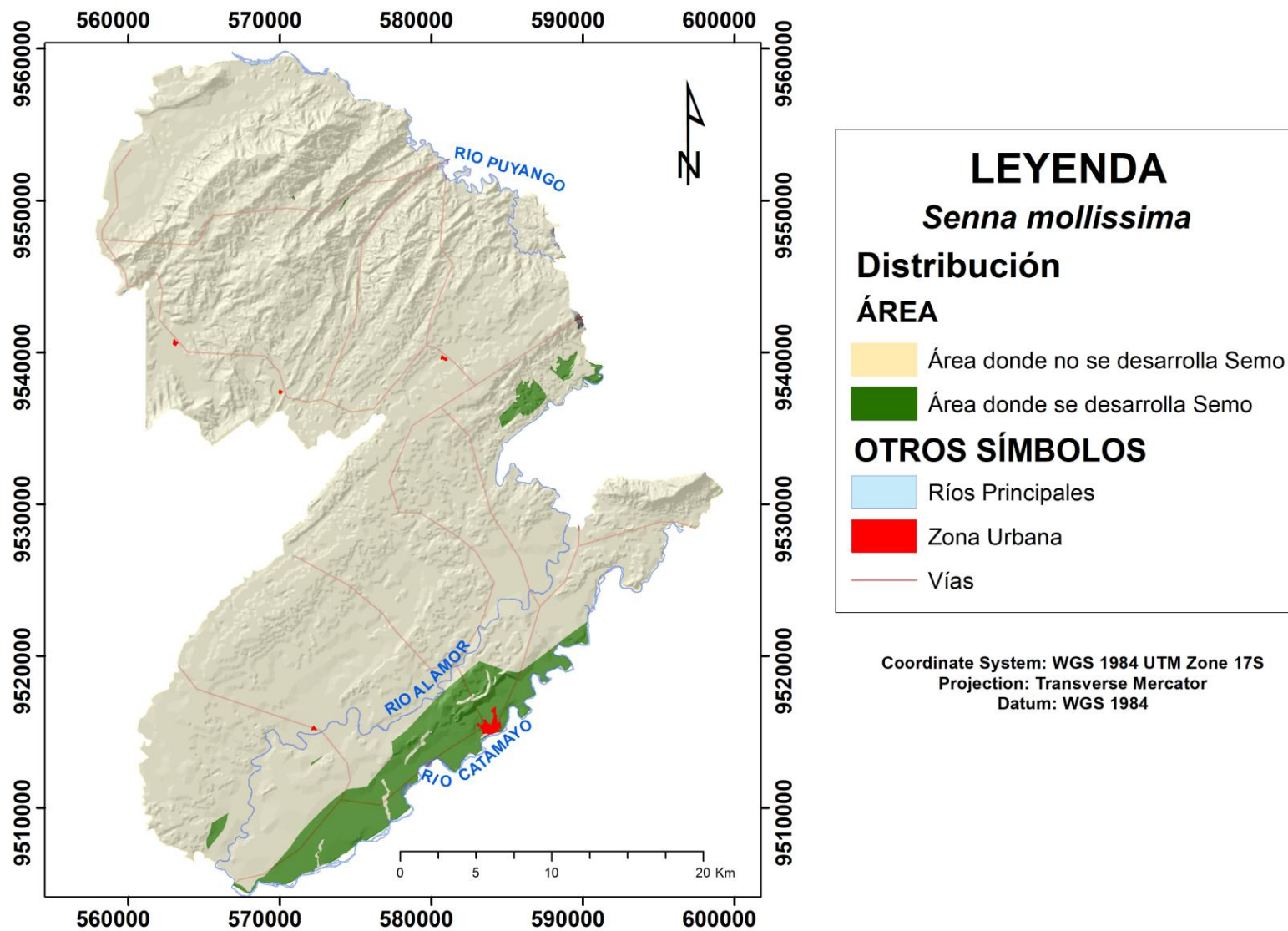


Figura 22. Mapa de distribución de *Senna mollissima*, en el Cantón Zapotillo.

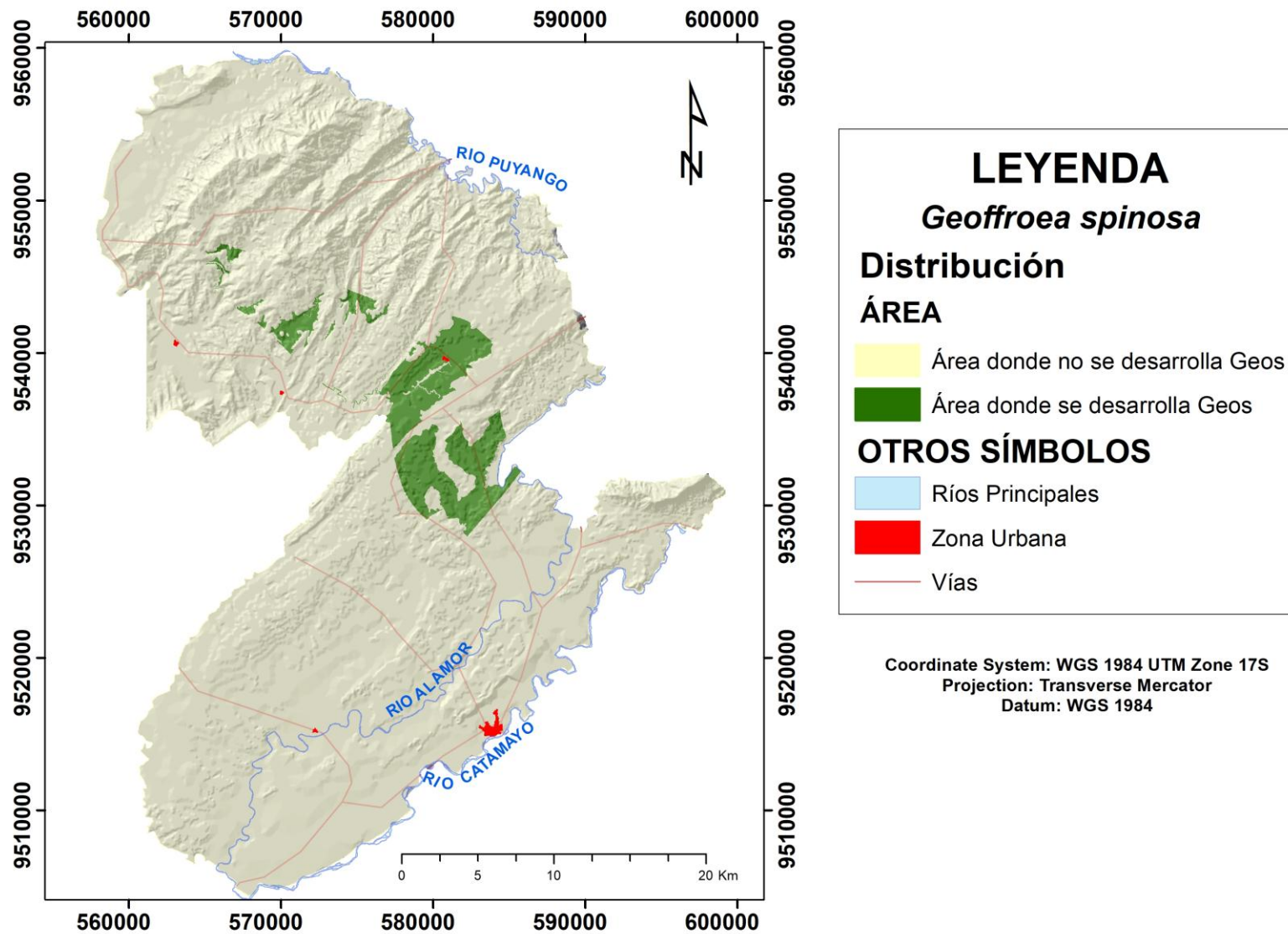


Figura 23. Mapa de distribución de *Geoffroea spinosa*, en el Cantón Zapotillo.

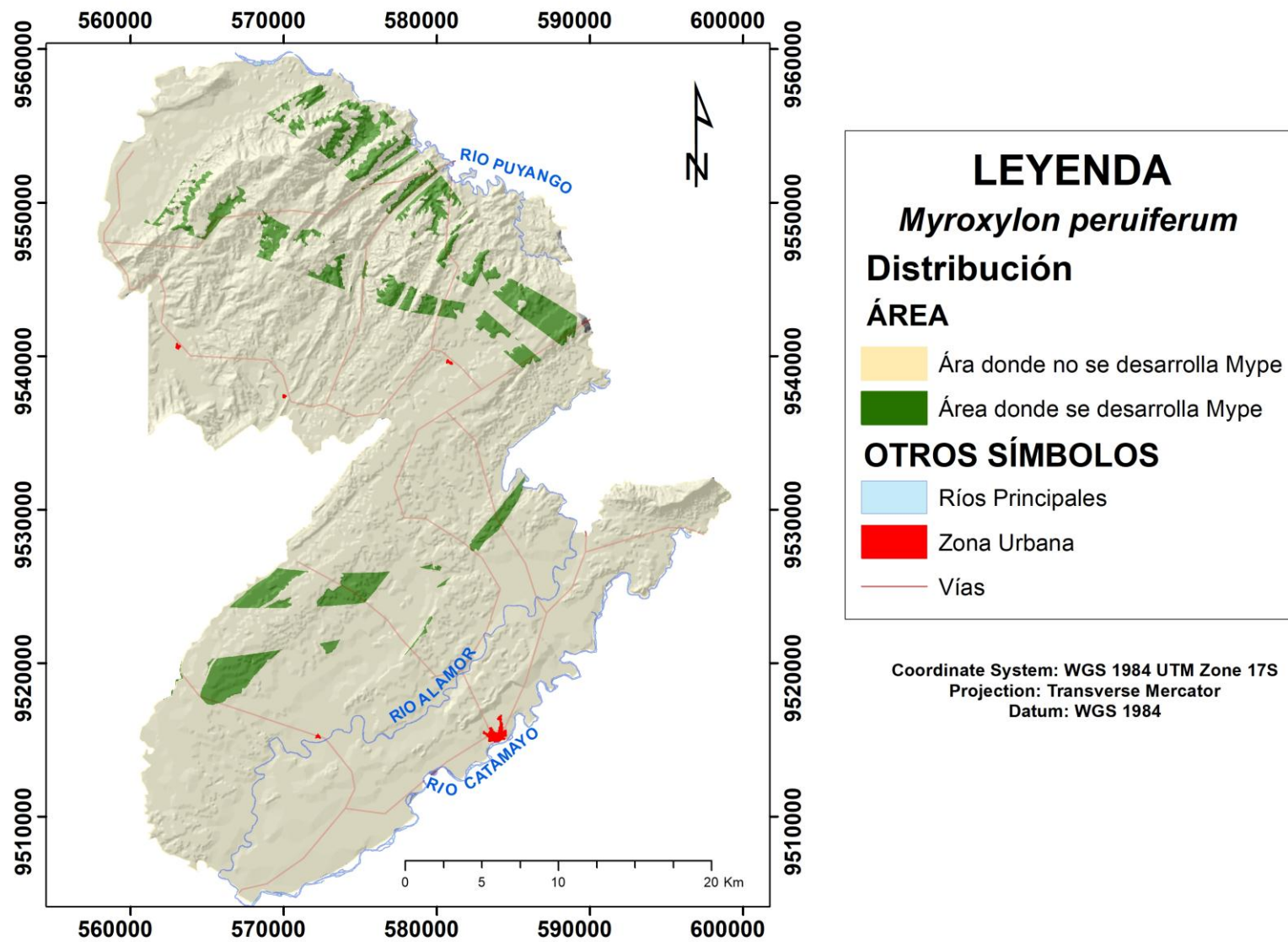


Figura 24. Mapa de distribución de *Myroxylon peruiferum*, en el Cantón Zapotillo.

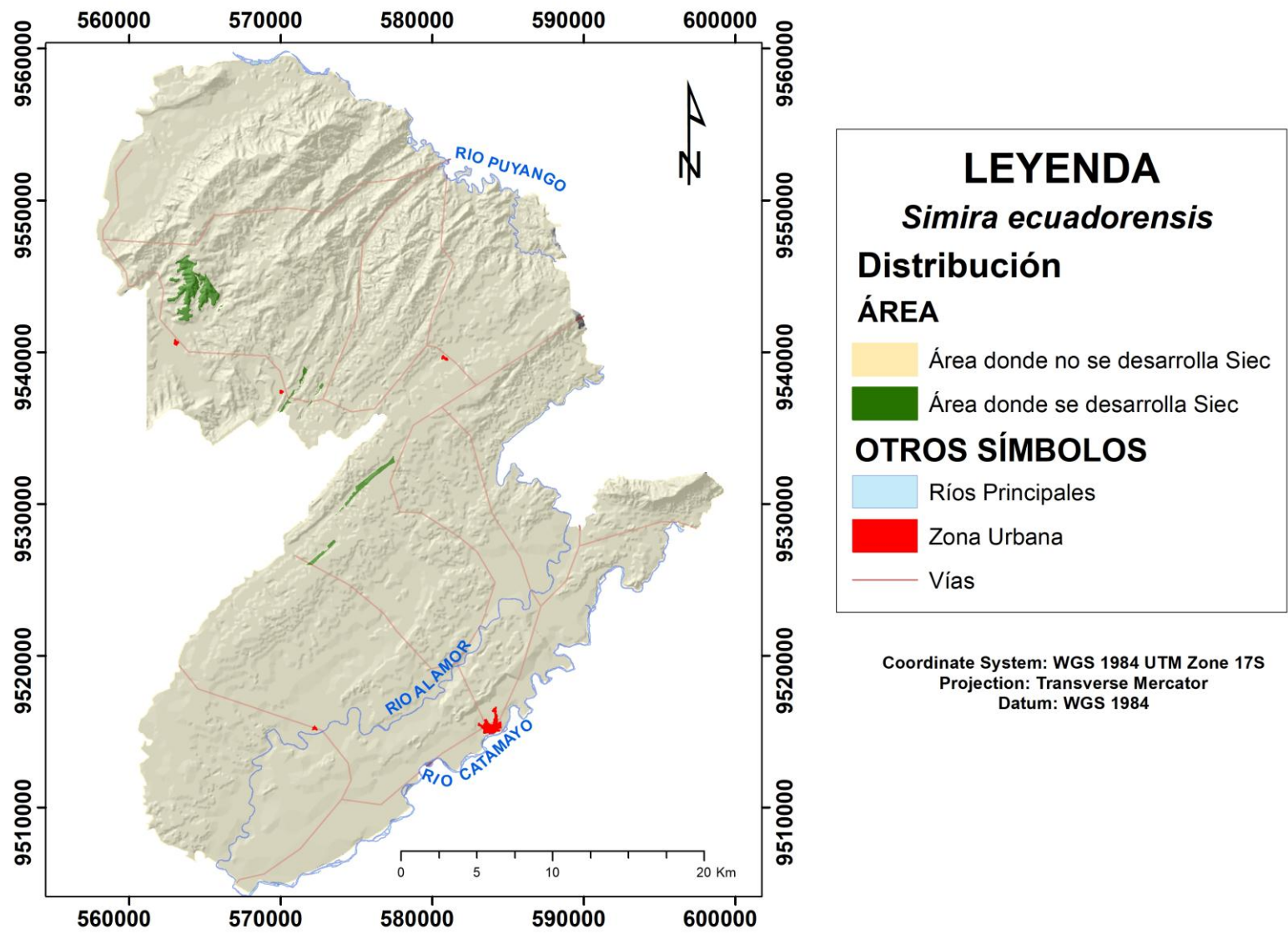


Figura 25. Mapa de distribución de *Simira ecuadorensis*, en el Cantón Zapotillo.

4.5. COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON “R”

Se logró comparar los perfiles ecológicos determinados con CALCPERF y el software estadístico “R”, dando como resultado valores iguales en los cálculos de ji cuadrado a través del comando matrix (chiq test). Pues el lenguaje de programación R es el lenguaje más utilizado dentro del campo de la investigación que contribuye a generar alta calidad dentro de los estudios estadísticos. Por tanto, los resultados obtenidos por el CALCPERF son datos estadísticos fiables.

4.6. MAPA DE ZONIFICACIÓN SILVÍCOLA

A partir de los mapas de distribución de cada especie mediante una superposición de capas se elaboró el mapa de zonificación silvícola para el área de estudio, donde se identifican las áreas óptimas para el desarrollo de las 7 especies forestales y las respectivas combinaciones de las especies de acuerdo a cada factor ecológico estudiado (Figura 26).

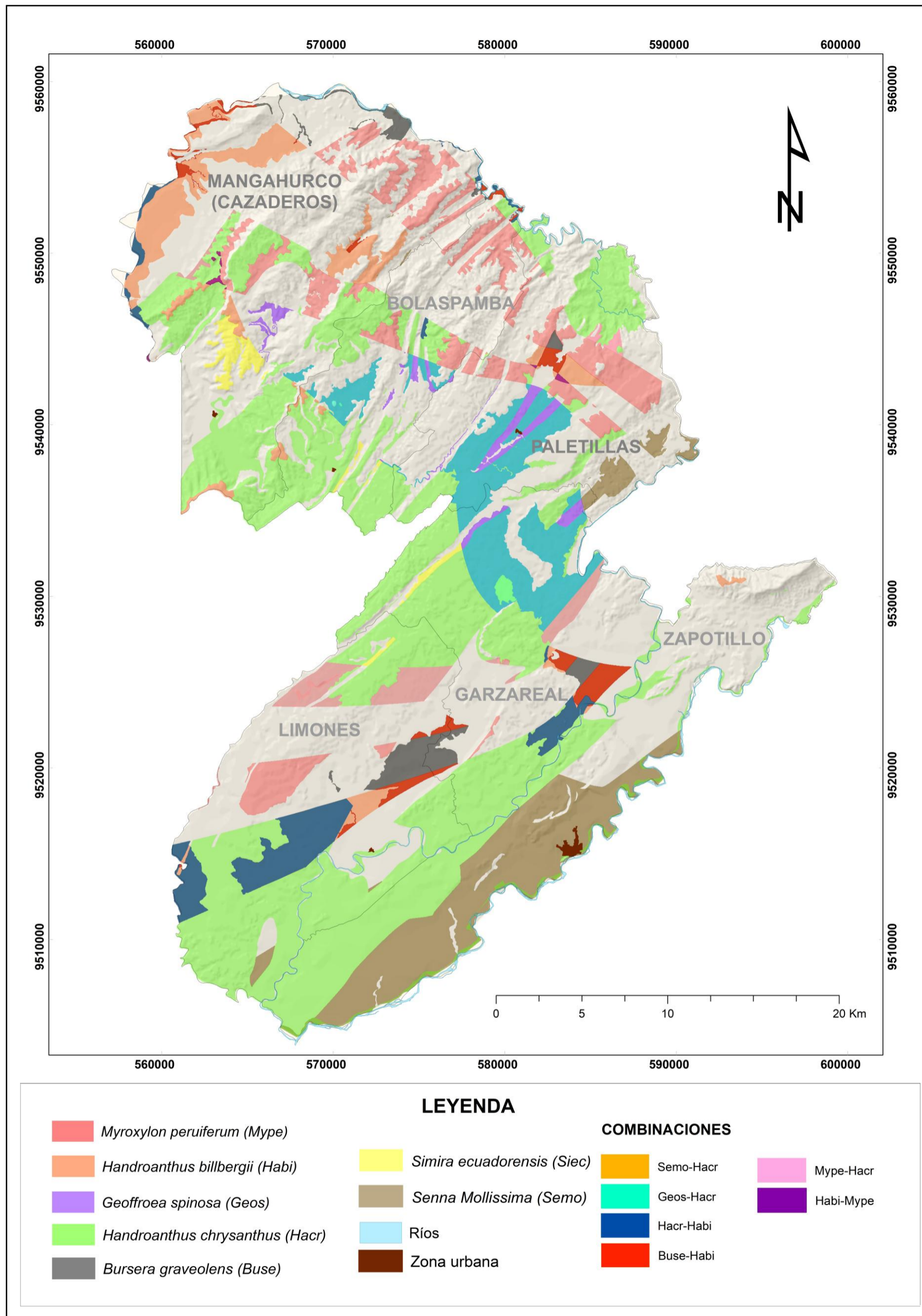


Figura 26. Mapa de zonificación silvícola de las siete especies forestales de bosque seco con sus respectivas combinaciones.

4.7. PROPUESTA DE ORDENACIÓN FORESTAL

Como producto del mapa de zonificación silvícola se identificaron áreas con potencial forestal, donde se forman las diferentes combinaciones de las especies estudiadas. Estos resultados son de importancia para los planes y proyectos de reforestación ya que sirven como instrumento de planificación e implementación de zonas con potencial forestal.

Según la distribución y agrupación de las especies en el mapa de zonificación se puede interpretar lo siguiente: la combinación conformada por *Geoffroea spinosa*, y *Handroanthus chrysanthus* (Geos-Hacr), conjuntamente con las especies de *Handroanthus billbergii* (Habi) *Simira ecuadorensis* (Siec) y *Myroxylon peruiferum* (Mype), se concentra en la parte media del área de estudio, este tipo de especies se desarrollan desde altitudes menores a 270 msnm hasta 720 msnm, donde la temperatura media anual oscila entre los 23°C a 25°C y las precipitaciones están comprendidas desde 200 mm hasta mayores a 800 mm, siendo la temperatura y precipitación los factores determinantes para su desarrollo.

Al tomar en cuenta las especies: *Handroanthus chrysanthus*, *Myroxylon peruiferum*, *Simira ecuadorensis*, *Geoffroea spinosa* y *Bursera graveolens* (Hacr, Mype, Siec, Geos y Buse), su desarrollo está determinado por la temperatura y la precipitación. El factor temperatura media anual va desde 23-25°C hasta los 25°C, con precipitaciones medio anuales entre 200 a 800 mm, con altitudes desde 270 hasta 720 msnm, en este tipo de áreas también se desarrollan las especies *Senna mollissima* (Semo) y *Handroanthus billbergii* (Habi).

La zonificación silvícola en el área de estudio es la base para determinar las plantaciones que se puedan hacer con las diferentes combinaciones de las especies, los planes o proyectos que se ejecuten mediante el uso de este tipo de herramienta podrán definir de mejor manera las zonas de potencial forestal, y contar con información al momento de buscar factores que determinan el crecimiento y desarrollo de las especies.

4.8. DIFUSIÓN DE RESULTADOS

Se socializó los resultados de la investigación a los estudiantes del noveno ciclo de la Carrera de Ingeniería Forestal a través de una exposición en Powerpoint, como respaldo se presenta registros fotográficos (Ver Figura 27) y un tríptico (Anexo 13) con la información más relevante.

Se entregó un ejemplar de la tesis a la Carrera de Ingeniería Forestal en formato digital y físico.



Figura 27. Memorias fotográficas de difusión de resultados

5. DISCUSIÓN

A continuación, se presenta los análisis de los resultados de esta investigación. En este estudio se encontró un número de variables asociadas a la distribución de las especies forestales de bosque seco del Cantón Zapotillo, las cuales desempeñan un rol importante y significativo en el manejo silvicultural de la zona de estudio.

5.1. EXIGENCIAS ECOLÓGICAS DE LAS ESPECIES FORESTALES NATIVAS DE BOSQUE SECO

Los resultados de esta investigación comprueban la hipótesis planteada, donde se afirma que las especies tienen relación directa con los factores ecológicos para su distribución. Esta información se relaciona con lo dicho por Claro y Castañeda (2014) quienes afirman que la distribución de seis especies forestales en áreas montañosas de Cuba, tienen una marcada influencia por factores ecológicos como la altimetría, los suelos y la precipitación, modelando áreas óptimas para la reforestación.

En relación a los resultados del análisis de los perfiles ecológicos se evidenció que la distribución y desarrollo de 6 especies de bosque seco dependen de los factores ecológicos precipitación y temperatura. Esto confirma lo dicho por SNV-CINFA-Herbario de Loja (2003) quienes mencionan que la relación que existe entre las comunidades vegetales y los factores edáficos, influyen en la presencia de comunidades del bosque seco de la Provincia de Loja incluyendo pH, temperatura del suelo, altitud, precipitación, pendiente, grado de intervención, pedregosidad y unidad de relieve, principales factores que contribuyen en la distribución y presencia de las comunidades vegetales. Es por ello que la aplicación del método de los perfiles ecológicos llega a ser un aspecto novedoso para determinar los factores ambientales que influyen en el desarrollo de especies forestales.

La aplicación del método de los perfiles ecológicos y su relación con la información cartográfica de los factores ecológicos (suelo, geología, altitud, precipitación y temperatura media anual) determinaron los requerimientos ecológicos que tienen las especies forestales y la identificación de las áreas con potencial forestal representadas en

un mapa de zonificación donde se dan las diferentes combinaciones de las especies para su distribución en áreas alteradas de aptitud forestal, estos resultados se relacionan con estudios realizados en esta temática por Claro 1996, Fariñas 1996, Claro 2002, Zunino y Zullini 2003, Ochoa 2006, Phillips *et al.*, 2006, Martínez 2008, Ordóñez 2011, Claro y Castañeda 2014).

5.2. DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES Y ZONIFICACIÓN SILVÍCOLA

Al analizar los mapas de distribución de las especies *Handroanthus chrysanthus* y *Handroanthus billbergii* se evidencia que se encuentran con mayor frecuencia entre las cotas <270 msnm, 571-720 msnm y >721 msnm. Según el Herbario Loja *et al.*, (2001; 2003) existe una distribución potencial de “Guayacán” en los bosques secos en la Provincia de Loja bajo la cota de los 1000 msnm, con dominio de *H. chrysanthus*.

Tomando en cuenta los resultados de la distribución de *Handroanthus chrysanthus* el mayor número de parcelas se encuentra en suelos compuestos de alfisol con gran acumulación de arcilla que retiene humedad en el horizonte B poco profundo y posee una fertilidad natural entre media y alta. Este requerimiento ecológico es reportado por Caraguay y Rivas (2005) que menciona que los guayacanes prefieren suelos medianamente profundos, fértiles y con remanencia de humedad.

En la clase lutita negra que está compuesta de materia orgánica ubicada en hondonadas y laderas se registró un gran número de individuos de la especie *Handroanthus chrysanthus*, mientras que la especie *H. billbergii* en esta clase se encuentra distribuida con pocos individuos, corroborando lo mencionado por Villacís *et al.*, (2015), sobre *H. chrysanthus* quienes aseguran que tiene distribución amplia, crece en hondonadas, laderas y cumbre de colinas con pendientes moderadas, con una frecuencia de hasta el 75% y se desarrolla con una distribución natural agrupada de preferencias en parches. Mientras que *H. billbergii* se observa creciendo en cumbres con una frecuencia baja de 5% ocasionalmente se ven árboles aislados, como producto de la explotación forestal pasada.

La presencia de las fenofases del guayacán está directamente relacionada con el clima, especialmente la precipitación, ya que esta especie es caducifolia, se defolia, para la máxima intensidad de la floración y requiere de la presencia de la lluvia (Villacis, *et al.*, 2015). Según los resultados del presente estudio se corrobora que el desarrollo y distribución de la especie *Handroanthus chrysanthus*, está relacionado con la precipitación, donde el mayor número de parcelas y registros se encuentran en sitios con precipitaciones mayores a 800 mm, igual sucede con la especie *Handroanthus billbergii*, que para su desarrollo depende de la precipitación anual.

En relación al mapa de zonificación silvícola, la distribución espacial de las siete especies forestales, puede ser suficientemente precisa en la planificación de programas de reforestación. De acuerdo con los fines de la investigación se diseñó un mapa donde se proponen 13 zonas de distribución óptima para la reforestación, tomando en cuenta los requerimientos ecológicos. La aplicación del método de los perfiles ecológicos permitió modelar la distribución de las especies y realizar un mapa de zonificación silvícola de siete especies forestales del Cantón Zapotillo, en base a la relación entre las especies y los descriptores ecológicos (suelo, geología, altitud, precipitación y temperatura media anual). El alcance geográfico que posee esta investigación, permite obtener datos fiables, de un territorio extenso y aprovechar mejor los recursos de toda el área de estudio.

Las especies *Handroanthus chrysanthus*, *Myroxylon peruiferum*, *Simira ecuadorensis*, *Geoffroea spinosa* y *Bursera graveolens* (Hacr, Mype, Siec, Geos y Buse), se asocian a los descriptores ecológicos precipitación y temperatura, estos factores son determinantes, de tal forma que cuando el aire se eleva sobre las zonas con mayor evaporación en el bosque, la baja presión resultante del aire húmedo, transfiere este vapor de agua, en lluvia, dando lugar a estas especies que requieren estas condiciones para desarrollarse. Estas especies ocupan zonas bajas, pero si existen condiciones de precipitación y temperatura iguales a las de su hábitat se las encuentran desplazadas hacia las zonas altas o cumbres en el Cantón Zapotillo. Distribuyéndose en 62 278 ha, que corresponde al 51 % del área del cantón, pues es el dominio climático que ocupa más extensión. Sin embargo, la especie que no se asocia a ningún descriptor es (Habi) pues la muestra fue de muy pocos

individuos, según Caraguay & Rivas (2005), mencionan que, “*Handroanthus billbergii* se encuentra con una frecuencia baja de 5 %, crece en forma agrupada; ocasionalmente se ven árboles aislados, y si los hay es producto de la explotación forestal pasada”. Mediante el método de los perfiles ecológicos se obtuvo que *Handroanthus billbergii* posee valores de asociarse al descriptor precipitación.

Dentro de los resultados, una de las especies que se asocia al descriptor ecológico altitud es la *Senna mollissima* (Semo) con una distribución de la especie de 7 813 ha, de esta característica física se asocia, que conforma el 6 % en el territorio, pues la altitud genera una ordenación de las formaciones vegetales en pisos, pues a mayor altitud aumenta la influencia de factores edafológicos y fisiográficos, son determinantes para esta especie.

No obstante, se debe considerar que este tipo de método de perfiles ecológicos aparece todavía como una oferta. Este método puede proveer un amplio camino para la investigación, como en el uso de comunidades forestales, pues se determinaría un manejo adecuado para especies amenazadas en zonas donde los datos ecológicos son escasos. Este procedimiento genera información necesaria para proyectos de restauración adecuada.

El método de perfiles en esta investigación se definió las exigencias ecológicas de 7 especies nativas de bosque seco, bajo los descriptores precipitación temperatura y suelos, lo que permite confirmar lo dicho por, Hastie *et al.*, (2001) menciona que el uso de perfiles ecológicos relacionados con los descriptores ecológicos, es único por el alcance geográfico que posee, la aplicación de este método de modelaje provee numerosa información de la distribución de especies, y se ha demostrado que el manejo de datos y su interpretación es exitosa. Otro estudio que determina la importancia de los requerimientos ecológicos, es el de Martínez (2008), quien menciona que el índice de sitio y potencial productivo está determinado por la suma de factores ecológicos que afectan la productividad del bosque, donde se pueden predecir los elementos determinantes en el crecimiento de los árboles; y de esta manera, realizar adecuadamente las actividades de planificación y manejo

territorial, determinando de mejor manera el nivel anual de aprovechamiento y la adecuada aplicación de los tratamientos silvícolas.

5.3. COMPARACIÓN CON LA METODOLOGÍA DE DISTRIBUCIÓN MAXENT

Al comparar la metodología usada (perfiles ecológicos) con el modelo predictivo Maxent de distribución geográfica poseen cierta similitud, pues Maxent se basa en mecanismos estadísticos para generar predicciones de información incompleta al igual que los perfiles ecológicos, ambos determinan puntos de ocurrencia en un área mediante un conjunto de selecciones limitantes (variables ambientales). El resultado es la distribución de un valor de probabilidad entre 0-1, asignado a cada celda en el área de estudio. La distribución potencial resultante es representada por el porcentaje de celdas con un alto valor de probabilidad, ambos modelamientos crean modelos mediante presencia y ausencia, donde los sitios de interés son muestreados sistemáticamente. Las probabilidades de distribución son expresadas mediante funciones simples de variables, cada característica permite determinar los sitios de presencia, ambos métodos derivan de variables de tipo continua y categórica. La diferencia entre los modelos está en la sistematización de datos, los perfiles necesitan un orden matriz-tecnológico para manejar los datos, depende de software y de la interacción profesional, a diferencia de maxent con solo distribuir las variables y los registros geográficos en el programa e interpretar los datos nos facilita de mejor forma el manejo de los recursos, y la información es flexible y voluble para representarse en forma gráfica a través de diagramas de frecuencias y espaciales.

6. CONCLUSIONES

- Se definió las exigencias ecológicas de siete especies forestales nativas aplicando el método geográfico y estadístico (perfiles ecológicos) en el bosque seco del cantón Zapotillo.
- La distribución y desarrollo de las especies *Handroanthus chrysanthus*, *Handroanthus billbergii*, *Bursera graveolens*, *Myroxylon peruiferum*, *Geoffroea spinosa*, *Simira ecuadorensis*, está asociada a los descriptores ecológicos precipitación y temperatura, mientras que el vainillo (*Senna mollissima*) está asociada al descriptor ecológico altitud, pues es la determinante para esta especie.
- Las especies que tienen mayor rango de distribución respecto al área de estudio son *Handroanthus chrysanthus*, con 55 %, *Myroxylon peruiferum* que representa el 19 % y *Geoffroea spinosa* con 14 %.
- Se generó información cartográfica (mapas) a escala 1:25 000 representando la distribución geográfica de siete especies nativas de bosque seco y su relación con los factores ecológicos, determinando las zonas de aptitud forestal, resultados que se usaron para diseñar el mapa de zonificación silvícola.
- La agrupación de los registros georeferenciados de las especies y su relación con los cinco rangos altitudinales establecidos dio como resultado la representación cartográfica de 110 parcelas y 187 registros florísticos en toda el área de estudio de bosque seco.
- Se elaboró el mapa de zonificación silvícola y se identificó conceptualmente 13 zonas donde se pueden dar la distribución y las combinaciones de las especies estudiadas.

7. RECOMENDACIONES

- En futuras investigaciones se deben considerar especies forestales en peligro o amenazadas, con el propósito de contribuir con información georreferenciada para realizar la zonificación silvícola y aportar en el desarrollo de los planes de restauración en para recuperar zonas degradadas.
- Este tipo de estudio debe ampliarse a especies forestales que brinden servicios para sistemas agroforestales (SAF's), o de interés comercial para productos forestales no maderables (PFNM). Con el fin de conocer sus requerimientos e identificar las áreas óptimas para su reforestación.
- El método de los perfiles ecológicos, permite conocer los requerimientos ecológicos de las especies para su distribución espacial, esta información sería de gran utilidad para las instituciones que trabajan en el campo forestal y ambiental al momento de desarrollar programas o proyectos de reforestación y conservación.
- Proponer estudios físico-geográficos en otras áreas para conocer los requerimientos ecológicos de las especies forestales en diversas zonas de la provincia de Loja, reforzando así el manejo de herramientas forestales.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Adamo, S., Calvo, A., Miraglia, M., Natenzon, C. E., Roldán, I., Sabassi, F., & Villa, A. (1989). Cuenca hidrográfica. Una exploración sobre el concepto. Seminario-taller sobre uso tradicional de recursos naturales en ecosistemas de montaña. UNJ-MAB-UNESCO-International Union of Biological Sciences. San Salvador de Jujuy.
- Aguirre Z. (2002). Árboles austro ecuatorianos poco conocidos. En Aguirre Z, Madsen J, Cotton E. y H. Balslev. Botánica Austroecuadoriana. Editorial UTPL. Universidad Nacional de Loja, Universidad de Aarhus. Loja. Ecuador. 351-374 p.
- Aguirre Z. y L. Kvist. (2006). Composición florística y Estado de Conservación de los Bosques Secos del Sur - Occidente del Ecuador. Herbario Loja. Universidad Nacional de Loja. Instituto de Biología, Universidad de Aarhus.
- Aguirre, Z, P. Lars & O. Sánchez. (2006). Bosques secos en Ecuador y su Diversidad. Herbario LOJA, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador, Instituto de Biología, Universidad de Aarhus, Ny Munkegade 1540, 8000 Aarhus C., Dinamarca. 164 pp.
- Aguirre, Z,; Madsen, J.; Cotton, E.; Balslev, H. (Edit), (2002). Botánica Austro ecuatoriana. Estudio sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe. Edit. Abyayala. Quito, Ecuador. p 484
- Aguirre, Z. (2012). Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía dendrológica, para su identificación y caracterización. Proyecto Manejo Forestal Sustentable ante el Cambio Climático. MAE/FAO. Finlandia. Quito, Ecuador, 35,50 pp.
- Aguirre, Z. y Lozano, G. (2013). Páginas 58-60-97-95 en: Ministerio del Ambiente del Ecuador 2012. Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito.
- Aguirre, Z. y P. Kvits. (2005). Composición florística y estado de conservación de los bosques secos del sur-occidente del Ecuador. Lyonia. Volumen 8 (2): 41-67

- Aguirre, Z. y T. Delgado. (2001). Vegetación y flora de los bosques secos del occidente de la provincia de Loja. En: Vázquez, M.A., IF. Freile y L. Suárez (Eds.). Bio-diversidad en los bosques secos del área Cerro Negro-Cazaderos, occidente de la provincia de Loja: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. EcoCiencia, Ministerio del Ambiente y Proyecto Bosque Seco. Quito.
- Aguirre-Mendoza Z., Loja A., Solano M. y Aguirre N. (2015). Especies Forestales más aprovechadas del Sur del Ecuador. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 128p.
- Álvarez, M. A., Fernández Cepedal, G y Rivero J. (1987). Zonificación agraria y sistemas de explotación en la Región Asturiana. Universidad de Oviedo. Departamento de Zoología y Ecología.
- Araya, R. A. J. (2017). Los diez pilares de la socioeconomía: ten props of the socioeconomics. *Revista Conjeturas Sociológicas*, 4(11), 71-90.
- Bibby, C.J., N.D. Burgess & D.A. Hill. (1992). *Bird Census Techniques*. London: Academic Press.
- ter Braak, C.F.F., A.J. van Strien, R. Meijer & T.J. Verstrael (1994): Analysis of monitoring data with many missing values: which method In Hagemeyer, E.J.M. & T.J. Verstrael (eds.): *Bird Numbers 1992: Distribution, monitoring and ecological aspects*. Proc. 12th Int. Conf. IBCC and EOAC, Noordwijkerhout, The Netherlands: 663-673. Beek-Ubbergen: SOVON.
- Brown, J. H., & Lomolino, M. V. (2006). Biogeografía. In *Biogeografía*. Funpec.
- Bustamante, T. (2009). Composición florística, estructura y endemismo en el bosque seco de la Reserva Natural Laipuna, Macará, Loja. Tesis Ing. For. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuaria y de Recurso Naturales Renovables. Loja-Ecuador, 105 p.
- Caraguay C. & R. Rivas. (2005). Distribución, fenología y crecimiento diamétrico de cuatro especies forestales en la reserva natural Tumbesia La Ceiba del cantón Zapotillo. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

- Cardoso, C. & García. L. (1979). Estudio de presencia de Comunidades vegetales en suelos intrazonales del oeste de España y de sus relaciones con diversos factores edáficos. Anu. Centro de Edafología y Biología Aplicada. Salamanca. C. S. I. C. Vol. V.
- Cerón, C.E. W. Palacios, R. Valencia & R. Sierra. (1999). Las formaciones naturales de la Costa del Ecuador. Pp. 55-78 En: R. Sierra (ed.), Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia, Quito.
- CIAT, (2007). Sistemas de Información Geográfica- SIG. Capítulo 5. Departamento de la Guajira. Roacha. Consorcio Unión Europea. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Claro, Á. & Castañeda, W. (2014). Propuesta metodológica para la reforestación de áreas montañosas de Cuba. Ciencias de la Tierra y el Espacio, enero-junio, 2015. Vol.16, No. 1, pp. 63-74, ISSN 1729-3790,
- Claro, Á. (2002). La distribución de las especies forestales en las montañas de Cuba y su relación con las condiciones geo-ecológicas (inédito). Tesis de Doctorado. Facultad de Geografía, Universidad de La Habana. La Habana, Cuba. 136 p.
- Claro, Valdés, A. R. (1996). Biogeografía. Edit. Pueblo y Educación. La Habana, 243 pp.
- Daget, Ph et Godron, M. (1982). Analyse fréquentielle de écologie des espèces dans les communautés. Ed. Masson et Cia. Paris, France. 163 p.
- Díaz, M. y Baus E. (2001). Evaluación ecológica rápida de la herpetofauna en los bosques secos de la Ceiba y Cordillera Arañitas, Provincia de Loja, Ecuador. EcoCiencia. Isla San Cristóbal N44-495 e Isla Seymour, Casilla Postal 17-12-257. Quito, Ecuador.
- Dodson, C.H. y AH. Gentry. (1993). Extinción biológica en el Ecuador continental. Pp. 2757. En: Mena P.A y L. Suárez (Eds.). La investigación para la conservación de la diversidad biológica. EcoCiencia. Quito.
- Escardó, A. L. (1998). Contribución al concepto de clima. Territoris, 1, 203-214.

- Fariñas M. R. y Claro, A. R. (1996). CALCPERF (programa estadístico). Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Cuba.
- 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.
- Gallina Tessaro, S., & López González, C. (2011). Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Universidad Autónoma de Querétaro e Instituto de Ecología, AC México. 390p.
- Gaona, M. O. (2007). Identificación de Sistemas Agroforestales tradicionales y selección de las mejores prácticas para enfrentar la desertificación en el Cantón Zapotillo. Tesis Ing. For. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja. 16-18 pp.
- González E., C. García y J. Correa. (2005). Especies forestales del bosque seco "Cerro Negro-Cazaderos" Zapotillo-Puyango. Loja EC. Fundación Ecológica Arcoíris. 39 p.
- González-Doncel, I., & Gil, L. (2013). ¿Selvicultura o Silvicultura? Historia de dos palabras. In Congresos Forestales.
- Gordo, J. A. (2009). Análisis Estructural de un bosque natural localizado en zona rural del Municipio de Popayán. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigación TULL. Universidad del Cauca.
- Gounot, M. (1958). Contribution à l'étude des groupements végétaux messicoles et rudéraux de la Tunisie (Vol. 1). Service botanique et agronomique.
- Gounot, M. (1969). Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson et Cie. Paris.
- GPL. Gobierno Provincial de Loja. (2011). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Loja. Diagnóstico Biofísico del Cantón Zapotillo. Prefectura de Loja. Disponible en: <https://www.prefectura Loja.gob.ec/documentos/pac/116-GPL-UCP-2011.pdf>

- Guillerm, J. L. & Sutisna, M. (1983). Caracterisation écologique des adventices des rizières en Camargue (France). In: Le comunità vegetali come indicatori ambientali. (Ed. C. Ferrari, S. Gentile, S. Pignatti & E. O. Marchese). Reg. Emil.-Romana & Società Italiana di Fitosociologia. Studi e Documentazioni. Bologna.
- Hastie, T., Tibshirani, R. and Friedman, J. H. (2001). The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction. - Springer.
- INAMHI, (2011). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Anuario Meteorológico, 2011.
- INAMHI, (2013). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Anuario Meteorológico, 2013.
- Josse, C., G. Navarro, P. Comer, R. Evans, D. Faber-Langendoen, M. Fellows, G. Kittel, S. Menard, M. Pyne, M. Reid, K. Schulz, K. Snow y J. Teague. (2003). Ecological Systems of Latin America and the Caribbean: A Working Classification of Terrestrial Systems. NatureServe, Arlington, VA, US.
- Liebig, J. V. (1840). Organic Chemistry in its Applications to Agriculture and Physiology by Justus Liebig; Edited From the Manuscript of the Author by Lyon Playfair. Kessler, M. 1992. The vegetation of South-west Ecuador. Pp. 79-100 En B. Best (ed.). The threatened Forests of South-West Ecuador. Biosphere Publications, Leeds
- Loja, A. F. y Solano, C. M. 2015. Caracterización dendrológica de las especies forestales más aprovechadas en la Región Sur del Ecuador. Tesis Ing. Forestal. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja.
- Maass, M. (2003). Principios generales sobre manejo de ecosistemas. Sánchez, O., E. vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis. Conservación de ecosistemas templados de montaña de México. SEMARNAT/US Fish y Wildlife Service, UNAM, CONABIO, México.

- Martínez, M. S. (2008). Potencial productivo y zonificación forestal para el reordenamiento silvícola en bosques templados. Centro de Investigación Norte Centro Sitio Experimental La Campana-Madera. Folleto Técnico Núm. 37. 1 de octubre de 2008. ISBN 978-607-425-033-6
- Martínez, S. M., Armendáriz, O.R., Valdés, C. R. y Beltrán, M. L. (2006). Clasificación de potenciales naturales en los bosques templados del sur de Chihuahua. Folleto Técnico No. 35. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México. 33 p.
- Ministerio del Ambiente. (2013). Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.
- Montaño, L. D. y J.C.Roa. (2012). Estado Actual de Conservación de los Bosques Secos Pluviestacionales del SurOccidente de la Provincia de Loja. Tesis Ing. For. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja. 4 pp. Naturaleza y Cultura Internacional (NCI). 2013. Guayacanes: Su floración está a punto de comenzar. Diario La Hora. Publicación Nro. 792.
- Ochoa-Ochoa, L.M., y Villela, O. (2006). Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana. UNAM, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F.
- Odum, E. P., & Barrett, G. W. (1971). Fundamentals of ecology (Vol. 3). Philadelphia: Saunders. Disponible en Línea: <http://www.evtfuto.com/download/Other%20Links/FUNDAMENTALS%20OF%20ECOLOGY-P.Odum.pdf>
- Ordóñez, O. (2011). Distribución de las especies arbóreas y arbustivas basadas en los requerimientos geoecológicos de los sistemas montañosos en la Provincia de Loja, Ecuador. Tesis de Magister. Facultad de Geografía, Universidad de La Habana. La Habana, Cuba.

- Ostrom, E. (2005). *Self-Governance and Forest Resources*. Terracota reader, a market approach to the environment. India: Academic Foundation.
- PDOT. ZAPOTILLO. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Zapotillo*. GAD Zapotillo.
- Pedrinaci Rodríguez, e. (1993). La construcción histórica del concepto de tiempo geológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 315-323.
- Pérez, C. (2012). *Zonificación Silvícola del Sector Uvero, Municipio de Guamá*. Diploma. Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Cuba. 80 pp.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P. and Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol. Modell.* 190: 231-259.
- Reguant, S. (1971). Los conceptos de facies en Estratigrafía. *Acta geológica hispánica*, 6(4), 97-101.
- Rojas, E. O. (1985). *Esquema metodológico para la zonificación agroecológica de cultivos de IICA*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Memoria Curso Internacional sobre la Agroclimatología. San Salvador, El Salvador. pp, 64-73.
- Sarmiento, F. O. (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].
- Shaxson, T. F. (1994). *Introducción al concepto moderno de manejo integrado y conservación de suelos*. Memorias del taller sobre planificación participativa de conservación de suelos y aguas.
- Sierra, R. (Ed.). (1999). *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental*. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito.

- Smith & Smith. (2009). Introduction to Ecology. Our Definition. Disponible en: http://ocw.mit.edu/courses/civil-and-environmental-engineering/1-018j-ecology-ith-the-earth-system-fall-2009/lecture-notes/MIT1_018JF09_Lec01.pdf
- SNV,CINFA,HERBARIO LOJA, (2003). Zonificación Ecológica y Unidades de Paisaje del Bosque Seco Fase II, Noviembre 2003
- Spurr, S. H. y Barnes, B. V. (1982). Ecología Forestal. México. A.G.T. Editor 690 p.
- Stattersfield. A.J., M.J. Crosby, A.I Long y D.e. Wege. (1998). Endemic bird áreas of the world. Priorities for biodiversity conservation. BirdLife International Conservation Series No. 7. Cambridge.
- Stehberg, R., & María, T. P. (1998). Reevaluación del significado del relieve montañoso transversal de La Angostura en el problema de la frontera meridional del Tawantinsuyu. Tawantinsuyu, 5, 166-169.
- Tirira, D. G. (2001). Libro rojo de los mamíferos del Ecuador. Serie Libros Rojos del Ecuador. Vol. 1. Publicación especial de los mamíferos del Ecuador.
- Valladolid, J.; Vidal, Z. (1990). Identificación y Descripción de los subsistemas agroforestales en la provincia de Loja. Tesis Ing. For. Facultad de Ciencias Agrícolas. Escuela de Ing. Forestal. Universidad Nacional de Loja. 169 pp.
- Valverde, F. (1998). Plantas útiles del Litoral Ecuatoriano. Ministerio del Ambiente/ECORAE/Ecociencia. Guayaquil, Ec. p 53.
- Vargas Ulate, G. (2001). Fitogeografía de ecosistemas secos en la meseta de ignimbritas de Guanacaste, Costa Rica. Revista de biología tropical, 49(1), 227-238.
- Vázquez, M.A. y C. Josse. (2001). Breve introducción a los bosques secos del suroccidente de Loja. Pp. 9-13. En: Vázquez. M.A., M. Larrea, L. Suárez y P. Ojeda (eds.). Biodiversidad en los bosques secos del suroccidente de la provincia Loja: un reparte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario LOJA y Proyecto Bosque Seco. Quito.

- Villacís, R. G., Z. Aguirre, González, A., Benítez, E & Aguirre, N. (2015). Pasado, Presente y futuro de los “guayacanes” *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S. O. Grose y *Handroanthus billbergii* (Bureau & K. Schum.) S. O. Grose, de los bosques secos de Loja, Ecuador. ISSN: 1515-8242
- Williams R. (2005). Biodiversidad y Cultura de los bosques secos, Ecuador y Perú. Bosques sin Fronteras. Artistas por la naturaleza. p 12.
- Zunino, M., & Zullini, A. (2003). Biogeografía: la dimensión espacial de la evolución (No. QH 106.5. Z8518 2003). México: Fondo de Cultura Económica.

9. ANEXOS

Anexo 1. Datos generales de ubicación de parcelas y especies por cada descriptor ecológico distribuidas por rangos altitudinales.

CLASE I < 270 msnm						
ESPECIES	PARCELAS	ALTITUD	GEOLOGÍA (LITOLOGÍA)	SUELOS	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN
Hacr	0	1	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	4
Semo	4	1	DEPOSITO ALUVIAL	Inceptisol	3	8
Habi	5	1	LUTITA NEGRA	Aridisol	3	8
Habi	6	1	LUTITA NEGRA	Aridisol	3	8
Buse, Hacr	84	1	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	6
Semo, Buse, Hacr	85	1	LUTITA NEGRA	Aridisol	3	5
Buse	86	1	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	5
Hacr	87	1	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	4
Hacr	88	1	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	3
Buse	89	1	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	5
Buse	90	1	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	5
Buse	91	1	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	5
Buse	92	1	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	5
Buse	93	1	LUTITA NEGRA	Entisol	3	5
Buse, Hacr	94	1	LUTITA NEGRA	Entisol	3	5
Hacr	95	1	LUTITA NEGRA	Entisol	3	4
Buse	96	1	LUTITA NEGRA	Entisol	4	4
Hacr	97	1	LUTITA NEGRA	Aridisol	4	2
Hacr	98	1	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Aridisol	4	2
Hacr	99	1	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Aridisol	3	4
Hacr	100	1	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Aridisol	4	3
Hacr	101	1	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Aridisol	4	2
Hacr	102	1	LUTITA NEGRA	Inceptisol	4	1

ESPECIES	PARCELAS	ALTITUD	GEOLOGÍA (LITOLOGÍA)	SUELOS	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN
Hacr	103	1	LUTITA NEGRA	Inceptisol	4	3
Hacr	104	1	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	4	2
Hacr	105	1	LUTITA NEGRA	Inceptisol	4	1
Hacr	106	1	LUTITA NEGRA	Inceptisol	4	1
Hacr	107	1	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	4	1
Habi	108	1	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	4
Semo	109	1	DEPOSITO ALUVIAL	Aridisol	3	8
CLASE II 271-420 msnm						
ESPECIES	PARCELAS	ALTITUD	GEOLOGÍA (LITOLOGÍA)	SUELOS	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN
Mype	13	2	LUTITA NEGRA	Inceptisol	2	5
Semo	14	2	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	2	5
Semo	15	2	LUTITA NEGRA	Inceptisol	2	5
Mype	16	2	LUTITA NEGRA	Inceptisol	2	5
Hacr	17	2	LUTITA NEGRA	Aridisol	3	7
Hacr	18	2	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	5
Buse	19	2	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	8
Habi	20	2	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	4
Hacr	21	2	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	8
Hacr	22	2	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	8
Hacr	23	2	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	8
Semo, Hacr	24	2	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	8
Semo, Hacr	25	2	DEPOSITO ALUVIAL	Inceptisol	3	8
Semo	26	2	LUTITA NEGRA	Tierras Misceláneas	3	8

ESPECIES	PARCELAS	ALTITUD	GEOLOGÍA (LITOLOGÍA)	SUELOS	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN
Semo, Habi, Hacr	27	2	DEPOSITO ALUVIAL	Inceptisol	3	8
Hacr	28	2	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	8
Hacr	29	2	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	8
Buse	30	2	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	8
Hacr	31	2	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	8
Semo, Hacr	66	2	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	1
Hacr	67	2	LUTITA NEGRA	Inceptisol	4	1
Semo	68	2	LUTITA NEGRA	Aridisol	4	2
Hacr	69	2	LUTITA NEGRA	Inceptisol	4	2
Semo, Hacr	70	2	LUTITA NEGRA	Inceptisol	4	2
Hacr	71	2	LUTITA NEGRA	Inceptisol	4	1
Hacr	72	2	LUTITA NEGRA	Inceptisol	4	1
Hacr	73	2	LUTITA NEGRA	Inceptisol	1	7
Mype	74	2	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	2	8
Geos	75	2	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	8
Semo	76	2	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Aridisol	2	8
Hacr	77	2	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Aridisol	2	8
Hacr	78	2	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	2	7
Semo, Mype	79	2	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Alfisol	3	8
Buse, Hacr	80	2	LUTITA NEGRA	Inceptisol	2	7
Buse	81	2	LUTITA NEGRA	Inceptisol	2	6
Buse	82	2	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	5
Buse	83	2	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	5

Clase III 421-570 msnm						
ESPECIES	PARCELAS	ALTITUD	GEOLOGÍA (LITOLOGÍA)	SUELOS	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN
Hacr	32	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Alfisol	2	5
Hacr	33	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Entisol	3	8
Hacr	34	3	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	8
Buse. Hacr	35	3	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	8
Hacr	36	3	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	8
Hacr	37	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Alfisol	3	8
Buse	38	3	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	8
Hacr	39	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	8
Hacr	40	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	8
Hacr	41	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Alfisol	2	8
Hacr	42	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Alfisol	2	8
Mype, Hacr	43	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	2	8
Hacr	44	3	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	8
Hacr	45	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Alfisol	2	8
Buse	46	3	LUTITA NEGRA	Entisol	3	8
Hacr	47	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Alfisol	3	8
Hacr	48	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Alfisol	2	8
Hacr	49	3	LUTITA NEGRA	Alfisol	2	8
Hacr	50	3	LUTITA NEGRA	Aridisol	3	8
Hacr	51	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Alfisol	2	8
Siec	52	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	8
Siec	53	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	8

ESPECIES	PARCELAS	ALTITUD	GEOLOGÍA (LITOLOGÍA)	SUELOS	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN
Siec	54	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Alfisol	3	8
Siec	55	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Alfisol	3	8
Habi	56	3	LUTITA NEGRA	Inceptisol	3	8
Buse, Hacr	57	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	8
Buse	58	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	8
Siec	59	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	8
Siec, Habi	60	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	8
Geos, Hacr	61	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	8
Geos, Siec, Hacr	62	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	8
Geos, Hacr	63	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	8
Hacr	64	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	8
Geos, Siec, Hacr	65	3	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	3	8
Clase IV 571-720 msnm						
ESPECIES	PARCELAS	ALTITUD	GEOLOGÍA (LITOLOGÍA)	SUELOS	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN
Mype	7	4	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Entisol	2	7
Habi	8	4	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Entisol	2	7
Semo, Habi	9	4	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	1	6

ESPECIES	PARCELAS	ALTITUD	GEOLOGÍA (LITOLOGÍA)	SUELOS	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN
Hacr	10	4	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Entisol	2	7
Buse	11	4	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	1	7
Hacr	12	4	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Inceptisol	2	8
Clase IV 571-720 msnm						
ESPECIES	PARCELAS	ALTITUD	GEOLOGÍA (LITOLOGÍA)	SUELOS	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN
Hacr	1	5	LUTITA NEGRA	Entisol	2	7
Hacr	2	5	LUTITA NEGRA	Entisol	2	7
Hacr	3	5	GRAUVACA,LUTITA,LIMOLITA,CONGLOMERAD O,LUTITA NEGRA,CAPA DE CALIZA	Entisol	2	7

Anexo 2. Perfiles ecológicos para siete especies arbóreas respecto al descriptor suelo en el Cantón Zapotillo de la Provincia de Loja.

	PERFIL	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V	Total
		Alfisol	Aridisol	Entisol	Inceptisol	Misceláneas	
Habi	PEC	12	14	12	71	1	110
	FAP	0	2	1	6	0	9
	FAA	12	12	11	65	1	101
	FRP	0	0.14	0.08	0.08	0	0.08
	FCP	0	1.75	1.02	1.03	0	1
	X ²	2.05	0.58	0	0.01	0.17	2.8
Hacr	FAP	9	9	7	43	0	68
	FAA	3	5	5	28	1	42
	FRP	0.75	0.64	0.58	0.61	0	0.62
	FCP	1.21	1.04	0.94	0.98	0	1
	X ²	0.94	0.04	0.06	0.05	1.93	3.01
Semo	FAP	1	4	0	9	1	15
	FAA	11	10	12	62	0	95
	FRP	0.08	0.29	0	0.13	1	0.14
	FCP	0.61	2.1	0	0.93	7.33	1
	X ²	0.33	2.12	3.52	0.06	3.98	10.01
Buse	FAP	0	1	2	13	0	16
	FAA	12	13	10	58	1	94
	FRP	0	0.07	0.17	0.18	0	0.15
	FCP	0	0.49	1.15	1.26	0	1
	X ²	3.77	0.74	0.04	0.76	0.31	5.62
Mype	FAP	1	0	1	4	0	6
	FAA	11	14	11	67	1	104
	FRP	0.08	0	0.08	0.06	0	0.05
	FCP	1.53	0	1.53	1.03	0	1
	X ²	0.17	1.57	0.17	0	0.11	2.02
Geos	FAP	0	0	0	5	0	5
	FAA	12	14	12	66	1	105
	FRP	0	0	0	0.07	0	0.05
	FCP	0	0	0	1.55	0	1
	X ²	1.12	1.3	1.12	0.88	0.09	4.51
Siec	FAP	2	0	0	6	0	8
	FAA	10	14	12	65	1	102
	FRP	0.17	0	0	0.08	0	0.07
	FCP	2.29	0	0	1.16	0	1
	X ²	1.18	2.11	1.81	0.14	0.15	5.4

Anexo 3. Perfiles ecológicos para siete especies arbóreas respecto al descriptor geología en el Cantón Zapotillo de la Provincia de Loja.

	PERFIL	Clase I	Clase II	Clase III	Total
		Deposito Aluvial	Gruauvaca, y Limolita, Conglomerado, Lutita Negra, Caliza	Lutita Negra	
	PEC	4	53	53	110
Habi	FAP	1	4	4	9
	FAA	3	49	49	101
	FRP	0.25	0.08	0.08	0.08
	FCP	3.06	0.92	0.92	1.00
	X ²	1.02	0.03	0.03	1.08
Hacr	FAP	2	35	31	68
	FAA	2	18	22	42
	FRP	0.5	0.66	0.58	0.62
	FCP	0.81	1.07	0.95	1
	X ²	0.23	0.41	0.25	0.88
Sem o	FAP	4	4	7	15
	FAA	0	49	46	95
	FRP	1	0.08	0.13	0.14
	FCP	7.33	0.55	0.97	1
	X ²	15.94	1.94	0.01	17.89
Buse	FAP	0	4	13	17
	FAA	4	49	40	93
	FRP	0	0.08	0.25	0.15
	FCP	0	0.49	1.59	1
	X ²	1.34	3.03	2.93	7.3
Myp e	FAP	0	4	2	6
	FAA	4	49	51	104
	FRP	0	0.08	0.04	0.05
	FCP	0	1.38	0.69	1
	X ²	0.45	0.4	0.32	1.18
Geo s	FAP	0	4	1	5
	FAA	4	49	52	105
	FRP	0	0.08	0.02	0.05
	FCP	0	1.66	0.42	1
	X ²	0.37	0.93	1.1	2.4

	PERFIL	Deposito Aluvial	Gruauvaca, y Limolita, Conglomerado, Lutita Negra, Caliza	Lutita Negra	Total
Siec	FAP	0	0	8	8
	FAA	4	53	45	102
	FRP	0	0	0.15	0.07
	FCP	0	0	2.08	1
	X ²	0.6	8	3.75	12.36

Anexo 4. Perfiles ecológicos para siete especies arbóreas respecto al descriptor precipitación media anual (en milímetros) en el Cantón Zapotillo de la Provincia de Loja.

	PERFIL	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V	Clase VI	Clase VII	Clase VIII	Total
		< 200 mm	200-300 mm	300-400 mm	400-500 mm	500-600 mm	600-700 mm	700-800 mm	> 800 mm	
	PEC	8	7	3	7	16	3	11	55	110
Habi	FAP	0	0	0	2	0	1	1	5	9
	FAA	8	7	3	5	16	2	10	50	101
	FRP	0	0	0	0.29	0	0.33	0.09	0.09	0.08
	FCP	0	0	0	3.49	0	4.07	1.11	1.11	1
	X ²	1.37	1.2	0.51	2.49	2.73	1.53	0.01	0.06	9.89
Hacr	FAP	8	6	3	4	4	1	8	34	68
	FAA	0	1	0	3	12	2	3	21	42
	FRP	1	0.86	1	0.57	0.25	0.33	0.73	0.62	0.62
	FCP	1.62	1.39	1.62	0.92	0.4	0.54	1.18	1	1
	X ²	7.7	1.96	2.89	0.06	8.96	0.99	0.58	0	23.14
Semo	FAP	1	2	0	0	3	1	0	8	15
	FAA	7	5	3	7	13	2	11	47	95
	FRP	0.13	0.29	0	0	0.19	0.33	0	0.15	0.14
	FCP	0.92	2.1	0	0	1.38	2.44	0	1.07	1
	X ²	0.01	1.06	0.88	2.05	0.32	0.75	3.23	0.04	8.34
Buse	FAP	0	0	0	1	9	1	1	5	17
	FAA	8	7	3	6	7	2	10	50	93
	FRP	0	0	0	0.14	0.56	0.33	0.09	0.09	0.15
	FCP	0	0	0	0.92	3.64	2.16	0.59	0.59	1
	X ²	2.69	2.35	1.01	0.01	14.03	0.59	0.39	1.95	23.01

	PERFIL	< 200 mm	200-300 mm	300-400 mm	400-500 mm	500-600 mm	600-700 mm	700-800 mm	> 800 mm	TOTAL
Mype	FAP	0	0	0	0	2	0	1	3	6
	FAA	8	7	3	7	14	3	10	52	104
	FRP	0	0	0	0	0.13	0	0.09	0.05	0.05
	FCP	0	0	0	0	2.29	0	1.67	1	1
	χ^2	0.9	0.79	0.34	0.79	1.15	0.34	0.24	0	4.53
Geos	FAP	0	0	0	0	0	0	0	5	5
	FAA	8	7	3	7	16	3	11	50	105
	FRP	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0.05
	FCP	0	0	0	0	0	0	0	2	1
	χ^2	0.74	0.65	0.28	0.65	1.49	0.28	1.02	2.05	7.17
Siec	FAP	0	0	0	0	0	0	0	8	8
	FAA	8	7	3	7	16	3	11	47	102
	FRP	0	0	0	0	0	0	0	0.15	0.07
	FCP	0	0	0	0	0	0	0	2	1
	χ^2	1.21	1.06	0.45	1.06	2.42	0.45	1.66	3.41	11.72

Anexo 5. Perfiles ecológicos para siete especies arbóreas respecto al descriptor temperatura media anual (en grados centígrados) en el Cantón Zapotillo de la Provincia de Loja.

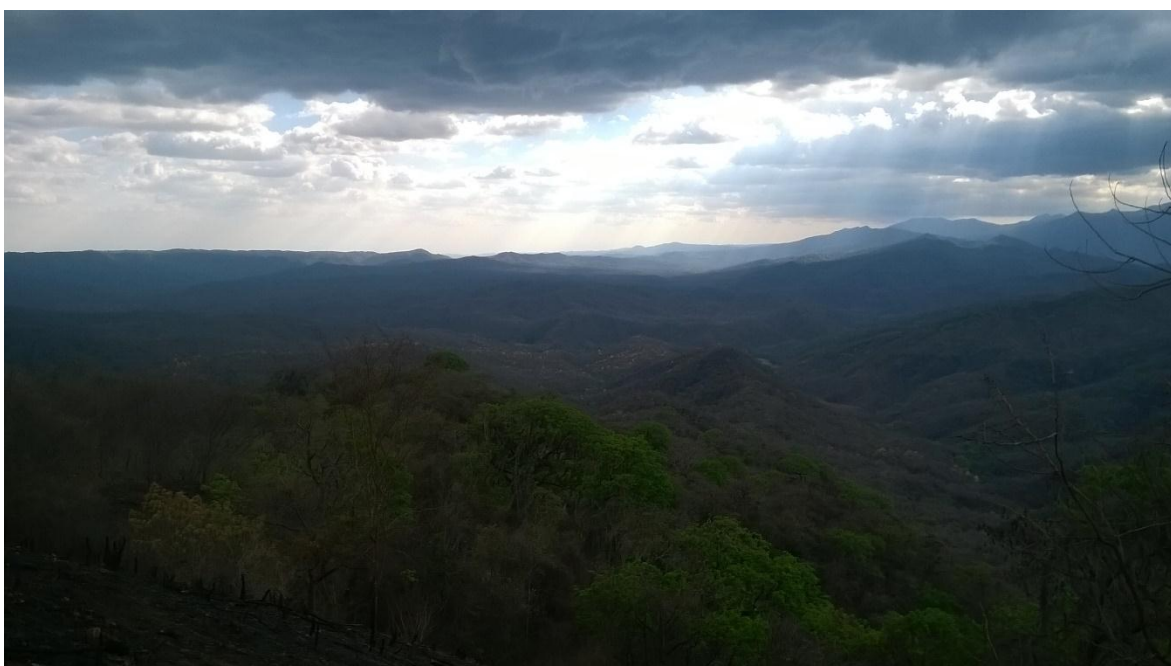
	PERFIL	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Total
		<23 °C	23-24 °C	24-25 °C	>25 °C	
	PEC	3	25	65	17	110
Habi	FAP	1	1	7	0	9
	FAA	2	24	58	17	101
	FRP	0.33	0.04	0.11	0	0.08
	FCP	4.07	0.49	1.32	0	1
	χ^2	1.53	0.71	0.53	2.9	5.67
Hacr	FAP	1	16	36	15	68
	FAA	2	9	29	2	42
	FRP	0.33	0.64	0.55	0.88	0.62
	FCP	0.54	1.04	0.9	1.43	1
	χ^2	0.99	0.05	1.12	5.97	8.13
Semo	FAP	1	3	9	2	15
	FAA	2	22	56	15	95

	PERFIL	<23 °C	23-24 °C	24-25 °C	>25 °C	TOTAL
	FRP	0.33	0.12	0.14	0.12	0.14
	FCP	2.44	0.88	1.02	0.86	1
	X ²	0.75	0.06	0	0.05	0.87
Buse	FAP	1	1	14	1	17
	FAA	2	24	51	16	93
	FRP	0.33	0.04	0.22	0.06	0.15
	FCP	2.16	0.26	1.39	0.38	1
	X ²	0.59	3.4	1.68	1.5	7.17
Mype	FAP	0	5	1	0	6
	FAA	3	20	64	17	104
	FRP	0	0.2	0.02	0	0.05
	FCP	0	3.67	0.28	0	1
	X ²	0.34	6.31	2.66	1.91	11.22
Geos	FAP	0	0	0	5	5
	FAA	3	25	65	12	105
	FRP	0	0	0	0.29	0.05
	FCP	0	0	0	6.47	1
	X ²	0.28	2.33	6.05	11.33	20.08
Siec	FAP	0	0	8	0	8
	FAA	3	25	57	17	102
	FRP	0	0	0.12	0	0.07
	FCP	0	0	1.69	0	1
	X ²	0.45	3.78	2.05	2.57	8.85

Anexo 6. Zonas de la parte de estudio con potencial forestal



Anexo 7. Zonas boscosas de la Parroquia Cazaderos que corresponden a la Reserva Privada Cazaderos.



Anexo 8. Zonas boscosas de la Parroquia Mangahurco que corresponden a la Reserva Municipal Mangahurco.



Anexo 9. Zonas de remanentes de bosque de la Parroquia Bolaspamba que corresponden al área de estudio.



Anexo 10. Zonas de remanentes de bosque de la Parroquia Garzareal que corresponden al área de estudio.



Anexo 11. Zonas de remanentes de bosque de la Parroquia Limones que corresponden al área de estudio.



Anexo 12. Zonas de remanentes de bosque de la Parroquia Paletillas que corresponden al área de estudio.



Anexo 13. Tríptico de difusión de resultados de la presente investigación.

Para saber si la presencia de una especie en el territorio depende del descriptor analizado, se realiza una prueba de independencia, en la que se usa para comparar el valor de los grados de libertad con el valor X^2 de la especie, entonces se acepta la hipótesis, de que la especie no guarda relación con el descriptor, de suceder lo contrario se acepta de que la especie guarda relación con el descriptor.

Metodología para elaboración de mapas

Para la elaboración del mapa de distribución de especies se tomó como base los registros tomados en campo (puntos GPS) los cuales se digitalizan transformándolos a formato raster con un tamaño de pixel (Cell size) de 500 lo que representa en medida superficial a 500 metros cuadrados (m^2), esto permite agrupar varios registros en uno solo, dando como resultado la representación de las parcelas o cuadrículas.

Para elaborar el mapa de distribución de cada especie, cada una de las clases de los descriptores, es sobrepuesto al mapa de rango altitudinal, tomando en cuenta el método cartográfico de cuadrículas o parcelas.

Al digitalizar cada mapa se debe conocer los requerimientos ecológicos de cada una de las especies, para lo cual se asignará el valor de 1 a las clases preferidas de la especie y el valor 0 a las que no son de preferencia para la especie, los cuales son las bases para entrecruzar la información con los requerimientos ecológicos en los mapas de altitud, precipitación y suelos.

Para elaborar el mapa de zonificación Silvícola de las especies forestales se necesitará tener estos dos insumos, para la obtención de mapas que permitieron llegar a la zonificación silvícola.

Conclusiones

La exigencia ecológica más determinante para las especies forestales de bosque seco son los descriptores temperatura y precipitación. Las 5 especies nativas que se asocian a estos descriptores son: *Handroanthus chrysanthus*, *Bursera graveolens*, *Myroxylon balsamum*, *Geoffroea spinosa*, *Simira ecuadorensis*.

La distribución de *Senna mollissima* tiene relación directa con el descriptor altitud, litología y geología que son determinantes para su distribución, mientras que la especie que no se asoció a ninguno de los descriptores fue *Handroanthus billbergii*, muestra valores que posee cierta inclinación a factores ecológicos como la temperatura y la precipitación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE
RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL



“DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE
ESPECIES NATIVAS ARBÓREAS BASADA
EN LOS REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS
EN EL CANTÓN ZAPOTILLO, PROVINCIA
DE LOJA, ECUADOR”

AUTOR

Rubén Darío Largo Ochoa

Director

Ing. Oscar Ordóñez Mg. Sc.

LOJA-ECUADOR

2017

Continua

Introducción

El Ecuador es considerado como un país megadiverso, por la presencia de una gran variedad de especies vegetales y animales de gran importancia biológica, una de las regiones con mayor representatividad son los bosques secos, “pues conforman la parte central de endemismo de la Región Tumbesina” (Kessler, 1992).

Esta región presenta diferentes ecosistemas, ricos en biodiversidad y endemismo que tienen un rango definido en su distribución geográfica. Para la ejecución del trabajo de investigación se usó el método de los perfiles ecológicos, son tablas estadísticas que representan la asociación de los requerimientos ecológicos que influyen en el desarrollo de especies del bosque seco.

OBJETIVO GENERAL

Contribuir con información de las exigencias ecológicas de las especies forestales para su distribución en las áreas deforestadas y de remanentes de bosques del Cantón Zapotillo de la Provincia de Loja.

Metodología

Ubicación del área de estudio

La presente investigación se realizó en el Cantón Zapotillo que se encuentra ubicado al extremo sur occidental de la provincia de Loja, de la República del Ecuador.

Metodología para la recopilación de información

Recorridos de campo para esto se elaboró un mapa de sitios con valor forestal, bosques protectores, reservas ecológicas, proyectos de conservación, sitios de estudios realizados y remanentes de bosques, zonificando de mejor manera las áreas a visitar aprovechando los recursos y el tiempo, durante esta etapa. Para ello se tomó puntos GPS en los diferentes bosques de cada una de las especies considerando de mayor importancia sus características fenotípicas (árboles plus) y cantidad de regeneración natural

En la etapa de gabinete, se recopiló información de la base de datos del Herbario Reinaldo Espinoza de cada una de las especies, para luego digitalizar los puntos GPS e información anexa de la visita de campo. Durante esta etapa se clasificó la informa-

ción florística, y se diseñó un mapa distributivo de los puntos referenciados a través del software ARGIS Esri. En cada capa se digitalizó cada factor ecológico de estudio: temperatura, precipitación, altitud, geología y suelos, del cual se obtuvo mapas temáticos, topográficos y fue analizada por medio del método estadístico de los perfiles ecológicos del cual permitió la selección y definición de las especies de mayor importancia forestal.

Especies Seleccionadas	Nombre Vascular	Acrónimo
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	Guayacán	Hacr
<i>Bursera graveolens</i>	Palo Santo	Buse
<i>Senna mollissima</i>	Vainillo	Semo
<i>Simira ecuadorensis</i>	Guápala	Siec
<i>Myroxylum balsamum</i>	Chaquinol	Mybal
<i>Geoffroea spinosa</i>	Almendro	Geos
<i>Handroanthus billbergii</i>	Guayacán negro	Habi

Metodología de los perfiles ecológicos

El análisis de las especies mediante la aplicación de perfiles ecológicos se basó en la distribución de la frecuencia de las clases o conjunto de censos florísticos, en los cuales se caracterizó cada uno de los diferentes niveles, estados o clases de un descriptor considerado o factor ecológico.