

LA
VEGETACIÓN
DE LOS
ANDES DEL ECUADOR

Memoria explicativa de los mapas de vegetación potencial y remanente de los Andes del Ecuador a escala 1:250.000 y del modelamiento predictivo con especies indicadoras.

**FRANCIS BAQUERO
RODRIGO SIERRA
LUIS ORDÓÑEZ
MARCO TIPÁN
LEONARDO ESPINOSA
MARÍA BELÉN RIVERA
PAOLA SORIA**

**EcoCiencia / CESLA / EcoPar / MAG SIGAGRO /
CDC- JATUN SACHA / División Geográfica - IGM**

2 0 0 4

Esta publicación es producto de una iniciativa compartida de varias instituciones:

PROBONA, CI, TNC, EcoCiencia y el Ministerio del Ambiente del Ecuador, con el apoyo de Alianza CDC-Jatun Sacha, EcoPar, MAG/SIGAGRO, IGM, Herbario Nacional, Herbario de la PUCE, Herbario de la Universidad de Loja, Herbario de la Universidad del Azuay, Universidad Técnica del Norte, NatureServe, Universidad de Texas, Corporación Botánica Ecuadendron y Jardín Botánico de Missouri.

Sugerimos citar esta publicación de la siguiente manera:

BAQUERO, F., SIERRA, R., L. ORDÓÑEZ, M. TIPÁN, L. ESPINOSA, M. B. RIVERA Y P. SORIA. 2004.

La Vegetación de los Andes del Ecuador. *Memoria explicativa de los mapas de vegetación: potencial y remanente a escala 1:250.000 y del modelamiento predictivo con especies indicadoras.* EcoCiencia/CESLA/Corporación EcoPar/MAG SIGAGRO/CDC - Jatun Sacha/División Geográfica - IGM. Quito.

Revisión de textos y diagramación:

Patricio Mena Vásconez, EcoCiencia

Edición cartográfica:

María Belén Rivera y Francis Baquero, Lab. SIG y SE, EcoCiencia
Leonardo Espinosa, SIGAGRO

Diseño metodológico:

Rodrigo Sierra

Portada:

Francis Baquero, EcoCiencia

Fotografías en el texto:

Luis Ordóñez, EcoPar; Marco Tipán/Leonardo Espinosa, SIGAGRO

ISBN No. 9978-43-999-4

Derecho de Autor No. 020796

Impreso en el Ecuador por/Printed in Ecuador by:

Instituto Geográfico Militar, Quito.

© 2004 por EcoCiencia, EcoPar, MAG SIGAGRO, CDC-Jatun Sacha e IGM
Todos los derechos reservados

Esta obra puede ser obtenida en las oficinas de EcoCiencia y del IGM.

TABLA DE CONTENIDOS

PREFACIO	4
PRESENTACIÓN	5
INTRODUCCIÓN	6
Agradecimientos	8
OBJETIVOS Y ALCANCE	9
EL ÁREA DE ESTUDIO	10
Los Andes del Ecuador	10
Límites y Superficie	12
Unidad Mínima de Mapeo y Escala de Trabajo	12
MARCO TEÓRICO	13
Propuestas metodológicas para la clasificación de la vegetación en los Andes del Ecuador y el Ecuador Continental	13
<i>El Sistema de clasificación de la Vegetación del Ecuador según Sierra, Cerón, Palacios y Valencia (1999).</i>	13
<i>El Sistema de clasificación de NatureServe (Josse et al. 2003)</i>	14
PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DEFINICIÓN DE LAS FORMACIONES VEGETALES EN LOS ANDES DEL ECUADOR	18
Modelo Cartográfico	18
<i>Insumos Base</i>	18
<i>Procesos Preliminares</i>	20
<i>Productos Derivados</i>	27
<i>Nomenclatura y caracterización de las Formaciones Vegetales</i>	28
RESULTADOS	28
Clasificación de la Vegetación Remanente	28
Vegetación Remanente de los Andes del Ecuador	44
Vegetación Remanente Referencial	46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
ANEXO 1: CONCEPTOS Y DEFINICIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	55

PREFACIO

El Gobierno Nacional, comprometido con el desarrollo sostenible como una de las altas causas nacionales para el progreso de nuestro pueblo, encuentra muy grato presentar y recomendar la obra “La Vegetación de los Andes del Ecuador”, respaldada por una serie de entidades gubernamentales y no gubernamentales dedicadas a estas nobles tareas.

Estamos seguros de que quienes tienen que tomar importantes decisiones con respecto a los temas ambientales encontrarán aquí herramientas muy útiles y actualizadas para cumplir con sus responsabilidades de manera eficiente y fundamentada.

Ing. Lucio Gutiérrez Borbúa
Presidente Constitucional de la República del Ecuador

Quito, noviembre de 2004

PRESENTACIÓN

El Ecuador es un país privilegiado en términos de biodiversidad, lo que se debe, entre otras cosas, a que su territorio está cruzado por la cordillera más extensa del planeta: los Andes. La escalera ecológica que se crea, permite la existencia de una cantidad monumental de especies vegetales y animales adaptadas desde las cimas de las cumbres nevadas hasta los bosques del piemonte, pasando por páramos, valles y bosques nublados, en montañas y volcanes que miran hacia el Pacífico, hacia la Hoya Amazónica y hacia el interior del callejón interandino.

Estudiar científicamente, pero con un ánimo práctico, esta magnífica diversidad, es la tarea que se han impuesto varias instituciones, entre las que se cuentan los Ministerios a nuestro cargo; pero también lo es cuantificar los daños sobre los ecosistemas montañosos como consecuencia de acciones humanas reñidas con las leyes naturales, y planificar para restaurar lo perdido y frenar el impacto sobre lo que aún podemos conservar.

Esta importante publicación da un paso firme en esas direcciones. Por medio de un análisis geográfico y ecológico en laboratorios de última generación, aunado a las venerables e indispensables tareas en el campo, nos hace dar cuenta de la impresionante variedad de formaciones vegetales de nuestros Andes y a la vez del impacto que un modelo de desarrollo inmediatista ha ocasionado en esa diversidad, con miras a planificar la conservación y el uso racional de lo que todavía queda.

Confiamos en que este libro será de gran valor para quienes planifican, desde los diversos ámbitos, la conservación de la naturaleza como un instrumento efectivo para lograr un auténtico desarrollo sustentable.

Dr. Fabián Valdivieso E.
Ministro del Ambiente

Ing. Leonardo Escobar B.
Ministro de Agricultura y Ganadería

Quito, noviembre de 2004

INTRODUCCIÓN

El Ecuador se caracteriza a escala mundial por una inmensa riqueza florística que todavía es poco conocida y que frecuentemente se encuentra amenazada. Se estima que el país tiene más especies de plantas por unidad de área que cualquier otro país de América del Sur. Según el Catálogo de Plantas Vasculares del Ecuador, existen 15.901 especies, de las cuales 595 se consideran introducidas y 4.173 endémicas (Jørgensen y León 1999). Un ejemplo sencillo y claro de esta riqueza florística es la Estación Río Palenque (Quevedo) donde, al realizar un estudio para una extensión de apenas 1,7 km², se descubrieron alrededor de 100 nuevas especies para la ciencia (Gentry 1982).

La mayor diversidad florística del Ecuador parece estar en la región andina, con 9.865 especies o el 64% aproximadamente del total (Jørgensen y León 1999). Esto se atribuye a la diversidad de climas, al gran rango de altitudes debido a la presencia misma de los Andes, a los diferentes tipos de suelo, a la exposición diferencial entre la cordillera oriental y la occidental, y a la complejidad geológica y geomorfológica. Esta multiplicidad de factores ha dado origen a una variedad de ecosistemas complejos. Los vientos cálidos del Pacífico y los vientos alisios del Atlántico chocan con los flancos occidentales y orientales de las cordilleras andinas respectivamente, lo cual crea unas condiciones de humedad muy alta, matizadas por zonas semiáridas en algunos valles interandinos. Esto se traduce en la presencia de múltiples hábitats en áreas muy locales, con presencia de especies de distribución restringida y, por lo tanto, con un alto grado de vulnerabilidad.

Esta realidad ha dado lugar a diferentes tipos de vegetación característicos de cada zona, cuyo conocimiento y clasificación fortalecería la planificación, manejo y la conservación de bienes y servicios ecológicos del Ecuador. La investigación al respecto avanza lentamente. Muchos ecosistemas aún son poco conocidos en el país, como el páramo (Mena *et al.* 2001). A pesar de la importancia múltiple de estos ecosistemas, la destrucción y deterioro acelerado de los recursos naturales, y en especial de la vegetación natural, amenazan con extinguir muchas especies y sus interrelaciones. Según Valencia *et al.* (2000), en el Ecuador se han registrado 4.011 especies endémicas amenazadas. En los Andes de nuestro país ha desaparecido una gran proporción de los bosques nativos y con ello especies como la herbácea *Cyperus multifolius*, colectada en Quito en 1802 y desde entonces nunca más vista, y la especie del arbolito *Zapoteca aculeata*, una endémica de la zona de Baños, perdida por más de 50 años y ahora amenazada nuevamente por la actividad del volcán Tungurahua (Valencia *et al.* 2000).

La necesidad de obtener información temática actualizada referente a la vegetación remanente es, sin duda, uno de los intereses de aquellos países con ecosistemas diversos, más aún si éstos se enfrentan a un deterioro acelerado. Así, para el Ecuador la identificación de los remanentes de la vegetación natural constituye un requerimiento muy importante a escalas nacional, regional y local. Un mapa que identifique y permita hacer predicciones acerca de la remanencia de ecosistemas fortalece las actividades de planificación y el establecimiento de estrategias de conservación y desarrollo sustentable. Adicionalmente, la integración de esta información para el Ecuador podría servir como referencia metodológica para los demás países de la subregión. El desarrollo de un mapa unificado para los Andes haría que todos los actores manejen el mismo insumo de planificación. Esta sería una herramienta estratégica para la conservación a escala supranacional. En efecto, la importancia de identificar los remanentes de vegetación andina para diversas actividades dirigidas a la conservación es el móvil principal del proyecto que da lugar a esta publicación.

Dentro de este marco, en 1999 se publicó la "Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental" (Sierra 1999). A esta propuesta le acompañó un mapa a escala

1:1'000.000 *Mapa de Vegetación del Ecuador Continental* (Sierra *et al.* 1999). La necesidad de mejorar este nivel de detalle desencadenó la idea de generar un mapa de vegetación remanente actualizado y a escala 1:250.000, que incluyera además el diseño de un sistema piloto de clasificación basado en modelos de distribución de especies características. Así surgió el proyecto “Mapa de Vegetación de los Andes del Ecuador” del que nace esta obra. Bajo la iniciativa de EcoCiencia, El Programa de Bosques Nativos Andinos (PRO-BONA), el Ministerio del Ambiente (MAE), The Nature Conservancy (TNC), Conservation International (CI) y La Embajada de los Países Bajos, se firmó un convenio interinstitucional el 1 de julio de 2003. En él se acordó que EcoCiencia liderara el proceso para la generación de este mapa.

Como parte de este proyecto, se establecieron convenios con diferentes organizaciones públicas y privadas para fortalecer el proceso y validar los resultados propuestos. Se contó con la participación de la Corporación EcoPar, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG/SIGAGRO), la Alianza CDC-Jatun Sacha, el Instituto Geográfico Militar (IGM), el Herbario Nacional, el Herbario de la Universidad Católica del Ecuador, el Herbario de la Universidad de Loja, el Herbario de la Universidad del Azuay, el herbario de la Universidad Técnica del Norte, NatureServe, la Universidad de Texas, la Corporación Botánica Ecuadendron y el Jardín Botánico de Missouri.

Este trabajo pretende ser un aporte metodológico para el estudio biogeográfico de los Andes del Ecuador y una herramienta de planificación y toma de decisiones a escala andina, nacional, regional y local. Esta publicación comprende la descripción de cada una de las actividades desarrolladas durante la ejecución del proyecto, es decir, la recopilación de la información, los métodos usados, el modelo cartográfico incorporado, el sistema de clasificación piloto empleado y los resultados obtenidos.

El Anexo 1 (página 49) contiene una serie de definiciones y conceptos importantes en este documento.

Agradecimientos

Un reconocimiento especial al Ministerio de Agricultura y Ganadería, representado por el Ministro, Ing. Leonardo Escobar B., y a Gustavo Sotalín, del Sistema de Información Geográfica Agropecuario (SIGAGRO) de esa institución; al Ministerio del Ambiente, representado por el Ministro. Dr. Fabián Valdivieso E. y por Tatiana Egüez, directora de la Dirección Nacional de Biodiversidad y Áreas Protegidas del MAE; al Cnrl. E.M. Ing. Mario Leiva, Director del Instituto Geográfico Militar, y a la Ing. Susana Arciniegas de la misma institución, por su apertura y colaboración en la entrega de la información cartográfica base.

Un agradecimiento a todas las organizaciones auspiciantes: Ministerio del Ambiente, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Instituto Geográfico Militar, Cosude, InterCooperation, Programa de Bosques Nativos Andinos (PROBONA), Fosefor, Samiri, Conservation International Ecuador, The Nature Conservancy Ecuador, Embajada de los Países Bajos y EcoCiencia, comprometidas con la conservación de la biodiversidad en los Andes del Ecuador.

Nuestra gratitud también a Carmen Josse de NatureServe, quien colaboró como consultora durante el proyecto. A David Neill del Herbario Nacional, Carmen Ulloa del Missouri Botanical Garden y Renato Valencia y Susana León del Herbario de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por su gran aporte en la selección de las especies para la elaboración de los modelos. A Zhofre Aguirre, del Herbario de la Universidad Nacional del Loja, y Raffaella Ansolini, del Herbario de la Universidad del Azuay, por su ayuda con los registros de las especies para la elaboración de los mapas de distribución y revisión y validación del Mapa. Un reconocimiento también a Ulises Álvarez y Willie Sánchez, que colaboraron en la actualización de los mapas y recopilación de información de campo. A Paola Maldonado, Coordinadora del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos de EcoCiencia, un agradecimiento especial, por su apoyo y confianza durante todas las fases del proyecto. A ESPOCH, Randi Randi, Fundación Natura, Fundación Arcoiris, EcoHomode, AAIC y Fundación San Francisco, un agradecimiento por la disposición para la entrega de información, y a todas aquellas personas de las diferentes instituciones que colaboraron en las diferentes actividades del proyecto sea con información o como consultoras.

OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo general del estudio fue desarrollar un mapa de la vegetación de los Andes del Ecuador y otro mapa derivado sobre la vegetación remanente de esta región a escala 1:250.000, actualizado al año 2003. Los autores y organizaciones involucradas esperamos que esta información sirva como una herramienta para establecer estrategias de conservación y planificación eficientes a escalas regionales y subregionales (por ejemplo, provincias y cantones). Por su nivel de detalle, sin embargo, no esperamos que en su condición actual deba ser usada para análisis locales. Este es el reto que tenemos ahora al frente.

Más específicamente, este esfuerzo pretendió:

- Identificar mediante sensores remotos los remanentes de vegetación en los Andes de Ecuador a escala 1:250.000 al año 2003.
- Definir una metodología preliminar que integre el sistema de clasificación de la vegetación propuesto por Sierra (1999) con los aportes planteados por NatureServe (Josse *et al.* 2003)¹.
- Incorporar modelos predictivos de especies que permitan aproximar la distribución potencial de la vegetación.
- Aplicar el sistema de clasificación preliminar en los remanentes de vegetación identificados en los Andes del Ecuador usando como guía de distribución los modelos de distribución de especies característica.
- Publicar el mapa de clasificación de la vegetación de los Andes del Ecuador y un documento técnico del sistema de clasificación diseñado y los resultados obtenidos. La presente publicación es la cristalización de la segunda parte de este objetivo específico.

¹ NatureServe es una organización especializada en manejo de información para la conservación de especies en peligro y ecosistemas amenazados (visite www.natureserve.org).

EL ÁREA DE ESTUDIO

Los Andes del Ecuador

El área de estudio comprende lo que comúnmente se entiende como “los Andes” y limita al norte con Colombia y al sur con el Perú. Geográficamente, los extremos del área de estudio son: 80° 27' 06" a 77° 18' 40" Oeste, 05° 2' 3" Sur y 1° 11' 33" Norte. La superficie del área de estudio es 106.647,72 km², cubriendo la totalidad o parte de las provincias de Esmeraldas, Los Ríos, Guayas y el Oro (Costa); Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay, Loja (Sierra); Sucumbíos, Napo, Orellana, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe (Amazonía).

En el Ecuador, los Andes están compuestos en la parte norte por dos cordilleras, la occidental y la oriental, y por una sola cordillera en la parte austral. Se extienden aproximadamente 690 km. entre la frontera con Colombia y el Perú, con un ancho este-oeste entre los 120 y 200 km. En el Norte y Centro las dos cordilleras están separadas por una depresión intramontana de menos de 40 km. de ancho denominada valle o callejón interandino, que hacia el sur se prolonga en un área más extensa específicamente hacia el occidente y abarca las provincias de Loja y el Oro (Ulloa y Jørgensen 1995). La generación de las cordilleras por el levantamiento de los Andes al oeste de Sudamérica está relacionada con el movimiento tectónico de la placa sudamericana hacia el oeste y su colisión con la placa más pesada del pacífico. Los Andes del sur de Bolivia, Chile y Argentina son las cordilleras más viejas de principios del terciario hace 50 millones de años; mientras que los Andes norteños de Colombia y Ecuador son relativamente jóvenes del mioceno hace unos 25 millones de años. Geológicamente, la cordillera oriental de los Andes Ecuatorianos es muy diversa. Está formada principalmente por rocas metamórficas precámbricas con esquistos cristalinos de edad paleozoica-jurásica. Se caracteriza por la presencia de andesitas-riolitas, piroclastos, pero también hay arcillas, tobas, areniscas y conglomerados (Hofstede *et al.* 1998). La cordillera occidental esta formada principalmente por rocas volcánicas que van del Cretáceo hasta el Paleoceno. La intensa actividad volcánica durante el Terciario sobre las cordilleras antiguas provocó el levantamiento de rocas elevando a los Andes a mayores alturas. Hacia finales del Terciario, la actividad volcánica cesó en los Andes del sur del Ecuador, mientras que en el norte y centro continuó durante el cuaternario (Hace 2,5 millones de años) provocando la formación de la avenida de los volcanes desde el volcán Chiles en la frontera con Colombia hasta el Chimborazo en el sur al oeste y el Sangay al este (Neill 1999 citado por Sierra 1999).

La tercera, cordillera, levantada por fuerzas tectónicas, se encuentra en la región subandina al este del Ecuador. La cordillera Galeras en la Provincia de Napo esta compuesta principalmente por piedra caliza cretácea de la formación Napo. La cordillera del Cutucú al sur de la provincia de Morona Santiago es parte de la misma formación Napo, pero también contiene rocas sedimentarias viejas del jurásico. La estratigrafía de la Cordillera del Cóndor al sudeste de la frontera de Ecuador con Perú esta formada por esquistos, piedras calizas y areniscas del Mesozoico y Terciario, y es poco conocida (Neill 1999).

En los altos Andes en el Pleistoceno (hace 18.000 a 13.000 años) las temperaturas fueron 6 – 7 °C más bajas que en la actualidad y los límites de los glaciares en los Andes del norte fue de 3.100 – 3.800 m (Van der Hammen 1974 citado por Neill 1999). En la actualidad los límites inferiores de los glaciares en los volcanes ecuatorianos son de 4.700 – 5.100 m. El Límite superior del bosque andino durante la extensión glaciaria máxima del pleistoceno llegó a 2.000 m, 1.500 m más abajo que el actual límite superior del bosque que es a 3.500 m.

Se ha podido evidenciar que la flora se asocia a ciertos substratos especiales. Por ejemplo, en la provincia de Napo el bosque que crece sobre piedras calizas de la Cordillera Galeras a 1.500 m es florísticamente distinto al bosque aledaño que se encuentra a la misma elevación en las laderas del volcán Sumaco. Otro ejemplo es lo que sucede en los bosques deciduos de la Cordillera Chongón (cerca de Guayaquil) donde áreas dominadas por *Ceiba trichistandra* son comunes en los substratos de piedra caliza, mientras que *Cavanillesia platanifolia* es común en substratos adyacentes de cuarzos volcánicos (Neill 1999 citado por Sierra 1999).

El ramal occidental es menos compacto y está interrumpido por numerosos valles fluviales. Más que una cadena aparece como una sucesión de montañas mastodónticas. Esto es particularmente cierto en el fragmento septentrional, cruzada la frontera con Colombia, donde empieza una serie de nevados cuyo punto culminante es el Chimborazo, con más de 6.000 metros. Al sur de Cuenca los volcanes desaparecen, mientras que el conjunto orográfico, cada vez más recortado por los valles transversales, va descomponiéndose en altitud hasta enlazarse con los modestos relieves costeros del Perú noroccidental. En el sur del Ecuador están las lavas más ácidas (riolítica y dacítica), de composición andesítica y riolítica en la cordillera occidental.

La cordillera oriental, el valle interandino y El Oro están compuestos principalmente por andesitas-riolitas y piroclastos, pero también hay arcillas, tobas, areniscas y conglomerados (Hofstede *et al.* 1998). El ramal oriental, que es la continuación de la Cordillera central de Colombia, resulta en conjunto más elevado (4.000 m de promedio) y más continuo. Los volcanes, numerosos en este ramal, se encuentran sólo al sur de la línea equinoccial.

En el norte de los Andes del Ecuador se encuentran lavas y piroclastos con una composición de andesita basáltica. Esta formación tiene una distribución muy amplia con límite norte en el centro de Colombia, cubierta por depósitos de la tercera fase del volcanismo, que ocurrió en el Pleistoceno y el Holoceno (Cuaternario), con mayor actividad volcánica en los Andes septentrionales.

La gran variedad de climas es una de las características de los Andes. La temperatura tiene una fuerte relación con la altura, y normalmente se presenta una disminución aproximada de 0,6 °C por cada 100 m de ascenso. Sin embargo, en el Ecuador la temperatura está más influenciada por la cercanía a los nevados y las corrientes tanto de la Amazonía como de la Costa. Las partes altas de las cordilleras y el callejón interandino tienen un régimen de precipitación ecuatorial del hemisferio sur, lo que se manifiesta en dos picos de precipitación: uno de febrero a mayo y otro de octubre a diciembre, provocados por el movimiento de la zona de convergencia intertropical (CIT). En la parte septentrional del país, las vertientes externas de las cordilleras reciben precipitaciones provocadas por vientos alisios y monzónicos que cambian el régimen a unimodal (Hofstede *et al.* 2003).

La historia de la vegetación en Sudamérica data de finales del Mioceno, cuando varios géneros y especies austral-antárticos migraron hacia los trópicos como consecuencia de un enfriamiento general. En estas épocas las montañas no alcanzaban más de 2.000 m. Algunos estudios actuales han encontrado polen de géneros australes como *Polylepis* y *Weinmannia* que pudieron migrar hacia el norte y adaptarse al medio ambiente montañoso. Hasta la mitad del Plioceno se desarrolló la cordillera andina y extensas áreas estuvieron cubiertas por bosque andino, en cuya composición constaban taxones australes y tropicales que se adaptaron al frío.

En el Ecuador existen dos registros de la vegetación en el Holoceno: las lagunas de Yaguarcocha y Yambo (Colinvaux *et al.* 1988). Al principio del Holoceno hubo un período húmedo en que los bosques estuvieron dominados por *Alnus* y *Weinmannia*; 5.700 años después el clima se volvió más seco y se produjo un incremento masivo de polen de ciperáceas, que tuvo su término con otro período húmedo representado por polen de especies de *Rumex* y *Dodonaea* (Hofstede *et al.* 1998).

Actualmente, los Andes ecuatorianos son la región más poblada del país, lo que causa mucha presión sobre los ecosistemas naturales. Sin embargo, se encuentra una flora única y rica en especies en una gran variedad de zonas de vida y ecosistemas determinados por su topografía inclinada y su gran rango altitudinal y latitudinal. Se estima que entre los 900 y 3.000 m (10% territorio del país) crece cerca de la mitad de las especies de plantas ecuatorianas (Balslev 1988 citado por Sierra 1999). Se ha registrado que la flora ecuatoriana posee entre 20.000 y 25.000 especies de plantas vasculares, es decir un 10% de la flora mundial (INEFAN-GEF 1998). De igual manera, se estima a escala andina que al menos 4.868 especies de plantas vasculares con semillas crecen sobre los 2.400 m (Ulloa y Jørgensen 1995).

Límites y Superficie



Figura 1. Ubicación del área de estudio

Los límites altitudinales del área de estudio son los siguientes: 400 m al occidente y 800 m al oriente. Estos valores fueron definidos considerando que a estas alturas promedio se producen los cambios florísticos entre los Andes, la Costa y la Amazonía (Figura 1). Sin embargo, es importante mencionar que la frecuencia de distribución de muchas especies puede estar por debajo de las alturas promedios mencionadas para el área de estudio. Éste es el caso de las especies andinas que se distribuyen hasta altitudes menores, pero con frecuencia muy escasa (Raven *et al.* 1992).

Las características que se describen en el mapa bioclimático se refieren a las regiones lluviosa subtropical como formaciones ecológicas de piemontano donde las especies del temperado aún se registran (Cañadas 1983). El Catálogo de Plantas Vasculares para el Ecuador hace referencia a la clasificación realizada por Holdridge, que caracteriza la zona de bosques piemontanos donde la frecuencia de las plantas andina disminuye, pero donde hay presencia de los mismos géneros con especies diferentes (Jørgensen y León 1999).

Unidad Mínima de Mapeo y Escala de Trabajo

La necesidad de obtener un mapa de mejor detalle involucra directamente trabajar a una escala menor que defina de mejor manera las unidades de vegetación. Se decidió trabajar a la escala digital equivalente con un detalle de 1:250.000 en papel para mejorar la propuesta por Sierra (1999) y sus colaboradores, quienes trabajaron a una escala digital equivalente a 1:500.000. En los últimos años se han desarrollado a diversas escalas los insumos (variables) que son necesarios para este tipo de trabajos (topografía, clima, suelos, etc.). Estimamos que a este nivel de detalle la unidad mínima de mapeo corresponde a 25 Hectáreas.

MARCO TEÓRICO

Propuestas Metodológicas para la Clasificación de la Vegetación en los Andes del Ecuador y el Ecuador Continental

Los estudios florísticos y ecológicos sobre las plantas ecuatorianas se han incrementado sustancialmente a partir de la segunda mitad del siglo pasado. En este período diferentes instituciones como el Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, la Universidad de Aarhus en Dinamarca, el CONUEP, el Jardín Botánico de Missouri, el Herbario Nacional del Ecuador, el Herbario de la Escuela de Biología de la Universidad Central del Ecuador, el Herbario Loja de la Universidad Nacional de Loja y diferentes investigaciones sobre composición florística y estructura de los bosques andinos han contribuido al conocimiento taxonómico y ecológico de la flora de los Andes Ecuatorianos. Con base en la información sobre la distribución de especies y familias de plantas, se han propuesto varios sistemas de clasificación de la vegetación del Ecuador, como los de Sodiro en 1874, Wolf en 1892, Rimbach en 1932, Diels en 1937, Acosta Solís en 1966, 1968, 1977 y 1982, Harling en 1979 y Cañadas en 1983 (Sierra 1999).

A partir de estas iniciativas se han desarrollado nuevas propuestas de clasificación de la vegetación de los Andes del Ecuador, como son la propuesta de Valencia, Palacios, Cerón y Sierra (1999) y la propuesta de NatureServe (Josse *et al.* 2003).

A continuación se describen brevemente dos de las metodologías que se han propuesto para la identificación de formaciones vegetales o sistemas ecológicos en los Andes del Ecuador. Se hace referencia únicamente a estas dos en particular ya que son las más recientes y son estructural y conceptualmente, consistentes con las metodologías propuestas para este trabajo, en efecto, por este motivo, el punto de partida para la ejecución del proyecto contemplaba una posible integración de estas dos propuestas.

El Sistema de Clasificación de la Vegetación del Ecuador según Sierra, Cerón, Palacios y Valencia (Sierra 1999)

Estructura y Nomenclatura

Esta propuesta recoge las experiencias de un gran número de estudios de la vegetación en el ámbito regional dentro y fuera del Ecuador. El concepto en el que se basa es un híbrido entre los sistemas ecofisiológicos y los fisonómicos. Dentro de este esquema, la vegetación es definida o clasificada por medio de un sistema jerárquico de tres niveles de detalle, cada uno de los cuales establece una definición más restringida de las unidades de vegetación.

El nivel más general en esta propuesta preliminar es llamado formación tipo, definido por las características fisonómicas dominantes o formas de vida, como por ejemplo matorral, sabana y bosque. Las formaciones tipo pueden a su vez caracterizarse con mayor detalle y ser divididas en clases de vegetación, por ejemplo bosques con estructura simple como los montano-altos (ceja andina) que son claramente diferenciables de los bosques con estratos múltiples de las regiones bajas. El tercer nivel, tipos de vegetación o formaciones naturales, resalta las variaciones altitudinales de la vegetación, la relación con elementos del paisaje como ríos, lagunas y océanos, y las diferencias biogeográficas entre unidades morfológicamente similares pero con historias evolutivas aisladas.

El nivel de formación tipo está definido por criterios fisonómicos. Las formaciones tipo pueden ser subdivididas en unidades más homogéneas con base en criterios ambientales, bióticos y topológicos. El nivel de detalle más fino previsto en esta propuesta es la diferenciación de tipos de vegetación basada en los pisos florísticos y las regiones y subregiones naturales del Ecuador.

La nomenclatura para definir una formación natural o tipo de vegetación específico se presenta a continuación:

[{{Tipo Fisonómico}}] + [{{Características Climáticas}} + {{Características Hídricas}} +
{{Características Fenológicas}} + {{Características Florísticas}}] + [{{Características Topo-
pológicas + Piso Florístico}} + {{Región Natural}}]

Fuente: Sierra *et al.* (1999).

Criterios de Clasificación

Los criterios utilizados para definir las diferentes formaciones vegetales son: **Fisonómicos**, que se refieren a la estructura y fisonomía de las formaciones. **Ambientales**, que reflejan la influencia del clima y otros factores meteorológicos sobre la vegetación. **Bióticos**, que caracterizan la composición y la fenología de las subunidades de las formaciones tipo, cuando se usan para identificar un tipo de vegetación se anteponen al criterio ambiental, y **Topográficos**, que caracterizan el relieve general que influye sobre la vegetación.

Dentro de cada uno de los criterios anteriormente especificados se puede encontrar las siguientes formaciones.

Criterios Fisonómicos	Criterios Ambientales	Criterios Bióticos	Criterios Topográficos
Manglar	Secos	De palmas	Litoral
Bosque	Húmedos	Herbáceo	Lacustre
Matorral	De neblina	De almohadillas	Ribereño
Espinar	Inundables	Arbustivo	De tierras bajas
Sabana	Inundados	De frailejones	Piemontano
Páramo		Siempreverdes	Montano bajo
Gelidofitia		Semidecíduos	Montano
Herbazal		Decíduos	Montano alto

Las formaciones vegetales del Ecuador se encuentran en una serie de regiones naturales o ecorregiones con historias geológicas, climáticas y evolutivas diferentes. En el Ecuador continental se pueden identificar tres regiones naturales claramente definidas: la región pacífica o Costa, la región andina o Sierra, incluyendo los valles interandinos y la región amazónica u Oriente, cada una de ellas dividida en varias subregiones o paisajes. Sobre la base de los criterios de clasificación y a las regiones naturales del Ecuador continental se han definido las formaciones vegetales, cuyas especificaciones se presentan en la Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental (Sierra 1999). Esta nomenclatura es la misma que se utiliza en la presente propuesta de clasificación de la vegetación (capítulo de resultados).

El Sistema de Clasificación de NatureServe (Josse *et al.* 2003)

Estructura y Nomenclatura

Un sistema ecológico terrestre se define como un grupo de asociaciones vegetales que tienden a concurrir en paisajes donde comparten procesos ecológicos (fuego, inundaciones fluviales), sustratos similares (suelos superficiales, material original alcalino), y/o gradientes ambientales (clima local, elevación, patrones hidrológicos).

Una primera característica que cabe resaltar sobre esta clasificación de Sistemas Ecológicos es que no se trata de un sistema jerárquico. La segunda característica a tomar en cuenta es que la clasificación no se desarrolló pensando en una leyenda para aplicar en un mapa en particular, con escalas definidas o el conocimiento preestablecido de cual era la información espacial disponible o que se iba a desarrollar exclusivamente para este fin. Se trata de una clasificación concebida teóricamente, que se desarrolla para cubrir el

vacío en América Latina de unidades de vegetación de mediana escala, estandarizadas desde el punto de vista de su concepto, resolución y criterios.

La División Ecológica puede considerarse como el único nivel jerárquico por encima de los sistemas ecológicos, es decir, estos últimos se agrupan o anidan dentro de las divisiones ecológicas. Estas fueron creadas para subdividir el continente en grandes unidades continuas y discretas caracterizadas por una historia biogeográfica y un macroclima compartidos. Estas divisiones facilitan la clasificación en la medida de que dentro de ese marco geográfico-espacial definido se escogen los criterios abióticos, ambientales y florísticos que sirven para subdividir la unidad en sus sistemas ecológicos componentes.

La fitogeografía es un componente importante del nombre de cada sistema ecológico, y dependiendo del rango de distribución del sistema en cuestión, se puede usar el nombre de la División Ecológica o el de regiones florísticas más locales dentro de la división. Por ejemplo, muchos ecosistemas ribereños o lacustres tienen una composición bastante constante a través de amplios rangos de distribución, en ese caso, si la División captura > 80% de la distribución del sistema, el nombre de éste puede ser el de la División, pero si un sistema tiene una distribución restringida a una porción de la división, su nombre debe reflejar esa unidad (provincia, distrito) fitogeográfica ("Páramo de las Cordilleras Amazónicas").

Otro componente debe ser el de la estructura de la vegetación. Sin embargo, en este caso las categorías fisonómicas típicas (bosque, matorral, herbazal, herbáceo de almohadillas) servirán para denominar la fisonomía predominante en el sistema, lo que no excluye de la definición o concepto del sistema a las comunidades que forman parte de él pero que pueden tener diferente fisonomía o estructura. Eventualmente, en sistemas caracterizados por la frecuencia dominante de una especie, se puede usar el nombre común o preferiblemente genérico de ésta para incluirlo en el nombre del sistema ("Bosque altimontano norandino de *Polylepis*").

También se incluyen ciertos factores ambientales en el nombre de los sistemas ecológicos (montano, altoandino, xérico, sobre mesetas de arenisca, etc.), y en ocasiones será necesario usar más de un parámetro ambiental para identificar al sistema ("Arbustal saxícola montano alto sobre roca ígnea de las Cordilleras Amazónicas"). En general, se prefiere el uso del singular para nombrar los sistemas ecológicos. Si bien se reconoce que esta nomenclatura puede resultar en nombres bastante largos y complejos, se piensa que es necesaria para mantener el enfoque hemisférico de la clasificación.

Criterios de Clasificación

Región Florística

En términos generales, se reconoce que en el extenso gradiente latitudinal que recorre la Cordillera de los Andes existen por lo menos dos grandes regiones, una del norte y otra del sur, con historias biogeográficas distintas principalmente debido a su historia geológica y a la influencia del clima, tropical en el norte y templado en el sur.

Siendo una de las áreas más diversas del planeta, la flora de los Andes del Norte amerita reconocer niveles subsiguientes de unicidad. Sin embargo, no hay estudios actuales que, aprovechando el enorme avance del inventario florístico de la región, hayan sistematizado y documentado una subdivisión de la región, en términos fitogeográficos. Por esto, de una forma preliminar, se reconoce un grupo propio de los Andes del Norte, uno de las Cordilleras Amazónicas, que por sus afloramientos geológicos únicos alberga una flora con alto nivel de endemismo, y un grupo de las Yungas, representando la porción sureña de los Andes tropicales húmedos del norte.

Clima / Bioclima

En el contexto de este estudio se han incluido, a un nivel más general, dos categorías del criterio climático según Sierra (1999), seco y húmedo: se consideran secas las formaciones que ocurren en regiones donde la evapotranspiración potencial es mayor que la precipitación real, lo que resulta en un déficit hídrico durante parte del o todo el año. Se consideran formaciones húmedas las que ocurren en zonas con abundancia y hasta exceso de agua la mayor parte del año. Incluyen los tipos climáticos I (Húmedo Ecuatorial) y II (Húmedo con lluvias estacionales de Walter y Breckle (1985).

Humedad del Suelo

Para este criterio se ha escogido el sistema de United States Department of Agriculture (USDA), que define el término régimen de humedad del suelo como “la presencia o ausencia ya sea de agua subterránea o de agua mantenida a una tensión de menos de 1.500 kPa en el suelo o en horizontes específicos durante períodos o estaciones del año. Agua que se encuentra a una presión mayor de 1.500 kPa no está disponible para mantener vivas a la gran mayoría de plantas mesofíticas. La disponibilidad de agua también es afectada por las sales disueltas. Consecuentemente, un horizonte se considera seco cuando la tensión de la humedad es 1.500 kPa o más y es considerado húmedo cuando el agua se mantiene a una tensión <1.500 kPa, pero mayor a 0”. En la Propuesta de Clasificación de sistemas Ecológicos de NatureServe (Josse *et al.* 2003) se detallan las clases de regímenes de humedad del suelo (Aquic, Udic, Ustic, Aridic y Xeric).

Fisonomía y Formas de Vida

Uno de los criterios utilizados en el sistema de clasificación es la fisonomía predominante. Para este criterio existen seis categorías:

- Bosque (denso o abierto)
- Arbustal
- Pastizal, sabana o estepa (dominado por hierbas gramínoideas)
- Leñoso-herbáceo (complejo)
- Herbáceo (no gramínoide)
- Musgos y líquenes (no vascular).

Sin embargo, la selección de una categoría no excluye la posibilidad de que en el conjunto de comunidades representadas en el sistema ecológico en cuestión haya alguna cuya estructura vegetal que difiera de la fisonomía predominante del sistema.

La forma de vida es otro criterio disponible para caracterizar al sistema y en este caso el número de posibilidades (categorías) es bastante grande, por lo que generalmente se usa para discriminar sistemas ecológicos en un nivel bajo o inferior del esquema de clasificación. Se incluyen en este criterio aspectos como la fenología, la forma o estructura de las hojas, la estatura, y formas de vida especiales (lianas, epífitas, hemiepífitas).

Sustratos Especiales

Al igual que con la forma de vida, el criterio de los sustratos cuenta con un número muy alto de categorías que sirven para caracterizar de una forma más detallada al sistema. Cabe recalcar que su uso no necesita ser constante en el esquema de clasificación de una región determinada. Es decir, precisamente por tratarse de sustratos especiales, que en ocasiones son la causa de la ocurrencia de un sistema “azonal”, no se espera que al aplicar este criterio sea obligatorio aplicarlo también para caracterizar al mismo nivel otros sistemas “zonales”, para los que posiblemente la información sobre sustrato no está disponible porque no se ha considerado este parámetro como un elemento determinante en la ocurrencia del ecosistema.

A continuación (Tabla 1) se enumeran las formaciones vegetales presentes en los Andes, según la propuesta de NatureServe (Josse *et al.* 2003).

Tabla 1. Descripción de los Sistemas Ecológicos en los Andes del Ecuador*

Nº.	Sistema Ecológico	Altitud (m)
1	Bosque altimontano norte-andino de <i>Polylepis</i>	3.000-3.200 o 4.100-4.200**
2	Bosque altimontano pluvial de los Andes del norte	3.000-3.200 o 4.100-4.200
3	Bosque enano y arbustal alto andino paramuno	3.600-4.300
4	Bosque montano pluvial de los Andes del norte	1.900-2.200 o 2.900-3.100
5	Bosque montano pluvial de los Andes del norte	1.900-2.200 o 2.900-3.100
6	Bosque pluvial montano bajo de los Andes del norte	<2.200
7	Bosque pluvial piemontano de los Andes del norte	500-1.200
8	Bosque Tumbesino transicional montano bajo	1.200-1.300 hasta 2.700
9	Bosque semideciduo montano bajo de los Andes del norte	800 1.200 – 1.800 200
10	Bosques y arbustales montanos xéricos interandinos de los Andes del norte	1.200-1.800
11	Páramo norteandino arbustivo	3.000-4.300
12	Bambusal altimontano paramuno	3.000-3.200 a 4.100-4.200
13	Páramo norteandino de <i>Espeletia</i>	3.000-3.200 a 4.100-4.200
14	Matorral edafoxerófilo altoandino paramuno	4.000-4.100
15	Páramo norteandino de pajonal	3.000-4.300
16	Páramo norteandino herbáceo de almohadillas	4.000-4.100
17	Páramo norteandino seco de pajonal	3.000-3.200 a 4.100-4.200
18	Vegetación subnival paramuna con <i>Espeletia</i>	4.000 -4.100
19	Vegetación saxícola montana interandina de los Andes del norte	1.900-2.200 a 2.900-3.100
20	Arbustales montanos sobre mesetas de areniscas de las cordilleras amazónicas	1.700-1.900 a 2.900-3.100
21	Frailejónal pantanoso altimontano paramuno	3.000-3.200 a 4.100-4.200
22	Arbustal pantanoso altimontano paramuno	>3.100
23	Bosques ribereños montanos de los Andes del norte	1.200 -3.000
24	Turbera altimontana paramuna	>3.100
25	Prado higrófilo altimontano paramuno	3.000-3.200 a 4.100-4.200
26	Vegetación acuática y palustre altimontana paramuna	3.000-3.200

* Según Josse *et al.* (2003)

** Corresponde a los rangos donde está distribuido el sistema ecológico

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DEFINICIÓN DE LAS FORMACIONES VEGETALES EN LOS ANDES DEL ECUADOR

Modelo Cartográfico

La estructura metodológica o modelo cartográfico propuesto para la generación del mapa de vegetación remanente de los Andes del Ecuador se resume en tres componentes: Insumos base, procesos preliminares y productos derivados. Estos se detallan a continuación:

Insumos Base

Se refieren a la información botánica, biofísica y de campo recopilada de las distintas fuentes para poder realizar los procesos preliminares.

Información Botánica

La información que se recopiló para este estudio fue facilitada y pertenece a las organizaciones mencionadas posteriormente. Estas instituciones aportaron con registros georeferenciados sobre género, especie, altitud, colector, lugar de colección, fecha de colección de cada una de las especies utilizadas. Para la región Andina del Ecuador en total se compilaron alrededor de 93.000 registros de plantas aproximadamente y varios estudios de caracterización de vegetación distribuidos de la siguiente manera de acuerdo a sus fuentes:

- Herbario de Loja: 25.000 registros
- Herbario del Azuay: 5.000 registros
- MAG/SIGAGRO: 60.000 registros
- Herbario de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador QCA: 800 registros
- Herbario de la Universidad Técnica del Norte: 547 registros
- Randi Randi-Proyecto Manrecur: 880 registros
- EcoPar: 168 estudios de bosques
- Fundación Arcoiris: El estado de 12 remanentes de bosques del Sur (Morocho y Romero 2003) más el estudio de fuentes semilleras.
- Fundación EcoHomode: Estudio del Bosque Dudas Mazar-Cañar
- AAIC: Fuentes semilleras-Cañar
- ESPOCH: Fuentes semilleras-Chimborazo
- EcoCiencia: Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates (Vázquez *et al.* 2000)
- Missouri Botanical Garden – Base Trópicos: 1.000 registros georeferenciados.

Información Geográfica

Las Tablas 2 y 3 detallan la información geoespacial usada en este estudio y las fuentes respectivas.

Tabla 2. Cartográfica Base y Temática Recopilada

FUENTE	CARTOGRAFÍA BASE Escala: 1:250.000	CARTOGRAFÍA TEMÁTICA Escala: 1:250.000
MAG SIGAGRO	Vías Centros Poblados Hidrografía Curvas de Nivel Límites	Mapa geomorfológico Mapa de tipos de climas Mapa de zonas de temperatura media anual Mapa de zonas de precipitación Mapa de zonas de déficit hídrico anual Mapa de zonas de número de meses secos Mapa de textura Mapa de pendientes Mapa de uso y cobertura del suelo Mapa ecológico
IGM	Hidrografía Curvas de Nivel Centros Poblados Infraestructura	
Jatun Sacha/CDC TNC ECOCIENCIA		Modelo Climático. CIMMYT. (Julio 2002) Mapa de Vegetación GEF (Enero 2002) Bioreserva del Cóndor (2003) Disponibilidad del Hábitat del Oso Andino. Parque Nacional Sangay (2003) Sistemas Ecológicos (Josse et al. 2003)

Tabla 3. Imágenes Satelitales Landsat Recopiladas

FUENTE	IMÁGENES		FECHAS
	PATH	ROW	
ALIANZA CDC-JATUN SACHA (MOSAICO)	10	62	18-08-99
	10	61	18-08-99
	10	60	18-08-99
	11	63	09-01-00
	10	59	09-01-00
MAG SIGAGRO	10	59	24-07-96
	11	63	2000
ECOCIENCIA	09	60	14-10-02
	09	61	24-08-01
	09	62	24-08-01
	10	60	03-11-01
	10	61	16-09-01
	10	62	03-11-01
	10	63	03-11-01
TNC	10	63	2003
CI	09	61	24-08-01
	09	62	24-08-01

Información de Campo

La información de campo fue recopilada durante los meses de diciembre 2003 y febrero 2004 en las dos regiones (oriental y occidental) de los Andes del Ecuador por dos grupos de campo conformados por un botánico y un geógrafo.

En el trabajo de campo se dio prioridad a las áreas con vacíos de información botánicas y áreas con mayor recubrimiento de nubes en las imágenes satelitales. En estas áreas se georeferenciaron y se describieron muestras de vegetación y/o cobertura del suelo a lo largo de los distintos tipos de vías de comunicación. El intervalo entre los puntos de muestreo dependió del cambio en la vegetación, la cobertura del suelo y/o

según los cambios de color en la imagen que denotaban la presencia de diferentes formaciones. Bajo estas consideraciones los puntos fueron tomados cada kilómetro en los casos que los cambios eran continuos. Cuando los cambios no eran continuos se tomaban cada 2, 3 5 o más kilómetros dependiendo del caso.

La descripción de la vegetación incluyó las principales especies características del área. La estructura general de la vegetación fue correspondida conforme a cada una de las clases según con las metodologías de Sierra (1999) y NatureServe (Josse *et al.* 2003). Además, en cada sitio se fotografió el paisaje y, en algunos casos, las especies predominantes y/o que no se podían identificar en el campo. Estos puntos fueron claves para la validación cartográfica del mapa de clasificación de la vegetación de los Andes del Ecuador.

Procesos Preliminares

Son todas aquellas actividades dirigidas a la definición de metodología y obtención de productos base. A continuación se detallan todas las actividades involucradas en esta fase:

Revisión y Edición de Bases de Datos Botánicas

Las bases de datos fueron estructuradas (revisadas y editadas) conteniendo la siguiente información: Familia, Género, Especie, Colector, Lugar de colección y Coordenadas (UTM 17S). En el caso de los estudios florísticos de los bosques andinos se ingresaron las especies características encontradas en cada punto de muestreo georeferenciado.

Selección de las Especies Indicadoras Sugeridas por Sierra (1999) y NatureServe (Josse *et al.* 2003)

Al hablar de especies que identifiquen formaciones vegetales, debe estar claro que no sólo la presencia o ausencia determina una formación, también la determina la gradiente que genera la frecuencia. Las especies que se recomiendan para las formaciones vegetales para las regiones que en esta publicación se mencionan, en su gran mayoría son extraídas de la publicación de Sierra (1999), de NatureServe (Josse *et al.* 2003), del catálogo de plantas vasculares (Jørgensen y León 1999) y algunos estudios realizados en EcoPar, entre otros. De este conjunto de especies se seleccionaron las más características de cada formación, para así obtener las más específicas en cada una de las unidades revisadas. Las especies indicadoras sugeridas por Valencia *et al.* (1999) para la región Andina son 523. Josse (2003) sugiere 434 especies. Hay una significativa divergencia entre las especies sugeridas por estas dos propuestas. Sólo coinciden en el 16,72%. Los registros de estas restantes 797 especies fueron seleccionados inicialmente y editados en la base de datos total (90.000 registros aproximadamente) para ser utilizadas como posibles especies indicadoras de las diferentes formaciones vegetales presentes en la zona andina del Ecuador.

Esta selección fue presentada a botánicos/as de reconocida trayectoria quienes aportaron con nuevas especies y ratificaron la mayoría de especies seleccionadas. Los criterios utilizados para la selección de las especies indicadoras fueron los siguientes:

- Las especies seleccionadas debieron ser las características o más características de cada tipo de formación vegetal y de cada sector definido (seis sectores).
- Existencia de registros georeferenciados y acorde con la distribución de cada especie (de preferencia mayor a 20 registros separados entre sí ≥ 500 m).

Las especies indicadoras utilizadas para la definición de los diferentes tipos de vegetación en la Sierra del Ecuador fueron las siguientes (Tabla 4).

Tabla 4. Listado de Especies Indicadoras para el Modelamiento

SECTOR	FORMACIÓN VEGETAL	ESPECIES	
Norte y centro de los valles interandinos	Matorral húmedo montano	<i>Solanum crinitipes</i> <i>Calceolaria crenata</i>	
	Matorral seco montano	<i>Caesalpinia spinosa</i> <i>Dodonaea viscosa</i> <i>Mimosa quitensis</i>	
Norte y centro de la cordillera oriental	Espinar seco montano	<i>Opuntia pubescens</i>	
	Bosque siempreverde montano bajo	<i>Cecropia andina</i>	
	Bosque de neblina montano	<i>Anthurium penningtoni</i> <i>Dennstaedtia kalbreyeri</i> <i>Fuchsia scabriuscula</i>	
		Bosque siempreverde montano alto	<i>Siphocampylus giganteus</i> <i>Croton elegans</i> <i>Freziera verrucosa</i>
		Páramo herbáceo	<i>Chuquiraga jussieui</i> <i>Valeriana rigida</i>
	Páramo de frailejones	<i>Espeletia pycnophylla</i>	
	Páramo de almohadillas	<i>Azorella pedunculata</i> <i>Werneria nubigena</i>	
	Gelidofitia		
	Herbazal lacustre montano alto		
Norte y centro de la cordillera occidental	Bosque siempreverde montano bajo	<i>Fuchsia macrostigma</i> <i>Piper sodiroi</i>	
	Bosque de neblina montano	<i>Brunellia acostae</i> <i>Anthurium mindense</i>	
		Bosque siempreverde montano alto	<i>Croton elegans</i> <i>Freziera canescens</i> <i>Vallea stipularis</i>
	Páramo herbáceo	<i>Chuquiraga jussieui</i>	
	Páramo de frailejones	<i>Espeletia pycnophylla</i>	
	Páramo seco	<i>Astragalus geminiflorum</i>	
	Gelidofitia		
	Herbazal lacustre montano		
Sur de los valles Interandinos	Matorral húmedo montano	<i>Ilex rupicola</i> <i>Ocotea rotundata</i> <i>Oreocalis grandiflora</i>	
	Matorral seco montano	<i>Dodonaea viscosa</i>	
	Espinar seco montano	<i>Opuntia pubescens</i>	
Sur de la cordillera oriental	Bosque siempreverde montano bajo	<i>Cecropia montana</i>	
	Bosque de neblina montano	<i>Hedyosmum translucidum</i> <i>Huperzia loxensis</i>	
		Bosque siempreverde montano alto	<i>Brachyotum andreanum</i> <i>Symplocos fuscata</i> <i>Zinowiewia madsenii</i>
	Matorral húmedo montano bajo	<i>Saurauia crassisejala</i>	
	Páramo arbustivo/herbáceo	<i>Valeriana convallariodes</i> <i>Chuquiraga jussieui (Ph)</i>	
		Herbazal lacustre montano	
	Sur de la cordillera occidental	Bosque semideciduo montano bajo	<i>Erythrina echimphila</i> <i>Erythrina smithiana</i> <i>Erythrina fusca</i>
		Bosque de neblina montano	<i>Oreopanax eriocephalus</i> <i>Mauria simplicifolia</i>
Páramo herbáceo			<i>Chuquiraga jussieui</i> <i>Valeriana convallariodes (PA)</i>
Estribaciones de la cordillera oriental	Bosque siempreverde piemontano del norte y centro	<i>Iriartea deltoidea</i>	
	Matorral húmedo montano bajo (sur)	<i>Saurauia crassisejala</i>	
Estribaciones de la cordillera occidental	Bosque siempreverde piemontano del norte, y centro	<i>Iriartea deltoidea</i>	
	Bosque siempreverde piemontano del sur (El Oro)	<i>Iriartea deltoidea</i>	

En algunos casos se utilizó una sola especie para definir la misma formación en el norte-centro, en el sur y en las dos cordilleras. Esto se debió a que la misma especie es característica en todas estas zonas, pero con diferencias altitudinales y climáticas en cuanto a su frecuencia. En el sur no se encuentra el bosque siempreverde piemontano, excepto al norte de la provincia de El Oro (cordillera occidental), en la parte baja de la cordillera sur oriental se encuentra únicamente matorral húmedo montano bajo y bosque siempre-

verde montano bajo asociado a fuertes pendientes que no han permitido la formación de valles y por ende del bosque piemontano. De igual manera, en la parte sur occidente (Loja) se encuentra únicamente el bosque semideciduo. La definición de la formación Gelidofitia se realizó sobre la base de la imagen satelital y a las curvas de nivel, cuya formación esta sobre los 4.700 m y las nieves perpetuas. En el caso de la formación Herbazal lacustre debe quedar claro que estas unidades pueden ser identificables a escalas de mayor detalle y por tanto en el mapa final no se verán ilustradas espacialmente.

Estandarización de la Información Espacial

Toda la información ingresada al SIG fue estandarizada a un mismo sistema cartográfico o proyección: Universal Transverse de Mercator, un solo datum: PSAD56 y una zona similar: 17 Sur.

Espacialización de los Registros de las Especies Indicadoras

Con la finalidad de validar la ubicación de los diferentes registros de las especies indicadoras y conocer los vacíos de información botánica en el área de estudio, se espacializaron los registros de las especies indicadoras, cuyos resultados sirvieron para priorizar el trabajo de campo.

Rectificación de Imágenes Satelitales

Los puntos de control utilizados para la rectificación de las imágenes fueron colectados de los archivos digitales de las cartas topográficas digitales del IGM escala 1:50.000. En los casos en los cuales no se dispuso de información a esta escala, se usó la cartografía a escala 1:250.000. El cálculo de las funciones de transformación se realizó basado en el Modelo Polinomial de Segundo Orden y usando el modelo vecino más cercano para la reasignación de los valores espectrales. De esta manera se obtuvo un error promedio de 40 m, considerado permisible para la escala de trabajo.

Interpretación no Supervisada

La interpretación no supervisada fue realizada con la finalidad de generar unidades preliminares de vegetación para que fueran analizadas en el campo y posteriormente utilizadas en la generación de unidades gruesas de vegetación y verificación del mapa de uso y cobertura generado por MAG/SIGAGRO. Se generaron entre 25 y 30 clases originales, que luego fueron agrupadas en clases de acuerdo a la similitud espectral en las bandas de análisis. La combinación de bandas utilizada fue 543 y 453 respectivamente. Se debe tomar en cuenta que este proceso fue realizado para comprobar unidades de vegetación gruesas pero no para categorizarlas, es decir, para localizar páramos, bosques, áreas intervenidas, matorrales, etc., pero no para identificar el bosque montano bajo, bosque siempreverde piemontano, etc. La identificación de categorías a nivel más detallado fue hecha con base en la metodología propuesta.

Generalidades del Mapa de Uso y Cobertura SIGAGRO

Adicionalmente a la información previamente interpretada (imágenes de varias fuentes) se uso información satelital procesada para la generación del mapa de cobertura vegetal y uso del suelo del Ecuador a escala 1:250.000. Esta información se la obtuvo como parte de un convenio con el MAG/SIGAGRO y fue generada en el Proyecto de Información Georeferenciada para el Desarrollo Sustentables del sector Agropecuario, bajo el Convenio MAG-IICA-CLIRSEN, que se ejecutó en la antigua DINAREN, actualmente SIGAGRO. Para elaborar este mapa se utilizaron imágenes satelitales de diferentes épocas, con un trabajo de campo corto, pues se ha tratado de escoger antes de la visita, sitios en los cuales la respuesta espectral tenga características particulares en una unidad modelo, para luego, por extrapolación, anotar la cobertura comprobada en el campo para todas las zonas que muestren similares condiciones. Cabe recalcar que cartográficamente esta delimitación se realizó visualmente por los ingenieros del proyecto MAG-IICA-CLIRSEN. Antes de la realización y obtención de los mapas se ejecutaron correcciones radiométricas, geométricas y uso de imágenes con porcentaje de nubes menor al 30%. Luego se realizó la integración de bandas 453 para de realizar un realce que permitiera la interpretación visual más precisa. La unidad mínima de este mapa es de 100 ha. Las unidades generadas se las puede expresar en diferentes grupos tales como vegetación arbórea y arbustiva, pastos, cultivos, cuerpos de agua, eriales y otros usos. La representación cartográfica fue descrita según los siguientes criterios:

Representación cartográfica, formaciones vegetales

- Caso 1 Ej. Cc = 100% de cultivos de ciclo corto.
- Caso 2 Ej. Cc-Pc = 50% de cultivos de ciclo corto + 50% de pastos artificiales.
- Caso 3 Ej. CC/Pc = 70% de cultivos de ciclo corto + 30% de pastos artificiales.

Representación cartográfica, áreas con procesos erosivos

- Caso 1 (Ae) = Áreas erosionadas en las cuales no se registra ninguna cobertura vegetal.
- Caso 2 (Cc/Ae) = Áreas erosionadas en las cuales aún se registran vestigios de cultivos.
- Caso 3 (Cc/Ap) = Cultivos de ciclo corto en áreas en proceso de erosión.

Fuente: Informe Técnico MAG/SIGAGRO (2002)

Revisión y Actualización de Unidades Espaciales

Esta actividad estuvo dirigida a la revisión exhaustiva de cada uno de los polígonos generados en el mapa de uso. Esto fue hecho con la finalidad de localizar posibles errores. Se revisaron utilizando como base las imágenes satelitales. Adicionalmente se uso la información colectada en campo para actualizar las unidades.

Homogenización del Mapa de Uso del Suelo y Cobertura Vegetal SIGAGRO

Para el proyecto de generación del mapa de vegetación remanente de los Andes del Ecuador se homogenizaron unidades con los fines específicos de priorizar la cobertura vegetal natural. Se generalizó el mapa de uso del suelo y cobertura vegetal, bajo la siguiente tabla (Tabla 5):

Para homogenizar todas las unidades así como también las unidades en asociación, se trabajó en función de las zonas que poseen vegetación natural y se clasificaron en grupos que a continuación detallamos en este cuadro.

Tabla 5. Homogenización de Unidades de Uso y Vegetación

HOMOGENIZACIÓN	SÍMBOLO
Bosque Natural	Bn
Bosque Intervenido	Bi
Páramo	Pr
Pastos Naturales	Pn
Vegetación Arbustiva	Va
Cultivos	Cu

Se trabajo únicamente con las unidades de vegetación natural y para poder actualizar este mapa se utilizó las nuevas imágenes satelitales incorporadas al proyecto, ya que se cuenta con imágenes hasta del año 2003. Sin embargo se tomaron en cuenta asociaciones de vegetación natural y zonas intervenidas que se caracterizaban por poseer vegetación natural mayor al 50% de la asociación, como unidades de vegetación intervenida pero con remanentes considerables que deben caracterizarse. El mapa de uso del suelo y cobertura vegetal fue realizado por personal especializado del Ministerio de Agricultura y Ganadería y del CLIR-SEN.

Al revisar una por una las unidades de vegetación natural, hubo que dejar fuera muchas asociaciones, ya que la leyenda hubiera resultado muy extensa para los fines del proyecto.

Modelamiento de Distribución de Especies

Si bien se contó con una base de datos de 90.000 registros de especies andinas del Ecuador, solo 30.000 están incluidas dentro del área de estudio. De este total se seleccionaron todas aquellas especies indicadoras propuestas por Sierra (1999) y NatureServe (Josse *et al.* 2003) que corresponden a 801 especies aproximadamente, y que están distribuidas a lo largo del área de estudio. Sin embargo, muchos sitios no poseen información debido a la inaccesibilidad ocasionada por la topografía presente a lo largo y ancho de los Andes de nuestro país.

Frente a esta problemática, el modelamiento de distribución de especies es una alternativa para predecir la presencia o ausencia de una especie en áreas con vacíos de información sobre la base de la información disponible de la especie en lugares accesibles (altitud, clima, suelo, etc.). En el presente estudio, independientemente de los estratos, se seleccionaron las especies más características y representativas de cada formación vegetal definida por Sierra (1999). La información georeferenciada de los registros colectados en una base de datos fue preparada para poder generar los modelos de distribución con la integración de variables biofísicas que posteriormente se mencionan. A continuación se detalla la sectorización de regiones para sobre la base de esto generar los modelos:

- Sector norte y centro de los valles interandinos
- Sector norte y centro de la cordillera occidental
- Sector norte y centro de la cordillera oriental
- Sector sur de los valles interandinos
- Sector sur de la cordillera occidental
- Sector sur de la cordillera oriental

Relación Especies-Comunidades

En la comunidad todos los organismos vivos tienen relaciones mutuas y con el medio que lo rodea y así que se relacionan las variables climáticas y todos los organismos vivos, entre éstos las plantas (Holdridge 1986). No se puede hablar de vegetación sin mencionar estas y otras variables o recursos naturales que determinan la presencia o ausencia de especies vegetales en una comunidad.

En el presente estudio, cada especie seleccionada para modelamiento es representativa o indicadora de una o dos formaciones vegetales definidas por Sierra 1999 y sus colaboradores. Sin embargo, la asociación de dos o tres especies es más particular de un determinado tipo de formación vegetal. En este sentido para definir cada formación vegetal se utilizaron de dos a tres especies indicadoras de cada tipo de formación, cuyos modelos unificados definieron la formación vegetal, en la cual las líneas de quiebre no siguen un orden lógico ya que ésta depende de la distribución de las especies y su relación con las 13 variables ambientales anteriormente especificadas.

Selección de Variables Biofísicas

La selección de variables biofísicas se centró en la búsqueda de variables que guíen a determinar los factores ambientales que mejor ayuden a definir la localización y hábitat donde se pueden desarrollar las especies y, por tanto, las asociaciones y ecosistemas. Partiendo de esta premisa, inicialmente se analizó la información recopilada y se procedió a integrarla dentro del sistema y posteriormente generar los modelos. Bajo estas condiciones se analizaron los modelos climáticos provenientes de la Alianza CDC-Jatun Sacha (Hodson 2002) y los elaborados por el MAG/SIGAGRO. Conjuntamente con técnicos de esta última institución se analizaron los modelos llegándose a determinar que para los fines buscados el modelo climático elaborado por Hodson (2002) era el que más se ajustaba a nuestras necesidades y por tanto era más real. Posteriormente se escogieron dos modelos, el uno referente a 16 variables y el otro a 13 variables (excepto textura, isoyetas e isothermas) que se excluyeron luego de realizar algunas pruebas de modelamiento. Esto se explica en la siguiente sección. Las variables seleccionadas de CIMMYT (Hodson 2002) fueron temperatura máxima

y mínima anual, promedio máxima, mínima y evapotranspiración. Los valores correspondientes a déficit hídrico, meses secos, textura, isoyetas e isotermas fueron seleccionados de las coberturas generadas por SIGAGRO. Del IGM se obtuvo la cartografía base para poder generar el modelo de terreno DOM, el mapa de pendientes y distancia a ríos. En muchos casos no fue posible incluir más variables por la falta de información necesaria para toda el área de estudio. Para la generación de modelos de especies se establecieron dos grupos de variables biofísicas que a continuación se describen:

MODELO 1

1. Temperatura máxima anual (MAXXT)
2. Temperatura mínima anual (MINIT)
3. Temperatura Máxima promedio (XT)
4. Temperatura Mínima promedio (IT)
5. Total de precipitación/potencial de evapotranspiración (PPE)
6. Diferencia de temperaturas máxima y mínima
7. Precipitación total anual (PRE)
8. Potencial de evapotranspiración (ETP)
9. Déficit Hídrico
10. Meses Secos
11. Distancia a ríos
12. DTM (alturas)
13. Pendientes
14. Textura
15. Isoyetas
16. Isotermas

MODELO 2

1. Temperatura máxima anual (MAXXT)
2. Temperatura mínima anual (MINIT)
3. Temperatura máxima promedio (XT)
4. Temperatura mínima promedio (IT)
5. Total de precipitación/potencial de evapotranspiración (PPE)
6. Diferencia de temperaturas máxima y mínima
7. Precipitación total anual (PRE)
8. Potencial de evapotranspiración (ETP)
9. Déficit hídrico
10. Meses secos
11. Distancia a ríos
12. DTM (alturas)
13. Pendientes

Modelamiento en GARP

GARP conocido como “Genetic Algorithm for Rule-Set Prediction” constituye un algoritmo genético cuyas características fueron desarrolladas con la finalidad de modelar escenarios espaciales predictivos de la distribución de plantas y animales (Stockwell y Peters 1999). La base del algoritmo genético fue desarrollada por Holland en 1975. Este algoritmo permite crear modelos de nichos ecológicos para las especies. Estos modelos permiten describir las condiciones ambientales bajo las cuales las especies deberían ser capaces de mantener las poblaciones. Así, el algoritmo usa puntos georeferenciados de localidades donde la especie

ocurre o donde se tiene información de su existencia y adicionalmente un grupo de capas espaciales (variables) que representan los parámetros ambientales que deben limitar la capacidad de supervivencia.

GARP además permite realizar búsquedas interactivas de correlaciones no randómicas entre valores de presencia, ausencia y parámetros ambientales usando distintos tipos de reglas. Cada regla implementa un método distinto para la construcción de los modelos de predicción de especies. Actualmente existen cuatro tipos de reglas implementadas: atómicas, regresión logística, bioclimáticas y no bioclimáticas. Para obtener mayor información se debe visitar la página web <http://www.lifemapper.org/desktopgarp>.

El uso de GARP constituye una herramienta eficaz para el modelamiento bajo la integración de insumos de información georeferenciada provenientes de bases de datos de diversas fuentes tales como: herbarios, universidades, instituciones estatales e instituciones privadas. El uso de este algoritmo permite una aproximación más cercana para determinar cómo fue, cómo es y cómo será la presencia de una especie. Si a esto se suma el hecho de considerar no sólo a una especie sino la integración de varias especies que permitan definir una asociación de especies o ecosistema, sin duda permite lograr un avance importante para la obtención de información relevante. El establecimiento de mapas de distribución de ecosistemas y de nichos potenciales de animales, entre otros, constituye información útil para la planificación y localización de espacios geográficos potenciales para la conservación de especies. Mediante el uso de GARP es factible visualizar y manipular la información bajo un sistema de Información geográfica (SIG) lo que facilita la integración de información georeferenciada adicional que permita validar y satisfacer las necesidades requeridas.

Los insumos básicos para generar modelos de distribución de especies en GARP parten del uso de información botánica georeferenciada y de la incorporación de variables biofísicas (temperatura, precipitación, evapotranspiración, etc.). Para integrar los registros georeferenciados se debe previamente crear un archivo de Excel en el cual deben constar únicamente tres columnas de información: *Nombre de la especie*, *coordenada X* y *coordenada Y*. Las variables biofísicas deben ser estandarizadas a un formato *raster* o de grilla con el mismo tamaño de píxel (igual resolución), y todas bajo un espacio geográfico común. Bajo estas consideraciones luego de la selección de especies indicadoras y las variables biofísicas se integró toda esta información al sistema GARP para la generación de los modelos de distribución. Todas las variables fueron rasterizadas a un tamaño de píxel correspondiente a 25 ha, es decir 500 x 500 m, conforme a la escala y unidad mínima de trabajo. Posteriormente fueron integradas en un solo archivo para que puedan ser leídas por el programa GARP. En el proceso de integrar las variables y los registros de las especies, se procedió a correr los modelos considerando las reglas del programa.

Selección de los Mejores Modelos de Distribución

Los mejores modelos de distribución de especies fueron seleccionados de acuerdo a su nivel de significancia.

Estos valores son obtenidos conforme a la aplicación estadística de CHI cuadrado (X^2) mediante el cual se determina la proporción en que los modelos son significativos o no. Para esto se corrieron 100 modelos por cada especie y de estos se escogieron los diez mejores en base a su significancia ($p < 0,01$). Estos procesos fueron realizados luego de integrar toda la información al programa GARP, luego de aplicar todas las reglas que pueden ser corridas en el programa (regresión, bioclima, etc.). El resultado de los modelos describe un valor de 0 para ausencia y 1 para presencia de la especie (en formato *.grd de ArcView). Luego de obtener los formatos *raster* de cada modelo este fueron agrupados en una sumatoria, cuyos valores más altos representan los sitios donde los diez modelos predicen la presencia de la especie es decir la mayor probabilidad de la existencia de la especie (en general los rangos escogidos se encuentran entre los valores de 8-10).

Luego de las corridas de los modelos, el grupo de variables biofísicas que más se ajustaba a la distribución de las especies era el segundo modelo, conformado por 13 variables (Figura 2). En la figura es fácil ver que el modelo 1 de 16 variables (izquierda) tiene una distribución que no es tan real conforme a la distribución real de la especie y también de acuerdo al criterio del personal experto en botánica; en este sentido, el modelo 2 demostró ser el mejor grupo de variables biofísicas que definía la distribución de la especie. Es importante destacar que el modelo escogido para generar los mapas de distribución no es un modelo cerrado, es decir, nuevas variables pueden ser integradas siempre y cuando exista criterio y justificación para hacerlo de acuerdo con la metodología preliminar propuesta.

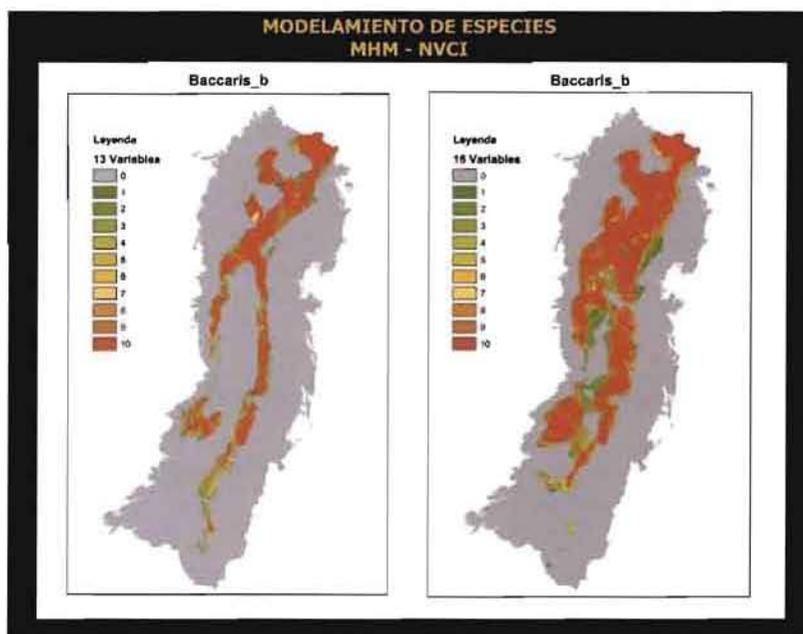


Figura 2. Comparación espacial de los dos modelos de distribución potencial correspondiente al Matorral Húmedo Montano del Norte y Centro de los Valles Interandinos

Validación Cartográfica de los Mejores Modelos

Los modelos seleccionados por el equipo de trabajo fueron presentados a un experimentado grupo de botánicos/as, quienes, pudieron corregir y validar los modelos finales de distribución de especies. La validación inicialmente estuvo dirigida a corregir registros de campo que no eran reales en su localización geográfica. Posteriormente, los modelos que no presentaban una distribución real fueron nuevamente revisados y descartados en el caso de no estar de acuerdo con la realidad. En estos casos se consideraron nuevas especies conforme a lo sugerido por el grupo.

Delimitación de las Formaciones Vegetales

Para la delimitación se tomó en cuenta que una formación vegetal es la interacción de varias especies. Por ejemplo, *Chuquiraga jussieui* y *Valeriana rigida* fueron utilizadas para modelar la formación de Páramo herbáceo, ya que las distribuciones asociadas de estas dos especies predicen acertadamente la distribución de páramo herbáceo.

Bajo este criterio, los modelos de las especies indicadoras para cada formación fueron relacionados para determinar las mejores asociaciones que delimitaban acertadamente cada una de las formaciones, de acuerdo a revisiones bibliográficas (Jørgensen y León 1999), conocimientos botánicos del equipo de trabajo y comprobaciones de campo realizadas dentro de este proyecto. En la Tabla 5 se describen las especies consideradas para definir la localización espacial de las formaciones vegetales.

Productos Derivados

Se refieren a todos los productos finales generados en base a los objetivos propuestos, es decir, los mapas de cobertura y uso del suelo que con el mapa potencial de vegetación permiten generar el mapa de vegetación remanente.

Mapa Potencial

Este mapa fue generado con base en los mapas de distribución de especies y luego por asociación bajo los cuales fue posible determinar las formaciones vegetales (información anteriormente descrita).

Mapa de Uso y Cobertura Vegetal-Áreas Intervenidas

Este mapa fue obtenido de la interpretación de imágenes satelitales, interpretación visual y comprobaciones de campo. Este mapa fue reclasificado conforme a lo explicado.

Mapa Remanente

Este mapa fue el resultado del cruce espacial de los dos mapas anteriores. Ilustra las áreas intervenidas y las zonas de vegetación existente (remanente) actualmente, con las características de las formaciones vegetales obtenidos del mapa potencial.

Nomenclatura y Caracterización de las Formaciones Vegetales

La nomenclatura de las formaciones vegetales se la realizó utilizando la misma base metodológica propuesta por Sierra *et al.* 1999. Sin embargo, para las nuevas formaciones se recomienda nombrarlas en asociación, por dominancia relativa de una especie y/o por regiones.

[{{Tipo Fisonómico}}] + [{{Características Climáticas}} + {{Características Hídricas}} +
 {{Características Fenológicas}} + {{Características Florísticas}}] + [{{Características Topológicas}} +
 Piso Florístico} + {Región Natural}]

Fuente: Sierra (1999).

En el presente estudio se identificaron formaciones vegetales por asociación. La caracterización de cada unidad se la definió en base a cada una de las variables usadas en los modelamientos de distribución de especies. Como cada una de las variables estaba definida en formato raster se discriminó cada una de ellas conforme a cada polígono de cada formación encontrada. Esta caracterización se la realizó utilizando el mapa de vegetación remanente obteniéndose así valores promedios conforme a cada variable y para cada polígono de todas las formaciones vegetales remanentes.

RESULTADOS

Clasificación de la Vegetación Remanente

La nomenclatura y criterios de clasificación de la vegetación remanente son los mismos que utilizaron Sierra (1999) y sus colaboradores en la Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Para el presente estudio se han incorporado otras variables biofísicas que permiten definir con mayor detalle las formaciones vegetales, en función de la variación de las mismas y su relación con el crecimiento de determinadas especies indicadoras.

NORTE Y CENTRO DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL

Bosque Siempreverde Piemontano (Bsvp)



Este bosque se caracteriza por presentar árboles cuyas copas alcanzan los 30 m de alto, abundante presencia de epifitas en el estrato bajo del bosque, arbustivas y herbáceas de las familias Orchidaceae, Araceae, Cyclanthaceae, Piperaceae y Gesneriaceae (Cerón *et al.* 1999). Una de las especies típicas de ésta formación es *Iriartea deltoidea*, que fue utilizada para determinar y/o modelar este tipo de formación vegetal en el presente estudio. *Iriartea deltoidea* es una especie nativa de la Costa, Andes y Amazonia que se encuentra en las provincias de Cotopaxi, El Oro, Esmeraldas, Los Ríos, Morona Santiago, Napo, Pastaza, Pichincha y Sucumbíos, en un rango altitudinal que varía entre 0 y 1.500m (Jørgensen y León 1999).

Este tipo de bosque se encuentra en el occidente de las provincias de Pichincha, Cotopaxi, Los Ríos, Bolívar, Azuay y al oriente de la provincia de Esmeraldas. Se encuentra entre las siguientes variables biofísicas: Déficit hídrico de 0 a 5 mm, Altura Media 1.099 m, Pendiente de 11°, Meses secos 4, Temperatura mínima anual 15 °C, Temperatura máxima anual 24°C, Precipitación anual 1.786 mm, Potencial de Evapotranspiración 958 mm.

Bosque Siempreverde Montano Bajo (Bsvmb)

En este tipo de bosque la copa de los árboles alcanza una altura de 25 a 30 m; disminuye la presencia de especies del bosque piemontano en las familias Bombacaceae y Myristicaceae y en el estrato medio y bajo aparecen con más frecuencia helechos, orquídeas, musgos y bromelias (Valencia *et al.* 1999). Una de las especies características de este tipo de bosque es *Fuchsia macrostigma*, la cual fue utilizada para determinar la formación vegetal. Esta especie es nativa de los Andes. Se encuentra en las provincias de Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, El Oro, Imbabura y Pichincha, en un rango altitudinal que varía entre 1.000 y 4.000 m (Jørgensen y León 1999), siendo mas frecuente entre 1.000 y 1.500 m.

Este tipo de bosque se encuentra desde el norte de Colombia hasta el valle del Girón Paute. En el Ecuador se encuentra entre las siguientes variables biofísicas: Déficit hídrico de 0 a 5 mm, Altura Media 1.185 m, Pendiente de 8,4°, Meses secos 2, Temperatura mínima anual 15°C, Temperatura máxima anual 24°C, Precipitación anual 2.449 mm, Potencial de Evapotranspiración 967 mm.

Bosque de Neblina Montano (Bnm)



En este bosque la copa de los árboles alcanza una altura de 20 a 25 m; se caracteriza por la abundante presencia de musgo, orquídeas, helechos y bromelias, registrándose una alta diversidad de especies (Valencia *et al.* 1999). Además, es el hábitat perfecto de los bambúes. Algunas de las especies típicas de este tipo de bosque y que fueron utilizadas en asociación para determinar la formación vegetal son: *Anthurium mindense*, *Brunellia acostae* y *Piper sodiroi*. *Anthurium mindense*, una especie nativa de la Costa, Andes y Amazonía, se encuentra en las provincias de Azuay, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Esmeraldas, Guayas, Imbabura, Manabí,

Morona Santiago, Napo, Pastaza, Pichincha, Sucumbios, Tungurahua y Zamora Chinchipe, en un rango altitudinal que varía entre 0 y 3.000 m. *Brunellia acostae* es una especie nativa de los Andes que se encuentra en las provincias de Carchi, Cotopaxi, Esmeraldas y Pichincha, en un rango altitudinal que varía entre 500 y 2.500 m. *Piper sodiroi* es una especie endémica de los Andes que se encuentra en las provincias de Imbabura y Pichincha, en un rango altitudinal que varía entre 1.000 y 1.500 m (Jørgensen y León 1999).

Las variables biofísicas que caracterizan este tipo de bosque son: Déficit hídrico de 0 a 5 mm, Altura Media 2.208 m, Pendiente de 13°, Meses secos 3, Temperatura mínima anual 9 °C, Temperatura máxima anual 20°C, Precipitación anual 1.433 mm, Potencial de Evapotranspiración 938 mm.

Bosque Siempreverde Montano Alto (Bsvma)



Este tipo de bosque incluye a la Ceja Andina o vegetación de transición entre el bosque y el páramo; su fisonomía es muy parecida a los bosques nublados por su gran cantidad de musgos y plantas epifitas, y su principal característica es la forma de crecimiento inclinado de los tallos y presencia de abundante musgo en el piso (Valencia *et al.* 1999). Las especies características de este tipo de bosque y que fueron utilizadas para determinar esta formación vegetal son: *Freziera verrucosa*, *Freziera canescens* y *Croton elegans*. *Freziera verrucosa* es una especie nativa de los Andes y se encuentra en las provincias de Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, El Oro, Imbabura, Loja, Napo,

Pichincha, Tungurahua y Zamora Chinchipe, en un rango altitudinal que varía entre 1.000 y 3.500 m. *Freziera canescens*, una especie nativa de los Andes, se encuentra en las provincias de Bolívar, Carchi, Chimborazo, Imbabura, Pichincha y Tungurahua, en un rango altitudinal que varía entre 1.500 – 4.000 m. *Croton elegans* es una especie endémica de los Andes que se encuentra en las provincias de Imbabura, Pichincha y Tungurahua, en un rango altitudinal que varía entre 1.500 y 3.500 m (Jørgensen y León 1999).

Las variables biofísicas que determinan este tipo de vegetación son las siguientes: Déficit hídrico de 0 a 5 mm, Altura Media 2.925 m, Pendiente de 11°, Meses secos 4, Temperatura mínima anual 6°C, Temperatura máxima anual 17°C, Precipitación anual 922 mm, Potencial de Evapotranspiración 882 mm.

Páramo Herbáceo (Ph)



Esta formación está determinada por los pajonales que ocupan la mayor parte de las tierras altas y que en su parte superior limitan con el superpáramo y en la inferior con la ceja andina o bosque siempreverde montano alto. En este ecosistema las hierbas en forma de penacho se entremezclan con algunos arbustos típicos de esta formación vegetal como la *Chuquiraga jussieui*, que fue utilizada para determinar esta formación vegetal. *Chuquiraga jussieui*, una especie nativa de los Andes, se encuentra en las provincias de Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Loja, Napo, Pichincha y Tungurahua, en un rango altitudinal que varía entre 2.500 y > 4.500 m (Jørgensen y León 1999).

Las variables biofísicas que determinan este tipo de formación son: Déficit hídrico de 0 a 5 mm, Altura Media 3.662 m, Pendiente de 9°, Meses secos 4, Temperatura mínima anual 4°C, Temperatura máxima anual 13°C, Precipitación anual 722 mm, Potencial de Evapotranspiración 820 mm.

Páramo de Frailejones (Pf)



En esta formación vegetal es muy sobresaliente y frecuente el género *Espeletia*, que se encuentra en Venezuela, Colombia y norte del Ecuador, con una población biogeográficamente aberrante en Tungurahua (Valencia *et al.* 1999). En el Ecuador es más característico de los páramos de la provincia del Carchi, identificándose para el presente estudio como especie indicadora a *Espeletia pycnophylla*, que fue utilizada para determinar este tipo de vegetación. *Espeletia pycnophylla*, una especie nativa de los Andes, se encuentra en las provincias de Carchi, Sucumbíos y Tungurahua, en un rango altitudinal que varía entre 3.000 y 4.500 m (Jørgensen y León 1999).

Las variables biofísicas que determinan este tipo de formación son las siguientes: Déficit hídrico de 0 a 5 mm, Altura Media 3.668 m, Pendiente de 6°, Meses secos 2, Temperatura mínima anual 5°C, Temperatura máxima anual 13°C, Precipitación anual 983 mm, Potencial de Evapotranspiración 805 mm.

Páramo Seco (Ps)



En este tipo de formación generalmente la vegetación es de tipo xerofítico y se encuentra como islas entre los suelos de arena desnudos; la vegetación característica son hierbas, arbustos, poco musgo y líquenes. Una especie característica de este tipo de vegetación es *Astragalus geminiflorus*, la misma que fue utilizada para determinar esta formación vegetal en el presente estudio. *Astragalus geminiflorus*, una especie endémica de los Andes, se encuentra en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Napo, Pichincha y Tungurahua, en un rango altitudinal que varía entre 3.500 y > 4.500 m (Jørgensen y León 1999).

Las variables biofísicas que caracterizan este tipo de bosque son: Déficit hídrico de 0 a 5 mm, Altura Media 3.609 m, Pendiente de 9°, Meses secos 3, Temperatura mínima anual 3°C, Temperatura máxima anual 12°C, Precipitación anual 754 mm, Potencial de Evapotranspiración 766 mm.

Superpáramo (Sp)



Este tipo de formación está representado por líquenes y musgos, y son escasas las plantas superiores; algunas crecen con geotropismo positivo (Valencia *et al.* 1999). Se encuentra presente esta formación en la mayoría de nevados de la cordillera Occidental. Entre las especies características de esta formación se puede mencionar a *Aciachne flagellifera*, una especie herbácea nativa de los Andes, que se encuentra en las provincias de Azuay, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Napo y Tungurahua, en un rango altitudinal que varía entre 3.500 y 4.500 m (Jørgensen y León 1999).

En el presente estudio esta formación vegetal fue determinada con base en la interpretación en la imagen satelital y en la altitud. Según Sierra (1999) esta formación se encuentra sobre los 4.700 m. No fue posible desarrollar el modelo predictivo para esta formación debido a la falta de registros georeferenciados de las especies características de la zona.

Las variables biofísicas que caracterizan este tipo de formación son: Déficit hídrico de 0 a 5 mm, Altura Media 4.283 m (Valencia *et al.* 1999), Pendiente de 6°, Meses secos 1, Temperatura mínima anual -0,2°C, Temperatura máxima anual 8°C, Precipitación anual 491 mm, Potencial de Evapotranspiración 696 mm.

Herbazal Lacustre Montano (Hlm)



Es un tipo de formación que se encuentra en las lagunas andinas, que presentan una flora característica pero, por su restringida distribución en las riberas de los lagos y lagunas, no es posible representar en el mapa a la escala 1:250.000. Sin embargo, esta formación vegetal puede ser representada a escalas con mayor detalle y de igual forma determinada con base en la interpretación de imágenes satelitales o sobre la base del modelamiento si se cuenta con registros georeferenciados de las especies características de las zonas.

Nival (Ni)



Este tipo de formación corresponde a las nieves perpetuas, donde ocasionalmente se pueden encontrar líquenes. Las características biofísicas de esta zona son: Déficit hídrico de 0 a 5 mm, Altura Media 4.921 m, Pendiente de 19°, Meses secos 1, Temperatura mínima anual -0,1°C, Temperatura máxima anual 8°C, Precipitación anual 499 mm, Potencial de Evapotranspiración 697 mm.

NORTE Y CENTRO DE LOS VALLES INTERANDINOS

Matorral Húmedo Montano (Mhm)

Se encuentra generalmente en los valles que forman las cordilleras y en ocasiones se pueden encontrar matorrales asociados con bosque; los remanentes de esta formación se pueden encontrar desplazados a las quebradas con pendientes muy fuertes, donde es difícil cambiar la utilidad del suelo; en la zona plana esta formación ya no existe y ha sido sustituida por cultivos y bosques de eucalipto (Valencia *et al.* 1999). Las especies características de este tipo de formación son: *Solanum crinitipes* y *Calceolaria crenata*, las cuales en asociación determinaron la formación vegetal. *Solanum crinitipes*, una especie nativa de los Andes, se encuentra en las provincias de Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Pichincha y Tungurahua, en un rango altitudinal que varía entre 3.500 y > 4.500 m. *Calceolaria crenata*, una especie endémica de los Andes, se encuen-



tra en la provincia de Pichincha, en un rango altitudinal que varía entre 2.500 y 3.500 m (Jørgensen y León 1999).

Las características biofísicas que determinan este tipo formación son: Déficit hídrico de 0 a 5 mm, Altura Media 2.848 m, Pendiente de 2°, Meses secos 6, Temperatura mínima anual 6,9°C, Temperatura máxima anual 19°C, Precipitación anual 969 mm, Potencial de Evapotranspiración 910 mm.

Matorral Seco Montano (Msm)



La vegetación de esta formación vegetal se caracteriza por presentar arbustos de aproximadamente 2 metros de altura con las copas de amplia superficie para retener la humedad, plantas en algunos casos armadas con espinas y presencia de musgo (*Tillandsia recurvata*) (Valencia *et al.* 1999). La vegetación en esta formación se presenta verde solo en época de lluvias o cuando se encuentran cerca de los ríos principales que cruzan estos valles. En el norte se diferencia el valle del Chota-Juncal y en el centro Latacunga. Algunas de las especies características de este tipo de formación vegetal son *Caesalpinia spinosa*, *Dodonaea viscosa* y *Mimosa quitensis*, las que en asociación determinaron la formación vegetal. *Caesalpinia spinosa*, una especie nativa

de los Andes, se encuentra en las provincias de Azuay, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Loja, Pichincha y Tungurahua, en un rango altitudinal que varía entre 1.500 y 3.000 m. *Dodonaea viscosa*, una especie nativa de los Andes y Galápagos, se encuentra en las provincias de Azuay, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Loja, Pichincha, Tungurahua y Galápagos, en un rango altitudinal que varía entre 2.000 y 4.000 y entre 500 y 1.500 m en Galápagos. *Mimosa quitensis*, una especie nativa de los Andes, se encuentra en las provincias de Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Pichincha y Tungurahua, en un rango altitudinal que varía entre 1.500 y 3.000 m (Jørgensen y León 1999).

Las variables biofísicas que determinan este tipo de vegetación son: Déficit hídrico de 5 a 25 mm, Altura Media 2.557 m, Pendiente 6°, Meses secos 8, Temperatura mínima anual 8°C, Temperatura máxima anual 20°C, Precipitación anual 568 mm, Potencial de Evapotranspiración 528 mm.

Matorral seco montano bajo (Msmb)



Se encuentra en zona central del valle del chota, siguiendo la vía que conduce a San Lorenzo; con relación al matorral seco montano, este tipo de formación es mucho más seco y en ella se cultivan con frecuencia el hobo (*Spondias mombin*) y la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). La especie indicadora que determina este tipo de formación es *Mimosa pudica*.

Las variables biofísicas que caracterizan este tipo de formación son: Déficit hídrico de 5 a 25 mm, Altura Media 1.865 m, Pendiente de 9°, Meses secos 8, Temperatura mínima anual 11°C, Temperatura máxima anual 23°C, Precipitación anual 896 mm, Potencial de Evapotranspiración 964 mm.

Espinar Seco Montano (Esm)



Es una formación restringida que presenta una alta frecuencia de plantas armadas con espinas, especialmente de la familia Cactaceae; sus suelos son pobres en nutrientes. Ejemplos de esta formación se encuentran en el Chota, Guayllabamba y Chanchán (Valencia *et al.* 1999). Las especies características que determinaron en asociación la formación vegetal son *Opuntia soedestromiana*, *O. tunicata* y *O. pubescens*. *Opuntia soedestromiana* es una especie endémica de los Andes que se encuentra en las provincias de Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Pichincha y Tungurahua, en un rango altitudinal que varía entre 1.000 y 3.000 m. *Opuntia tunicata* es una especie nativa de los Andes que se encuentra en las provincias de Carchi e Imbabura, en un

rango altitudinal que varía entre 1.500 y 2.000 m. *Opuntia pubescens*, una especie nativa de la Costa y los Andes, se encuentra en las provincias de Azuay, Chimborazo, Guayas, Imbabura, Loja, Manabí y Pichincha, entre los 0 y 500 m en la Costa y en los Andes entre 1.000 – 2.500 m (Jørgensen y León 1999).

Las variables biofísicas que caracterizan este tipo de formación son: Déficit hídrico de 5 a 25 mm, Altura Media 1.869 m, Pendiente de 6,2°, Meses secos 10, Temperatura mínima anual 11°C, Temperatura máxima anual 21,9°C, Precipitación anual 559 mm, Potencial de Evapotranspiración 959,77 mm MSM CON ESM: Déficit hídrico de 5 a 25 mm, Altura Media 2.802 m, Pendiente de 3°, Meses secos 7, Temperatura mínima anual 6°C, Temperatura máxima anual 18°C, Precipitación anual 558 mm, Potencial de Evapotranspiración 3 mm.

Matorral Seco Montano y Espinar Seco Montano (Msm – Esm)



Son áreas donde confluyen las dos formaciones anteriores y para las cuales no se puede establecer la dominancia de los matorrales ni de las plantas espinosas; éstas se asocian para formar este tipo de vegetación representada por la parte baja de la colina del Juncal. De igual forma, en este tipo de formación se encuentra especies características de las dos formaciones anteriores como: *Caesalpinia spinosa*, *Dodonaea viscosa*, *Mimosa quitensis*, *Opuntia soedestromiana*, *O. tunicata* y *O. pubescens*.

Las variables biofísicas que caracterizan este tipo de formación son las siguientes: Déficit hídrico de 5 a 25 mm, Altura Media 2.740,5 m, Pendiente 4°, Meses secos 7, Temperatura mínima anual 5°C, Temperatura máxima anual 18°C, Precipitación anual 575 mm, Potencial de Evapotranspiración 468 mm.

NORTE Y CENTRO DE LA CORDILLERA ORIENTAL

Bosque Siempreverde Piemontano (Bsvp)

En este tipo de formación ocurre un traslape de especies de tierras bajas y altas. Las especies arbóreas de tierras bajas no superan al promedio de altura como límite máximo de la formación, el dosel de los árboles al-



Media 1.049 m, Pendiente de 4°, Meses secos 1, Temperatura mínima anual 16°C, Temperatura máxima anual 26°C, Precipitación anual 3.393 mm, Potencial de Evapotranspiración 65 mm.

canza los 30 m de altura, y los estratos medio y bajo son muy densos. Especies de los géneros *Saurauia* (Actinidiaceae), *Hedyosmum* (Chloranthaceae), *Brunellia* (Brunelliaceae) y *Weinmannia* (Cunoniaceae) son menos abundantes, pero demuestran el carácter de ecotono de la zona (Palacios *et al.* 1999), lo que ayuda también en la determinación de la cota de altura de 800 m como límite del proyecto. *Iriartea deltoidea* es una especie de Costa Andes y amazonía presente en las provincias de Morona Santiago, Napo, Pastaza y Sucumbíos, en un rango altitudinal que varía entre 0 y 1.500 m (Jørgensen y León 1999).

Las características biofísicas de esta formación vegetal son Déficit hídrico de 5 a 25 mm, Altura

Bosque Siempreverde Montano Bajo (Bsvmb)



Las variables biofísicas que determinan este tipo de vegetación son: Déficit hídrico de 0 a 5 mm, Altura Media 1.572 m, Pendiente de 9,1°, Meses secos 1, Temperatura mínima anual 14°C, Temperatura máxima anual 25°C, Precipitación anual 2.418 mm, Potencial de Evapotranspiración 126 mm.

Estos bosques son similares en fisonomía a los occidentales, pero en el oriente ocupan más territorio. La mayoría de vegetación de tierras bajas desaparece y hay abundancia de epifitas. Como ejemplo se pueden mencionar los bosques existentes en la cordillera de los Guacamayos. Es posible que alternando espacio dentro de esta formación encontremos lagunas que presentan vegetación típica de herbazal lacustre montano bajo (no identificados debido a la escala) (Palacios *et al.* 1999). Las especies utilizadas para determinar este tipo de formación vegetal son *Cecropia andina* y *Morus insignis* especie que presenta un rango altitudinal que varía entre 1.000 y 3.000 m presente en las provincias de Azuay, Napo, Tungurahua (Jørgensen y León 1999).

Bosque de Neblina Montano (Bnm)



hacia, en un rango altitudinal que varía entre 1.000 y 3.000m (Jørgensen y León 1999).

Son formaciones boscosas que presentan abundante musgo y abundan epifitas como orquídeas, helechos y bromelias, sea en especies o individuos. Es el hábitat perfecto para los bambúes. Como localidades típicas de esta formación son los bosques que aún se encuentran cerca de Cuyuja y La Bonita (Palacios *et al.* 1999). Las especies utilizadas para determinar este tipo de formación vegetal son: *Anthurium penningtoni*, una especie nativa de la Costa, Andes y Amazonía, se encuentra en las provincias de Azuay, Morona Santiago, Napo, Pastaza, Sucumbíos, Tungurahua y /Zamora Chinchipe, en un rango altitudinal que varía entre 0 y 3.000 m., *Barnadesia parviflora* especie nativa de los Andes, se encuentra en las provincias de Napo Pichincha, Tungura-

Las variables biofísicas que determinan este tipo de vegetación son: Déficit hídrico de 0 a 5 mm, Altura Media 2.418 m, Pendiente de 15°, Meses secos 1, Temperatura mínima anual 9°C, Temperatura máxima anual 21°C, Precipitación anual 1.683 mm, Potencial de Evapotranspiración 279 mm.

Bosque Siempreverde Montano Alto (Bsvma)



Para esta formación debemos considerar los flancos occidentales y orientales de la Cordillera Oriental. Presenta mayor extensión en el flanco interno de la Cordillera e incluye la vegetación de transición entre el bosque y páramo. Es similar al de neblina en su fisonomía pero diferente en la presencia de musgo en el piso y la forma inclinada de los fustes en los árboles y ramificados desde su base. Presenta estas características por la fuerte pendiente en las que se desarrolla este tipo de formación (Valencia *et al.* 1999); en algunos casos forman rodales de una sola especie, como es el caso de *Polylepis* en Papallacta y Chalupas. Este tipo de formación se puede encontrar, por ejemplo, en Julio Andrade, Huaca, la vía Salcedo Tena. Las especies utilizadas para

determinar este tipo de formación vegetal son *Croton elegans*, una especie endémica de los Andes que se encuentra en las provincias de Imbabura, Pichincha y Tungurahua, en un rango altitudinal que varía entre 1.500 y 3.500 m; *Freziera verrucosa*, una especie nativa de los Andes y se encuentra en las provincias de Azuay, Cañar, Carchi, Imbabura, Loja, Napo, Pichincha, Tungurahua y Zamora Chinchipe, en un rango altitudinal que varía entre 1.000 y 3.500 m, y *Gynoxis chigualensis*, presente en la provincia de Sucumbíos en un rango altitudinal de 3.000 y 4.000 m (Jørgensen y León 1999).

Las variables biofísicas que determinan este tipo de vegetación son: Déficit hídrico de 25 a 50 mm, Altura Media 2.974 m, Pendiente de 12°, Meses secos 4, Temperatura mínima anual 6°C, Temperatura máxima anual 17°C, Precipitación anual 977 mm, Potencial de Evapotranspiración 270 mm.

Páramo Herbáceo (Ph)



Presentan similitudes con los páramos del occidente con la diferencia que los orientales presentan más humedad (Valencia *et al.* 1999), por lo que escurren abundante agua para las partes bajas. Son los lugares escogidos para las plantas de tratamiento y suministro de agua a las poblaciones. Este tipo de formación está dominada por hierbas en penacho, especialmente de los géneros *Calamagrostis* y *Festuca*, con pequeñas hierbas y algunos arbustos. Lugares donde se puede encontrar esta formación son páramos del Cayambe, páramos de Oyacachi, páramo de La Virgen, páramo de Chalupas y páramo de Pisayambo. Las especies utilizadas para determinar este tipo de formación vegetal son:

Chuquiraga jussieui, en un rango altitudinal que varía entre 2.500 y > 4.500 m; *Calamagrostis efusa*, presente en las provincias de Carchi, Imbabura, Napo, Sucumbíos, en un rango altitudinal que varía entre 3.000 y 4.500 m; *Huperzia talpiphila*, presente en las provincias de Azuay, Imbabura y Pichincha, en un rango altitudinal que varía entre 3.500 y 4.500 m, y *Valeriana rigida* presente en las provincias de Azuay, Cotopaxi, Imbabura, Loja, Napo, Pichincha en un rango altitudinal que varía entre 2.500 y 4.500m (Jørgensen y León 1999).

Las variables biofísicas que determinan este tipo de vegetación son: Déficit hídrico de 5 a 25 mm, Altura Media 3.757 m, Pendiente de 10°, Meses secos 2, Temperatura mínima anual 3°C, Temperatura máxima anual 12°C, Precipitación anual 1.015 mm, Potencial de Evapotranspiración 258 mm.

Páramo de Frailejones (Pf)

En esta formación vegetal es muy sobresaliente y frecuente el género *Espeletia*, que se encuentra en Venezuela, Colombia y norte del Ecuador, con una población biogeográficamente aberrante en Tungurahua (Valencia *et al.* 1999). Especie que en la cordillera Oriental presenta pequeños rodales en asociación con almohadillas y árboles del género *Polylepis*, con una predicción de presencia de la formación en el sur-centro del Parque Nacional Llanganates, identificándose para el presente estudio como especie indicadora a *Espeletia pycnophylla*, que fue utilizada para determinar este tipo de vegetación. *Espeletia pycnophylla*, una especie nativa de los Andes, se encuentra en las provincias de Carchi, Sucumbíos y Tungurahua, en un rango altitudinal que varía entre 3.000 y 4.500 m (Jørgensen y León 1999).

Las variables biofísicas que determinan este tipo de formación son las siguientes: Déficit hídrico de 0 a 5 mm, Altura Media 3.668 m, Pendiente de 6°, Meses secos 2, Temperatura mínima anual 5°C, Temperatura máxima anual 13°C, Precipitación anual 983 mm, Potencial de Evapotranspiración 805 mm.

Páramo Herbáceo y Almohadillas (Ph-Pal)



En este tipo de formación las hierbas en manojo son remplazadas por arbustos, hierbas y especialmente en la parte inferior, por almohadillas. Se puede evidenciar claramente la interacción de hierbas con almohadillas. Presentan abundante agua que se escurre y a la distancia puede confundirse con el páramo herbáceo. Esta formación es más característica al oriente de los páramos de la Cordillera Oriental, lugares como la planada en la Reserva Ecológica Cayambe-Coca y en la vía Salcedo-Tena son representativos de esta formación. Las especies utilizadas para determinar este tipo de formación vegetal son: *Chuquiraga jussieui*, *Azorella aretioides*, presente en las provincias de Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Tungurahua, Napo en un rango altitudinal

que varía entre 3.000 y 4.500 m; *Werneria nubigena*, presente en las provincias de Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Loja, Napo, Pichincha, Sucumbíos y Tungurahua, en un rango altitudinal que varía entre 3.000 y 4.500 m (Jørgensen y León 1999).

Las variables biofísicas que determinan este tipo de vegetación son: Déficit hídrico de 5 a 25 mm, Altura Media 3.636 m, Pendiente de 9,9°, Meses secos 2, Temperatura mínima anual 4°C, Temperatura máxima anual 13°C, Precipitación anual 956 mm, Potencial de Evapotranspiración 277 mm.

Superpáramo (Sp)



Este tipo de formación está representada por líquenes y musgos, siendo escasas las plantas superiores. Algunas crecen con geotropismo positivo. Se encuentra presente esta formación en la mayoría de nevados de la cordillera Oriental. Las especies utilizadas para determinar este tipo de formación vegetal son *Lecanora* sp., *Gyrophora* sp. y *Aciachne flagellifera*, esta última nativa de los Andes, que se encuentra en las provincias de Azuay, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Napo y Tungurahua, en un rango altitudinal que varía entre 3.500 y 4.500 m (Jørgensen y León 1999).

Las variables biofísicas que determinan este tipo de vegetación son: Déficit hídrico de 0 a 5 mm, Altura Media 4.361 m, Pendiente de 9°, Meses secos 1, Temperatura mínima anual 0,5°C, Temperatura máxima

anual 9°C, Precipitación anual 992 mm, Potencial de Evapotranspiración 53 mm.

Herbazal Lacustre Montano Alto (Hlma)



Es un tipo de formación que se encuentra en las lagunas andinas, las cuales presentan una flora característica pero, por su restringida distribución en las riberas de los lagos y lagunas, no es posible representarla en el mapa a escala 1:250.000.

Nival (Ni)



Este tipo de formación corresponde a las nieves perpetuas, donde ocasionalmente se pueden encontrar líquenes. Las características biofísicas de esta zona son: Déficit hídrico de 5 a 25 mm, Altura Media 4.976 m, Pendiente de 23°, Meses secos 1, Temperatura mínima anual 8°C, Temperatura máxima anual 10°C, Precipitación anual 871 mm, Potencial de Evapotranspiración 220 mm.

SUR DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL

Bosque siempreverde piemontano (Bsvp)



Se encuentra entre las provincias de El Oro y Azuay. Los árboles alcanzan hasta los 30 m de altura y poseen una gran concentración de epifitas y un sotobosque arbustivo y herbáceo abundante en las familias Araceae, Piperaceae, Orchidaceae y Gesneriaceae (Cerón *et al.* 1999). La especie característica de esta formación y que ha servido para determinar la formación vegetal al igual que para la zona norte y centro es *Iriarteia deltoidea*.

Las variables biofísicas presentes en este tipo de vegetación son: Déficit hídrico de 5 a 25 mm, Altura Media 1.182 m, Pendiente de 14°, Meses secos 8, Temperatura mínima anual 16°C, Temperatura máxima anual 26°C, Precipitación anual 757 mm, Potencial de Evapotranspiración 58 mm.

Bosque Semideciduo Montano Bajo (Bsdmb)

Este tipo de bosque se encuentra principalmente en una faja transicional entre los bosques húmedos y los bosques secos. En esta zona la presencia de especies de las zonas bajas como Bombacaceae y Myristicaceae disminuye, mientras que los musgos, helechos, orquídeas y bromelias empiezan aparecer conforme se avanza en altitud (Valencia *et al.* 1999). Este tipo de bosque se encuentra en el occidente de la provincia de Loja y en el sur de las provincias de El Oro y Azuay. Las especies características utilizadas en asociación para determinar este tipo de formación vegetal son: *Erythrina echimphila*, *Erythrina smithiana* y *Erythrina fusca*. *Erythrina smithiana*, una especie nativa de la Costa, se encuentra en las provincias de Bolívar, Carchi, El Oro, Guayas, Loja, Los Ríos, Manabí y Pichincha, en un rango altitudinal que varía entre 0 y 1.000 m. *Erythrina fusca*, una especie nativa de la Costa, se encuentra en las provincias de El Oro, Guayas, Los Ríos y Manabí entre 0 y 500 m (Jørgensen y León 1999).

Las características biofísicas de esta formación vegetal son: Déficit hídrico de 5 a 25 mm, Altura Media 1.160 m, Pendiente de 10°, Meses secos 7, Temperatura mínima anual 16°C, Temperatura máxima anual 28°C, Precipitación anual 939 m, Potencial de Evapotranspiración 177 mm.

Bosque de Neblina Montano (Bnm)



Es un bosque con abundante musgo en los árboles; la presencia de orquídeas, helechos y bromelias es numerosa, registrándose posiblemente la más alta diversidad. En esta zona es difícil separar el bosque de neblina del bosque montano alto y la ceja andina debido a que la cordillera es muy baja (3.000 m en Villonaco) y a la similitud en su biodiversidad (Valencia *et al.* 1999). Ejemplos de este tipo de bosque son Las Chinchas y Guachanamá en la provincia de Loja y la vía Paccha-Pasaje en El Oro. Algunas de las especies características que se pueden encontrar en este tipo de vegetación son *Oreopanax eriocephalus* y *Mauria simplicifolia*. En el presente estudio estas especies en asociación determinaron la formación vegetal. *Oreopanax eriocep-*

halus, una especie nativa de los Andes, se encuentra en las provincias de Azuay, Bolívar, Chimborazo, Cotopaxi y Loja, en un rango altitudinal que varía entre 2.000 y 3.000 m. *Mauria simplicifolia*, una especie nativa de los Andes, se encuentra en la provincia de Loja entre 1.000 y 2.500 m (Jørgensen y León 1999).

Las variables biofísicas que determinan este tipo de formación son: Déficit hídrico de 5 a 25 mm, Altura Media 1.921 m, Pendiente de 12°, Meses secos 6, Temperatura mínima anual 13°C, Temperatura máxima anual 24°C, Precipitación anual 814 mm, Potencial de Evapotranspiración 195 mm.

Páramo Herbáceo (Ph)



En el sur la cordillera no sobrepasa los 4.000 m; el punto más alto es Fierrohurco, con 3.788 m, de ahí que los paramos generalmente estén entre los 2.800 y 3.000 m (Valencia *et al.* 1999). El límite inferior de estos páramos es la ceja de montaña. Al igual que al norte, la especie característica que determinó este tipo de vegetación fue *Chuquiraga jussieui*.

Las variables biofísicas que determinan este tipo de formación en el presente estudio son: Déficit hídrico de 0 a 5 mm, Altura Media 2.813 m, Pendiente de 12°, Meses secos 5, Temperatura mínima anual 9°C, Temperatura máxima anual 17,5°C, Precipitación anual 666 m, Potencial de Evapotranspiración 112,75 mm.

Páramo Arbustivo (Pa)



Al occidente este tipo de vegetación es restringida, en algunos casos forma una franja entre el páramo herbáceo y la ceja de montaña, como por ejemplo en Chillanes. Las especies características que se utilizaron para determinar este tipo de vegetación son *Valeriana convallariodes* y *Azorella pedunculata*, las mismas que en asociación definieron los límites de la formación vegetal. *Valeriana convallariodes*, una especie nativa de los Andes, se encuentra en la provincia de Loja, en un rango altitudinal que varía entre 2.000 y 4.000 m. *Azorella pedunculata*, una especie nativa de los Andes, se encuentra en las provincias de Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Morona Santiago, Napo, Pichincha y Tungurahua entre 2.000 y >4.500 m (Jørgensen y León 1999).

Las variables biofísicas que determinan esta vegetación son: Déficit hídrico de 0 a 5 mm, Altura Media 2.849 m, Pendiente de 11°, Meses secos 4, Temperatura mínima anual 9°C, Temperatura máxima anual 18°C, Precipitación anual 747 mm, Potencial de Evapotranspiración 102 mm.

SUR DE LOS VALLES INTERANDINOS

Matorral Húmedo Montano (Mhm)



Esta formación es similar a la del norte, pero menos húmeda y con una composición florística diferente. Este tipo de vegetación puede variar de una localidad a otra de acuerdo al grado de precipitación y calidad del suelo (Valencia *et al.* 1999). Los remanentes de vegetación esta relegada hacia sitios con fuertes pendientes y poco accesibles. Un ejemplo de este tipo de vegetación es el valle de Loja y Cuenca que, a diferencia de lo que ocurre en el norte, presenta especies de tierras bajas junto con especies andinas. Las especies características que determinaron en asociación y en base al modelamiento este tipo de formación vegetal son: *Ilex rupicola*, *Ocotea rotundata* e *Oreocalis grandiflora*. *Ilex rupicola*,

una especie nativa de los Andes, se encuentra en las provincias de Azuay, Loja, Tungurahua y Zamora, en un rango altitudinal que varía entre 2.500 y 3.500 m. *Ocotea rotundata*, una especie endémica de los Andes, se encuentra en las provincias de Loja y Zamora entre 2.500 y 3.500 m. *Oreocalis grandiflora*, una especie nativa de los Andes, se encuentra en las provincias de Azuay, Guayas, Loja y Zamora, entre 1.000 y 4.000 m (Jørgensen y León 1999).

Las características biofísicas de esta formación vegetal son: Déficit hídrico de 5 a 15 mm, Altura Media 2.589 m, Pendiente de 8°, Meses secos 6, Temperatura mínima anual 9°C, Temperatura máxima anual 19°C, Precipitación anual 782 mm, Potencial de Evapotranspiración 158 mm.

Matorral Seco Montano (Msm)

Se encuentra en los valles secos; los árboles son pequeños (3-5 m), dispersos, sinuosos y en forma aparasolada. Una de las especies típicas de esta zona es del género *Acacia*. A las riberas de los ríos que atraviesan estos valles se concentra la agricultura así como también la vegetación, siendo ésta más abundante. Un ejemplo de este tipo de vegetación se encuentra en los valles de Catamayo, Malacatos, Vilcabamba y Yangana.



Una de las especies característica de este tipo de vegetación es *Dodonaea viscosa*, la misma que determinó la formación vegetal.

Las características biofísicas de esta formación vegetal son: Déficit hídrico de 5 a 25 mm, Altura Media 2.319 m, Pendiente de 13°, Meses secos 9. Temperatura mínima anual 11°C, Temperatura máxima anual 22°C, Precipitación anual 654 mm, Potencial de Evapotranspiración 153 mm.

SUR DE LA CORDILLERA ORIENTAL

Bosque Siempreverde Montano Bajo (Bsvmb)



Este tipo de bosque se caracteriza por la alta presencia de árboles del género *Podocarpus* que alcanzan los 30 m de altura y 1 m de DAP, característica que permite diferenciar este tipo de la contraparte del norte. Además, en esta franja el sotobosque está dominado por varias especies del género *Chusquea*. Las especies características de las zonas bajas desaparecen y las epifitas se vuelven más abundantes (Palacios *et al.* 1999). Las especies utilizadas para determinar este tipo de formación vegetal son: *Cecropia montana* especie nativa de Andes y Amazonía presente en las provincias de Morona Santiago y Zamora Chinchipe en un rango altitudinal que varía entre 500 y 1.500 m, *Miconia cosangensis* nativa de los Andes presente en las provincias de Napo y Zamora Chinchipe en un rango altitudinal que varía entre 1.500 y 2.500 m (Jørgensen y León 1999).

Las características biofísicas de esta formación vegetal son: Déficit hídrico de 5 a 25 mm, Altura Media 1.309 m, Pendiente de 9°, Meses secos 1, Temperatura mínima anual 15°C, Temperatura máxima anual 26°C, Precipitación anual 1.774 mm, Potencial de Evapotranspiración 207 mm.

Las características biofísicas de esta formación vegetal son: Déficit hídrico de 5 a 25 mm, Altura Media 1.309 m, Pendiente de 9°, Meses secos 1, Temperatura mínima anual 15°C, Temperatura máxima anual 26°C, Precipitación anual 1.774 mm, Potencial de Evapotranspiración 207 mm.

Bosque de Neblina Montano (Bnm)



Al igual que el bosque de neblina de la cordillera occidental, este tipo de bosque se caracteriza por la alta presencia de musgo, orquídeas, helechos y bromelias, siendo el lugar donde probablemente mayor abundancia y diversidad existen (Palacios *et al.* 1999), como una localidad tipo se puede mencionar los bosques presentes en la carretera que conduce de Cuenca a Gualaquiza por la población de Chiguinda, y en la carretera que conduce de Zumba hacia Jimbura, 2 kilómetros adelante de la población de San Andrés. Las especies utilizadas para determinar este tipo de formación vege-

tal son: *Hedyosmum translucidum*, especie nativa de los Andes presente en las provincias de Azuay, Carchi, Loja, Morona Santiago, Zamora Chinchipe en un rango altitudinal que varía entre 1.500 y 3.500 m, y *Huperzia loxensis*, especie endémica de los Andes presente en las provincias de Loja y Zamora en un rango altitudinal que varía entre 2.000 y 3.500 m (Jørgensen y León 1999).

Los rangos biofísicos donde típicamente se encuentra este tipo de vegetación son: Déficit hídrico de 25 a 50 mm, Altura Media 2.428 m, Pendiente de 15°, Meses secos 2, Temperatura mínima anual 10°C, Temperatura máxima anual 21°C, Precipitación anual 1.077 m, Potencial de Evapotranspiración 217 mm.

Bosque Siempreverde Montano Alto (Bsvma)



Este bosque es similar al bosque de neblina en cuanto a la presencia de musgos y epifitas; se diferencia por la cantidad de musgo presente en el suelo y por la forma de crecimiento de los árboles, los que se ramifican desde la base y tienden a crecer en forma inclinada influenciados por las características físicas y ambientales de esta zona. Este tipo de bosque incluye el bosque de ceja de montaña o bosque de transición entre el bosque montano alto y el páramo (Valencia *et al.* 1999). Este Tipo de formación vegetal es muy difícil de identificar pues ocupan espacios muy cortos en la transición al páramo, muy similar a su correspondiente del Norte y Centro de la cordillera en fisonomía pero diferente en su composición florística, en el recorrido de campo se

pudo apreciar con claridad en la carretera que conduce a los páramos de Jimbura al subir de Zumba por el carretero de San Andrés, a unos 15 kilómetros aproximadamente. Las especies utilizadas para determinar este tipo de formación vegetal son: *Brachyotum andreanum* es una especie nativa de los Andes presente en las provincias de Azuay El Oro, Loja, Morona Santiago, en un rango altitudinal que varía entre 2.500 y 4.500 m, y *Symplocos fuscata* es una especie endémica de los Andes presente en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, en un rango altitudinal que varía entre 2.500 y 3.500 m (Jørgensen y León 1999).

Las variables biofísicas que caracterizan este tipo de vegetación son las siguientes: Déficit hídrico de 5 a 25 mm, Altura Media 1.056 m, Pendiente de 8°, Meses secos 1, Temperatura mínima anual 17°C, Temperatura máxima anual 27°C, Precipitación anual 2.138 m, Potencial de Evapotranspiración 56 mm.

Matorral Húmedo Montano Bajo (Mhmb)



Este matorral se encuentra en las cumbres de las colinas orientales o amazónicas y al pie de la cordillera oriental propiamente dicha, sobre calizas y en pendientes abruptas que no han permitido la formación de valles y por ende estribaciones. La vegetación de este tipo está cargada de epifitas (Palacios *et al.* 1999), con entrecruzamiento de las ramas aparentando un estrato bajo. La localidad de Pachicutza, en las riberas del río Nangaritzza, presenta colinas y en sus cumbres se aprecia este tipo de formación vegetal.

Las especies utilizadas para determinar este tipo de formación vegetal son: *Saurauia crassisepala*, una especie endémica de los Andes y Amazonía presente en las provincias de Napo y Zamora Chinchipe en un rango altitudinal que varía entre 500 y 1.000-1.500 y 2.000 m, sugiriéndose la asociación con *Guzmania asplundii*, especie endémica de los Andes y Amazonía presente en las provincias de Morona Santiago, Napo, Pas-

taza, Zamora Chinchipe en un rango altitudinal que varía entre 500 y 1.500 m, y *Thibaudia harlingii*, especie endémica de los Andes presente en la provincia de Zamora Chinchipe en un rango altitudinal que varía entre 1.500 y 2.000 m (Jørgensen y León 1999).

Las características biofísicas de este tipo de bosque son: Déficit hídrico de 0 a 5 mm, Altura Media 1.670 m, Pendiente de 10°, Meses secos 0, Temperatura mínima anual 13°C, Temperatura máxima anual 25°C, Precipitación anual 1.662 m, Potencial de Evapotranspiración 205 mm.

Páramo Herbáceo (Ph)



Este tipo de vegetación generalmente se encuentra en las partes muy altas y está dominada por especies de *Stipa* y *Calamagrostis*. El límite inferior de estos páramos es el páramo arbustivo o la ceja de montaña, aunque también es muy frecuente encontrarlo en mosaico con el páramo arbustivo. Esta formación es evidente en los páramos de Jimbura. Las especies utilizadas para determinar este tipo de formación vegetal son: *Chuquiraga jussieui* y *Valeriana convallariodes*.

Las variables biofísicas que determinan este tipo de formación en el presente estudio son: Déficit hídrico de 25 a 50 mm, Altura Media 3.356 m, Pendiente de 11°, Meses secos 3, Temperatura mínima anual 7°C, Temperatura máxima anual 17°C, Precipitación anual 908 m, Potencial de Evapotranspiración 127 mm.

Páramo Arbustivo (Pa)



Este tipo de vegetación esta conformado por arbustos y paja; la paja es remplazada por arbustos, hierbas de varios tipos, plantas en roseta y, en las partes más húmedas por almohadillas; se localiza en las zonas bajas de los páramos y quebradas en Jimbura y Amaluza. Además, se pueden encontrar pequeños árboles de los géneros *Escallonia*, *Polylepis* y *Gynoxis*. Las especies utilizadas para determinar este tipo de formación vegetal son *Valeriana convallariodes*, las mismas que en asociación definieron los límites de la formación vegetal. *Valeriana convallariodes*, una especie nativa de los Andes, se encuentra en la provincia de Loja, en un rango altitudinal que varía entre 2.000 y 4.000 m. *Azorella pedunculata*, una especie nativa de los Andes, se encuentra en las provincias

de Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Morona Santiago, Napo, Pichincha y Tungurahua entre 2.000 y >4.500 m (Jørgensen y León 1999).

Además, en este tipo de formación en las partes más altas se encuentra páramo herbáceo, el cual fue determinado por la presencia de *Chuquiraga jussieui*.

Las características biofísicas de este tipo de vegetación son: Déficit hídrico de 50 a 100 mm, Altura Media 3.060 m, Pendiente de 9°, Meses secos 5, Temperatura mínima anual 8°C, Temperatura máxima anual 17°C, Precipitación anual 811 m, Potencial de Evapotranspiración 142 mm.

Herbazal Lacustre Montano (Hlm)

Es un tipo de formación que se encuentra en los lagos y lagunas; éstas presentan una flora característica, pero por su restringida distribución en las riberas de los lagos y lagunas no es posible representarla en el mapa a la escala 1:250.000. Sin embargo, esta formación vegetal puede ser representada a escalas con mayor

detalle y de igual forma determinada con base en la interpretación en imágenes satelitales o en modelamientos si se cuenta con registros georeferenciados de las especies características de estas zonas.

Vegetación Remanente de los Andes del Ecuador

A continuación se detallan las áreas y formaciones correspondientes a la vegetación potencial, vegetación intervenida y vegetación remanente. Es importante destacar que en la Tabla 6 se describen las zonas remanentes e intervenidas de acuerdo a cada formación vegetal y por regiones.

Tabla 6. Vegetación Potencial y Remanente de los Andes del Ecuador

N	FORMACIÓN VEGETAL	COD.	NOCC	NOR	SOCC	SOR	Potencial (Ha)	Potencial (%)	Remanente (Ha)	Remanencia (%)	Intervención (%)
1	BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO	Bsvp	X	X	X	X	1'358.506,9	100	633.718,9	46,65	53,35
2	BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO BAJO	Bsvmb	X	X		X	2'531.280,4	100	1'464.677,2	57,86	42,14
3	BOSQUE DE NEBLINA MONTANO	Bnm	X	X	X	X	1'584.928,8	100	924.732,1	58,35	41,65
4	BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO ALTO	Bsvma	X	X	X	X	894.101,0	100	575.632,8	64,38	35,62
5	BOSQUE SEMIDECIDUO MONTANO BAJO	Bsdmb			X		577.814,1	100	400.872,7	69,38	30,62
6	MATORRAL HÚMEDO MONTANO	Mhm	X	X	X	X	567.842,3	100	124.289,1	21,89	78,11
7	MATORRAL HÚMEDO MONTANO BAJO	Mhmb		X		X	170.664,7	100	42.742,8	25,04	74,96
8	MATORRAL SECO MONTANO	Msm	X	X	X	X	457.453,1	100	229.886,0	50,25	49,75
9	MATORRAL SECO MONTANO BAJO	Msmb	X				49.910,5	100	24.241,0	48,57	51,43
10	MATORRAL SECO MONTANO CON ESPINAR SECO MONTANO	Msm-Esm	X	X			31.075,9	100	4.756,5	15,31	84,69
11	ESPINAR SECO MONTANO	Esm	X				7.331,1	100	1.040,2	14,19	85,81
12	PÁRAMO DE FRAILEJONES	Pf	X	X			58.790,1	100	47.724,5	81,18	18,82
13	PÁRAMO HERBACEO	Ph	X	X	X	X	1'537.102,8	100	1'081.598,9	70,37	29,63
14	PÁRAMO HERBACEO Y ALMOHADILLAS	Pb-Pal		X			398.156,3	100	250.856,2	63,00	37,00
15	PÁRAMO SECO	Px	X				154.501,9	100	65.617,7	42,47	57,53
16	PÁRAMO ARBUSTIVO	Pa			X	X	232.800,5	100	134.356,3	57,71	42,29
17	SUPERPÁRAMO	Sp	X	X			20.109,0	100	20.109,0	100,00	0,00
18	NIVAL	Ni	X	X			11.470,7	100	11.470,7	100,00	0,00
19	CUERPOS DE AGUA	Ca	X	X		X	20.932,3	100	20.932,3	100,00	0,00
TOTAL							10'664.772,4	100	6'059.254,9	56,82	43,18

Bajo la ilustración de la tabla anterior podemos concluir que en total existe una remanencia de aproximadamente 6'059.254,90 Ha correspondientes al 56.82% del área de estudio. A nivel general se puede observar que la mayor remanencia se la registra para diferentes formaciones vegetales como son: Páramo de Frailejones, (81.18%), Páramo herbáceo (70.37%), Bosque semidecíduo montano bajo (69.38%), Bosque siempreverde montano alto (64.38%), Páramo herbáceo y almohadillas (63.00%), Matorral húmedo montano bajo (25.04%), Bosque de Neblina montano (58.35%), Bosque siempreverde montano bajo (57.86%) y Matorral seco montano (50.25 %). Las demás formaciones vegetales como: Bosque siempreverde piemontano, Matorral húmedo montano, Matorral seco montano bajo, Matorral seco con espinar seco montano, Espinar seco montano, Páramo seco y Páramo arbustivo han perdido aproximadamente más del 50% de su remanencia. Siendo los más afectados los matorrales y los espinares que se han perdido por las actividades antrópicas, especialmente en la zona de los valles interandinos. Cabe destacar que del total de áreas intervenidas correspondientes al 4'605.517,45 ha aproximadamente. De este total, 3'558312.07 ha corresponden a áreas que han sido completamente devastadas o que no presentan ninguna clase de remanente natural respecto a cada formación vegetal. Por lo tanto, la diferencia entre esta dos superficies correspondiente a 1'047.205,37 ha, nos muestran la vegetación intervenida pro que aún presentan vegetación remanente considerable y que pueden ser áreas enfocadas al manejo y la protección.

Vegetación Remanente Referencial

Con la finalidad de hacer una comparación de cambios referentes a vegetación remanente y áreas intervenidas generados a partir del año 1999 hasta el año 2003, a continuación presentamos una tabla que refleja los cambios producidos a nivel general. Cabe recalcar que para poder hacer la comparación con el mapa de Sierra (1999), se realizó un corte previo en base al área de estudio prevista para el presente proyecto, es decir, el área geográfica común comprende una superficie de aproximada de 10'664.772,36 ha (Tabla7).

Tabla 7. Cambios 1999-2003

Año	1999 (ha)	2003 (ha)	Cambio (ha)	%
Vegetación Remanente Natural	6'629.807,1	6'059.254,9	570.552,2	8,6
Áreas Intervenidas	4'501.154,6	4'605.517,5	104.362,9	2,3

De la tabla podemos observar que la vegetación natural tuvo un decremento en alrededor 570.552,2 ha respecto al área total existente en año 1999, es decir disminuyó en un porcentaje aproximado del 8.6%. Mientras tanto, las áreas intervenidas aumentaron en 104.362,9 ha es decir un 2.3% aproximadamente.

Adicionalmente a esto se describe la remanencia de cobertura vegetal natural comprendida entre los rangos Altitudinales de: 400/800 m hasta los 1.300 m, 1.300 m hasta los 1.800 m y aquella cobertura sobre los 1.800 m (Tabla 8).

Tabla 8. Vegetación Remanente por Rango Altitudinal

VEGETACIÓN REMANENTE ENTRE 400/800 – 1.300 M

Descripción	COD.	Ha	%
Bosque de neblina montano	Bum	6.383,19	0,40
Bosque semidecíduo montano bajo	Bsdmb	268.891,85	46,54
Bosque siempreverde montano bajo	Bsvmb	401.539,30	15,86
Bosque siempreverde piemontano	Bsvp	550.766,96	40,54
Matorral húmedo montano bajo	Mhmb	13.211,04	7,74
Matorral seco montano	Msm	44.105,30	9,64
Matorral seco montano bajo	Msmb	2.605,28	5,22
Total		1'287.502,92	12,07

VEGETACIÓN REMANENTE ENTRE 1.300 – 1.800 M

Descripción	COD.	Ha	%
Bosque de neblina montano	Bnm	107.814,39	6,80
Bosque semidecídúo montano bajo	Bsdmb	101.620,69	17,59
Bosque siempreverde montano alto	Bsvma	2.100,82	0,00
Bosque siempreverde montano bajo	Bsvmb	612.407,69	24,19
Bosque siempreverde piemontano	Bsvp	70.220,67	5,17
Espinar seco montano	Esm	679,91	9,27
Matorral húmedo montano	Mhm	209,91	0,04
Matorral húmedo montano bajo	Mhmb	11.594,86	6,79
Matorral seco montano	Msm	66.152,94	14,46
Matorral seco montano bajo	Msmb	8.944,01	17,92
Matorral seco montano con espinar seco montano	Msm-Esm	863,53	2,78
Páramo herbáceo	Ph	850,74	0,06
Total		983.460,15	9,22

VEGETACIÓN REMANENTE MAYOR > 1.800 M

Descripción	COD.	Ha	%
Bosque de neblina montano	Bnm	810.534,52	51,14
Bosque semidecídúo montano bajo	Bsdmb	30.360,15	5,25
Bosque siempreverde montano alto	Bsvma	573.531,97	64,15
Bosque siempreverde montano bajo	Bsvmb	450.730,17	17,81
Bosque siempreverde piemontano	Bsvp	12.731,31	0,94
Espinar seco montano	Esm	360,34	4,92
Matorral húmedo montano	Mhm	124.079,18	21,85
Matorral húmedo montano bajo	Mhmb	17.936,93	10,51
Matorral seco montano	Msm	119.627,72	26,15
Matorral seco montano bajo	Msmb	12.691,66	25,45
Matorral seco montano con espinar seco montano	Msm-Esm	3893,02	12,53
Páramo arbustivo	Pa	134.356,31	57,71
Páramo de frailejones	Pf	42.724,52	81,18
Páramo herbáceo	Ph	1'080.748,20	70,31
Páramo herbáceo y almohadillas	Ph-Pa	250.856,19	63,00
Páramo seco	Ps	65.617,70	42,47
Superpáramo	Sp	20.108,99	100
Total		3'755.888,86	35,22

Tabla 9. Vegetación remanente total por rango altitudinal total

RANGO ALT. (M)	REMANENCIA (ha)	%	INTERVENCIÓN (ha)	%
400/800 - 1300	1'287.502,92	12,1	1'491.153,7	14,0
1300-1800	983.460,15	9,2	688.577,3	6,5
> 1800	3'755.888,86	35,2	2'425.786,4	22,7
Cuerpos de Agua	20.932,31	0,2		
Nival	11.470,66	0,1		
TOTAL	6'059.254,90	56,8	4605517,4	43,2

De acuerdo con la tabla anterior, es claro que los remanentes de vegetación están presentes en mayor proporción sobre los 1.800 m. La superficie aproximada es de de 3'755.888,86 ha correspondientes al 35,21% aproximadamente del área total de estudio. Luego el rango altitudinal entre los 400/800 – 1.300 m es el segundo rango con mayor vegetación remanente 1'287.502,92 ha correspondientes al 12,1% aproximadamente. De igual manera, las áreas mas intervenidas corresponden a los rangos anteriormente especificados con 2'425.786,4 ha y 1'491.153,7 ha respectivamente y que corresponden al 22,7% y 14,0% respectivamente. Finalmente, entre 1.300 y 1.800 m, la remanencia de vegetación natural corresponde a 983.460,15 ha, es decir 9,2% del área total, y 688.577,3 ha de áreas con intervención correspondientes al 6,5%.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El mapa potencial, al ser el resultado de modelos predictivos, no necesariamente es comparable con otros mapas que se hayan realizado utilizando otras metodologías ya que generalmente éstas se restringen a la delimitación de las formaciones bajo la incorporación de variables altitudinales, uso e interpretación de imágenes de satélite.
- Al utilizar modelos predictivos se pueden establecer los límites originales aproximados de distribución de las especies y por tanto de las formaciones vegetales. Además, los modelos permiten tener una aproximación de la evolución de la distribución de la especie a futuro
- El uso de información proveniente de herbarios, instituciones y organizaciones es esencial para la generación de modelos predictivos, previas revisión, selección y estandarización de la información.
- El uso de GARP como herramienta para el modelamiento de la distribución de especies sin duda ha constituido la base para la generación del mapa potencial y el mapa remanente de formaciones vegetales.
- Debe quedar claro que las variables biofísicas son esenciales para la determinación de formaciones vegetales. La adecuada selección de las variables biofísicas es clave para poder generar buenos modelos de distribución conforme a la realidad de cada región.
- El modelamiento de una sola especie indicadora no refleja necesariamente la formación vegetal pero sí el uso y combinación de dos especies o más.
- Luego de realizadas las validaciones técnicas respectivas se puede decir que el mapa generado posee una exactitud confiable. En el área de estudio aproximadamente el 85% de área del mapa potencial coincide con el área del mapa de vegetación remanente. La proporción de área restante se ajustó con base en la información de campo y su reinterpretación.
- De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede concluir que deben establecerse políticas y planes de manejo ambiental para poder conservar la vegetación remanente, especialmente en la Región Oriental y sobre los 1.800 m, sin dejar de lado las demás regiones que poseen también vegetación remanente considerable.
- Al ser este un mapa que no depende exclusivamente de la variable altitudinal para determinar las formaciones vegetales, no se establecen rangos como parámetros de distribución específicos para cada formación. Se describe un promedio altitudinal donde la probabilidad de encontrar una formación tipo es mayor.

ANEXO 1: Conceptos y Definiciones

Biodiversidad

La variabilidad entre los organismos vivos de todas las fuentes incluyendo, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos, y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los cuales forman parte. La diversidad existe en todo nivel, tanto dentro de las especies como entre ellas, según se evidencia por la variación genética dentro de las poblaciones y por la variedad de ecosistemas.

Bosque

Formación natural dominada por árboles y arbustos, caracterizada muchas veces en los trópicos por tener muchas especies pero pocos individuos por especie; presenta estratificación vertical por influencia de la luz.

Bosque decíduo

Generalmente en los trópicos este tipo de bosque ocurre en regiones con estaciones secas que duran entre siete y nueve meses al año (FAO 1992 citado por Sierra 1999). En el Ecuador este tipo de bosque se encuentra en las tierras bajas de la costa donde la precipitación anual fluctúa entre 800 y 1.200 mm y la estación seca es de siete meses. El bosque decíduo tiene un dosel relativamente cerrado y casi hay ausencia de gramináceas predominan en la región en suelos rocosos y poco profundos en los cerros. Generalmente a todos los árboles y al estrato medio arbóreo se les caen las hojas durante la larga estación seca, quedando únicamente árboles de *Ficus* con hojas gruesas y coriáceas que con frecuencia se encuentran cerca de las corrientes de agua. El árbol más representativo de este tipo de bosque es el *Ceiba trichistandra*, *Eriotheca ruizii*, *Pseudobombax guayasense* de las Bombacaceae, que se encuentra desde el norte de Manabí hasta Loja (Neill 1999 citado por Sierra 1999).

Bosque primario

Bosque que no ha sido modificado por el ser humano y que por lo tanto mantiene especies y estructuras originales (INEFAN-GEF 1998); también se los llama bosques vírgenes o clímax.

Bosque secundario

Bosque que ha recibido intervención y se halla en proceso de recuperación o sucesión. En él habitan especies colonizadoras junto con algunas especies que formaron parte del bosque original (INEFAN-GEF 1998). El concepto de bosque secundario abarca todos los estadios de una sucesión, desde el bosque inicial, que se forma en una superficie abierta natural o antropogénica, hasta su fin, excluyendo el estadio de bosque primario. En la práctica se entiende como bosque secundario sobre todo los estadios tempranos de desarrollo, que son fáciles de reconocer; los bosques secundarios viejos son generalmente difíciles de distinguir de un bosque primario original. La opinión generalizada de que los bosques secundarios son menos naturales que los primarios es incorrecta cuando las causas de su origen no son antropogénicas y la sucesión ocurre sin perturbaciones. En tal caso, la expresión “bosque natural secundario” es la correcta (Lamprecht 1990).

Bosque semidecíduo

Este tipo de vegetación tiene una precipitación anual que fluctúa entre 1.500 y 2.500 mm, con una estación seca de tres meses; es, por lo tanto, intermedio en la gradiente de humedad entre el bosque decíduo que crece en el suroeste del Ecuador y los bosques húmedos de tierras bajas en el noroeste. Las hojas de algunos de los árboles del dosel caen durante la estación seca mientras que otros las retienen (Jørgensen y León 1999).

Caducifolia

Vegetación que al aproximarse la estación seca o fría (desfavorable) pierde las hojas (INEFAN-GEF 1998).

Distribución vegetal

Espacio físico de tierra en el que puede desarrollarse una especie de planta, sometida a la influencia del clima, tierra, pendiente, y muchas otras variables.

Ecosistema

Unidad funcional básica en el estudio de la ecología, que incluye la totalidad de los organismos de un área determinada que actúan recíprocamente con el medio físico (INEFAN-GEF 1998).

Endémico

Animal o planta que habita exclusivamente en una determinada región, área o país (INEFAN-GEF 1998).

Erosión

Proceso geológico relacionado al desgaste y la movilización de los materiales que forman la tierra; se compone de dos fases: la meteorización, donde se destruyen, y el transporte, por el cual se depositan los materiales erosionados. Siendo un proceso natural, éste se ve potenciado por ciertas acciones humanas que lo aceleran y agravan, como la remoción de la cubierta vegetal.

Especie indicadora

Una especie indicadora es utilizada como monitor de las condiciones ambientales del sitio o para describir la formación típica a la que representa. Ejemplos: los equisetos indican suelos saturados de agua con alto contenido de sílice, las cecropias o guarumos indican crecimiento secundario, los mangles indican condiciones estuarinas, etc. (Sarmiento 1974). Una especie es indicadora cuando la frecuencia de la especie es mayoritaria en una formación vegetal.

Espinar

Corresponde generalmente a vegetación xerofítica caracterizada por una alta presencia o dominancia de plantas armadas (con espinas). Familias importantes son Cactaceae, Fabaceae, Mimosaceae y Achatocarpaceae.

Estribaciones

Son las áreas comprendidas en los flancos internos y externos de las cordilleras oriental y occidental de los Andes (INEFAN-GEF 1998).

Formación de neblina

Son formaciones principalmente boscosas de zonas cubiertas constantemente por neblinas y lluvias orográficas (Huber y Alarcón 1988 citado por Sierra 1999). Ocurren generalmente en los flancos de las cordilleras, incluyendo cordilleras bajas de la Costa y la Amazonía, y son similares a los bosques húmedos, pero los troncos y ramas están generalmente cubiertos de musgos, helechos y otras epifitas; en general hay una gran diversidad de helechos.

Formación herbácea

Se consideran herbáceas las formaciones dominadas por hierbas (plantas sin crecimiento secundario, es decir, lo contrario a arbustos y árboles), usualmente en penacho (manejo). Los grupos de hierbas pueden estar entremezclados con pequeños arbustos.

Formación húmeda

Se consideran húmedas las formaciones que ocurren en zonas con abundancia y hasta exceso de agua la mayor parte del año (Huber y Alarcón 1988 citado por Sierra 1999). La vegetación húmeda es densa, sea en bosque o en páramo. El dosel de los bosques de estas formaciones varía en altura pero es generalmente cerrado. Un porcentaje menor (es decir, menos del 25%) de individuos puede ser estacionalmente o facultativamente deciduo. Son generalmente abundantes en palmas, bejucos y lianas, en especial en tierras bajas. La diversidad de las epifitas es mayor que en los bosques secos. En los páramos húmedos se encuentran almohadillas, plantas arrosietadas (*Puya*, *Espeletia*), licopodios y briofitas.

Formación seca

Se consideran secas las formaciones que ocurren en regiones donde la evapotranspiración potencial es mayor que la precipitación real (Koppen 1936, Walter y Breckle 1985 citados por Sierra 1999), lo que resulta en un déficit hídrico durante parte del año o todo el año. En la época seca hay generalmente ausencia de un

estrato inferior denso (esto es, el suelo está despejado). La diversidad de helechos es reducida y, si están presentes, usualmente dominan pocas especies.

Formación vegetal

Agrupación de asociaciones vegetales que deben su fisonomía particular a la dominancia de uno o más tipos de formas de vida. Aunque es una noción importante, no es posible utilizar la formación como unidad de base en el estudio de la fotocenosis, ya que al no hacer referencia alguna a la taxonomía, no es demasiado precisa y tampoco tiene en cuenta los datos históricos de formación de la tierra. Inversamente, los datos climáticos podrán utilizarse para delimitar las principales formaciones vegetales de una región.

Género

Reunión de especies que comparten similares características. El género corresponde a la primera parte del nombre científico. Ejemplo: *Alnus* es el género al que pertenecen el aliso común en los bosques andinos ecuatorianos (*Alnus acuminata*) y sus parientes cercanos, como el aliso negro (*Alnus glutinosa*), común en España.

Hábitat

Lugar donde viven una o varias especies (INEFAN-GEF 1998). Lugar que ocupa el organismo o la población. Es la suma total de las condiciones ambientales características de un sitio específico ocupado y adecuado a las demandas de la población (Sarmiento 1974).

Herbazal

Formación herbácea formada por hierbas no gramínoideas asociada típicamente a pantanos o zonas costeras (Huber y Alarcón 1988 citado por Sierra 1999). En el Ecuador se encuentran principalmente alrededor de lagunas o en zonas de inundación de ríos.

Matorral

Formación dominada por plantas leñosas, generalmente ramificadas desde abajo (arbustos), de más de 0,5 y menos de 5 metros de altura (Box 1981, FAO 1973 citados por Sierra 1999). La vegetación puede ser densa y entrelazada o dispersa con un estrato bajo de gramíneas. Puede ser siempreverde o semidecídua dependiendo del régimen hídrico.

Montano

Ésta es la formación andina típica, tanto estructural como florísticamente. El ambiente físico es notablemente diferente, con temperaturas promedio menores que en las partes bajas y una constante condensación de niebla. Se encuentra sobre la faja montana baja, en un rango altitudinal aproximado que va desde los 1.800 a los 3.000 m en el norte de las estribaciones occidentales de los Andes y de 1.500 a 2.900 m en el sur. En las estribaciones orientales y en las cordilleras amazónicas, va desde los 2.000 a los 2.900 m en el norte y de los 1.800 a los 2.800 m en el sur.

Montano alto

Corresponde a la franja final de la vegetación no herbácea. Su límite coincide con la distribución inferior de los páramos. Se encuentra sobre la faja montana, en un rango altitudinal aproximado que va desde los 3.000 a 3.400 m en el norte de las estribaciones occidentales de los Andes, de 2.900 a 3.300 m en el sur.

Montano bajo

Es una formación andina donde la mayoría de los géneros y familias típicos de las tierras bajas desaparece. Se encuentra sobre la faja piemontana, en un rango altitudinal aproximado que va desde los 1.300 a 1.800 m en el norte y de 1.100 a 1.500 m en el sur de las estribaciones occidentales de los Andes. En las estribaciones orientales y en las cordilleras amazónicas esta franja va desde los 1.300 hasta los 2.000 m en el norte y los 1.800 m en el sur.

Nativo

Se refiere a las plantas y animales que son originales en un área o de un área determinada (INEFAN-GEF 1998).

Nicho ecológico

El nicho ecológico de las especies puede definirse como la conjunción de condiciones ecológicas dentro de cuyos límites es posible mantener las poblaciones (MacArthur 1972).

Nombre científico

Está constituido por dos partes; la primera es el género, escrita la primera letra con mayúscula, y la segunda es el epíteto de la especie, escrito todo con minúsculas. Todo el nombre científico debe ir en un tipo de letra diferente al del resto del texto normal (como en *itálicas* o subrayado). El nombre científico permite identificar universalmente a los seres vivos dentro de un sistema taxonómico jerárquico. Ejemplos: *Homo sapiens* (el ser humano), *Alnus acuminata* (el aliso).

Páramo

Es una formación ecológica que en el Ecuador se extiende aproximadamente entre los 3.200 y los 4.500 m. Constituye una región fría con grandes variaciones diarias de temperatura (INEFAN-GEF 1998). El páramo es un ecosistema tropical altoandino que se extiende en los Andes septentrionales, entre el actual o potencial límite superior de bosque andino cerrado y la línea de nieve perpetua, caracterizado por una vegetación dominante no arbórea, alta irradiación ultravioleta, bajas temperaturas y alta humedad. Para efectos prácticos, en el Ecuador se considera a los páramos como el área que está sobre la cota de los 3.500 metros al norte del paralelo 3 de latitud sur y sobre los 3.000 metros al sur de dicho paralelo (Medina y Ortiz 2001). En este ecosistema se pueden encontrar los siguientes tipos de páramo: Páramo de pajonal, Páramo de frailejones, Páramo herbáceo de almohadillas, Páramo herbáceo de pajonal y almohadillas, Páramo pantanoso, Páramo seco, Páramo sobre arenales, Páramo arbustivo del sur, Superpáramo y Superpáramo azonal (Mena y Medina 2001).

Páramo arbustivo

Se trata de formaciones altoandinas parameras con una presencia grande de arbustos de hasta 2 metros de altura, más o menos dispersos, típicas del parque Nacional Podocarpus en Loja y Zamora Chinchipe.

Páramo de almohadillas

Éstas son formaciones altoandinas parameras con una presencia grande de almohadillas, que son plantas pequeñas, generalmente de menos de 30 cm de altura, densamente agrupadas en forma de pequeños montículos, pertenecientes a géneros como *Plantago*, *Azorella* y *Werneria*.

Páramo de frailejones

En esta formación altoandina paramera, el frailejón (*Espeletia pycnophylla*.) domina el estrato arbustivo. Los frailejones son abundantes y diversos en Venezuela y Colombia, pero al Ecuador sólo ha llegado esta especie, que se vuelve dominante en los páramos de Carchi y Sucumbíos. Una población biogeográficamente aberrante se encuentra en los Llanganates.

Piemontano

Se trata de formaciones de transición entre la vegetación de tierras bajas y las de cordillera. Sus características florísticas, por lo tanto, presentan elementos típicos de las dos floras, pero sus límites inferior y superior son también los límites de distribución de cada una de ellas. En las estribaciones occidentales de los Andes las formaciones piemontanas empiezan aproximadamente a los 300 metros y alcanzan los 1.300 m en el norte y los 1.100 m al sur del país. En la región amazónica, la franja piemontana alcanza los 1.300 m en el norte y sur del país.

Remanente vegetal

Residuo o resto identificable del ecosistema original, como son los remanentes de bosque andino en las quebradas de la montaña.

Siempreverde

En los trópicos estas formaciones ocurren típicamente en regiones con estaciones secas que duran menos de un mes al año. Generalmente menos del 25% de los individuos arbóreos o arbustivos pierde las hojas duran-

te la época seca (Huber y Alarcón 1988 citado por Sierra 1999). En el Ecuador la precipitación horizontal incrementa de manera significativa la abundancia de agua en forma de neblina o garúa en zonas costeras hasta aproximadamente 100 kilómetros de la costa. En estas áreas, la vegetación siempreverde puede aparecer sobre la vegetación semidecídua aún cuando la precipitación no exceda la evapotranspiración la mayor parte del año.

Superpáramo

Formación altoandina donde la vegetación es dispersa y consiste principalmente de musgos y líquenes sobre un suelo arenoso con abundantes piedras y rocas cerca del límite nival inferior (Mena *et al.* 2001)

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, R., D. Lew, D. y A. Peterson. 2003. Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modeling* 162: 211-232.
- Cañadas, L. 1983. El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. MAG/PRONAREG. Quito.
- Cerón, C., W. Palacios, R. Valencia, R. Sierra. 1999. Las Formaciones Naturales de la Costa del Ecuador. En: Sierra, R. (Ed.) Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/ GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.
- Chuvieco, E. 1995. Fundamentos de Teledetección Espacial. Madrid. Ediciones Rialp, S.A. Madrid.
- Colinvaux, P., K. Olson y K. Liu. 1988. Late – Glacial and Holocene Pollen Diagrams From two Endorheic Lakes of the Inter – Andean Plateau of Ecuador. *Review of Palaeobotany and Palynology*.
- Fehse, J., N. Aguirre, C. Paladines, D. De Nie, R. Hofstede y J. Sevink. 1998. Caracterización de los Bosques Naturales de la Sierra del Ecuador, Con Mapa de Bosques Andinos. ECOPAR, ICG, PROFAFOR-FACE. Quito.
- Gentry, A.H. 1982. Patterns of Neotropical plant species diversity. En: Wallace, J. y G.T. Prance (Eds.). *Evolutionary Biology*. Plenum Press. Nueva York.
- Hodson, D. 2002. Notes on Ecuador Climate Surfaces. CMMYT. México.
- Hofstede, R., J. Lips, W. Jongsma y J. Sevink. 1998. Geografía, Ecología y Forestación de la Sierra alta del Ecuador, Revisión de Literatura. EcoPar/Abya Yala, Quito.
- Hofstede, R., P. Segarra y P. Mena. 2003. Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. UICN/Global Peatland Initiative/ EcoCiencia. Quito.
- Holdridge, L.R. 1986. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José.
- Holland, J. H. 1975. *Adaptation in natural and Artificial Systems*. University of Michigan Press. Ann Arbor.
- INEFAN-GEF. 1998. Guía de Parques Nacionales y Reservas del Ecuador. Proyecto Plan Maestro para la Protección de la Biodiversidad Mediante el Fortalecimiento del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Quito.
- Jørgensen, P. y S. León (Eds.). 1999. *Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador*. Missouri Botanical Garden Press/Herbario de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador/Herbario Nacional/ Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales/Departament of Systematic Botany, Aarhus University. Quito.
- 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, and J. Teague. 2003. *Ecological Systems of Latin America and the Caribbean: A Working Classification of Terrestrial Systems*. NatureServe. Arlington.
- Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los Trópicos. Los Ecosistemas Forestales en los Bosques Tropicales y sus Especies Arbóreas, Posibilidades y Métodos para un Aprovechamiento Sostenido*. GTZ. Alemania.
- MAG/SIGAGRO. 2002. Memoria del Mapa de Vegetación y Uso del Suelo del Ecuador Esc. 1:250000. Quito.
- MacArthur, R. A. 1972. *Geographical Ecology*. Princeton University Press. Princeton.
- Medina, G. y D. Ortiz, D. 2001. Políticas Nacionales y Plan de Acción para la Conservación y Manejo del Ecosistema Páramo en el Ecuador. En: Mena, P., G. Medina y R. Hofstede (Eds). 2001. Los Páramos del Ecuador. Particularidades, Problemas y Perspectivas. Abya Yala/Proyecto Páramo. Quito.
- Mena, P. y G. Medina, G. 2001. La Biodiversidad de los Páramos en el Ecuador. En: Mena, P., G. Medina y R. Hofstede (Eds). 2001. Los Páramos del Ecuador. Particularidades, Problemas y Perspectivas. Abya Yala/Proyecto Páramo. Quito.

- Mena, P., G. Medina y R. Hofstede (Eds). 2001. Los páramos del Ecuador. Particularidades, Problemas y Perspectivas. Abya Yala/Proyecto Páramo. Quito.
- Morocho, D. y J. Romero. (Eds). 2003. Bosques del Sur, El Estado de 12 remanentes de Bosques Andinos de la Provincia de Loja. Fundación Ecológica Arcoiris/PROBONA/DICA. Loja.
- Palacios, W., C. Cerón, R. Valencia y R. Sierra. 1999. Las Formaciones Naturales de la Amazonía del Ecuador. En: Sierra, R. (Ed.). Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/ GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.
- Raven, P., F. Ray y H. Curtis. 1992. Biología de Plantas. Editorial Reverté SA. Madrid.
- Sarmiento, F. 1974. Diccionario de Ecología. Paisajes, Conservación y Desarrollos Sustentable para Latinoamérica. CLACS-UGA/CEPE-IGE/AMA/NSF/UNU/CAF. Abya-Yala. Quito.
- Sierra, R. (Ed.). 1999. Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/ GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.
- Stockwell, D. y D. Peters. 1999. The GARP Modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science* 13 (2): 143-158.
- Ulloa, C. y P. Jørgensen, P. 1995. Árboles y Arbustos de los Andes del Ecuador. Ediciones Abya – Yala. Quito.
- Vázquez, M., M. Larrea y L. Suárez (Eds.). 2000. Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario Nacional del Ecuador, Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales e Instituto Internacional de Reconstrucción Rural. Quito.
- Valencia, R., C. Cerón, W. Palacios y R. Sierra. 1999. Las Formaciones Naturales de la Sierra del Ecuador. En: Sierra, R. (Ed.). Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/ GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.
- Walter, H. y S. Breckle. 1985. Ecological systems of the geobiosphere.1. Ecological principles in global perspective. Springer Verlag, Berlín.

Internet

Desktop Garp. Users Manual Web Page. <http://www.lifemapper.org/desktopgarp/>