

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Posgrados

**Análisis espacial de los recursos forestales de la Provincia del
Napo como estrategia de soporte para el desarrollo de criterios
ambientales que fortalezcan el ordenamiento territorial en la
Provincia**

Luis Eduardo Cárdenas Pasato

Richard Resl, Ph.Dc., Director de Tesis

**Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Magister en Sistemas de Información Geográfica**

Quito, junio de 2013

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Posgrados

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Análisis espacial de los recursos forestales de la Provincia del
Napó como estrategia de soporte para el desarrollo de criterios
ambientales que fortalezcan el ordenamiento territorial en la
Provincia**

Luis Eduardo Cárdenas Pasato

Richard Resl, Ph.D.
Director de Tesis

Pablo Cabrera, Ms.
Miembro del Comité de Tesis

Richard Resl, Ph.D.
**Director de la Maestría en Sistemas
de Información Geográfica**

Stella de la Torre, Ph.D.
**Decana del Colegio de Ciencias
Biológicas y Ambientales**

Víctor Viteri Breddy, Ph.D.
Decano del Colegio de Postgrados

Quito, junio de 2013

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: _____

Nombre: LUIS EDUARDO CARDENAS PASATO

C. I.: 1712540309

Fecha: Quito, junio de 2013

A quienes alentaron mi posgrado y colaboraron
en la presente investigación.

RESUMEN

En el Ecuador a partir de la constitución aprobada en el año 2008 se identifica la necesidad que los gobiernos autónomos descentralizados, GADs, desarrollen planes de ordenamiento territorial que promuevan el acceso equitativo a los recursos naturales y promuevan la conservación del medio ambiente. Dentro de este contexto, el ser humano como actor fundamental del desarrollo territorial interactúa con su medio natural utilizando los recursos vegetales para distintas actividades. En la Provincia del Napo el ser humano utiliza la “guaba” *Inga edulis* Mart. y el “suegro” (*Cedrela odorata* L.) como fuente de recursos maderables y no maderables. Para definir la distribución de estas especies y generar lineamientos de ordenamiento territorial, se realizó un modelamiento que determina el posible nicho ecológico y áreas potenciales que requieran planificación territorial por la potencialidad de sus recursos forestales. Se utilizó registros botánicos del Herbario QCA y variables bioclimáticas del WorldClim para establecer la distribución espacial priorizando las especies de mayor uso para la Provincia del Napo. Los resultados demuestran que los bosques se encuentran mayormente protegidos por el Subsistema del Patrimonio de Áreas Naturales del Estado con una presencia representativa de bosques secundarios y una zona agrícola asociada a la presencia de centros poblados y vialidad. Para el año 2080 existiría una disminución de la cobertura vegetal debido a distintas actividades humanas y efectos del cambio climático. Los datos e información cartográfica generadas por esta investigación es un aporte a los formulación de criterios ambientales que fortalezcan un ordenamiento territorial acorde a las necesidad de la naturaleza, del ser humano y se fundamente en información científica aplicada a la conservación del medio natural.

ABSTRACT

Ecuador's constitution approved in 2008 identified the need of local governments (GADs in Spanish) to develop land use regulation plans in order to promote equitable access to natural resources, which in turn promotes environmental conservation. In this context, people, as the main actors of land development, interact with their natural environment through the use of plant resources for various activities. Specifically, in Napo province the ice-cream bean (*Inga edulis*) and the Spanish cedar (*Cedrela odorata*) are being used as timber and non-timber resources. In order to determine these species' distribution patterns used for creating land use guidelines, a modeling establishing their possible ecological niche and the potential areas that would require land use planning was developed. Herbarium QCA's database and WorldClim's bioclimatic variables were used to establish the spatial distribution, with priority on those species with the highest usage in the Napo province. The results showed that forests are mainly protected by the Subsistema del Patrimonio de Áreas Protegidas (PANE) with a significant occurrence of secondary forests, and an agricultural zone associated with populated areas and roads. According to these results, by 2080 there will be a decrease in vegetation coverage caused by both human activities and climate change. The data and cartographic information generated in this study constitute a contribution to the formulation of environmental standards. These in turn could be used to strengthen land use regulation plans based not only on the needs of nature and human beings, but also on scientific data applied to environmental conservation.

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| Resumen | 6 |
| Abstract..... | 7 |
| Tabla de contenidos | 8 |
| Lista de tablas | 10 |
| Lista de figuras | 11 |
| Lista de imágenes | 12 |
| | |
| CAPÍTULO I | |
| 1. Introducción..... | 13 |
| 1.1 Justificación..... | 14 |
| 1.2 Objetivos..... | 16 |
| 1.2.1 General..... | 16 |
| 1.2.2 Específicos..... | 17 |
| | |
| CAPÍTULO II | |
| 2. Métodos..... | 18 |
| 2.1 Área de estudio | 18 |
| 2.2 Especies de estudio | 20 |
| 2.4 Distribución..... | 22 |
| 2.4 Georeferenciación..... | 23 |
| 2.5 Modelamiento..... | 25 |
| 2.6 Evaluación de los modelos..... | 27 |
| 2.7 Umbrales de clasificación..... | 29 |
| 2.8 Modelamiento a futuro..... | 29 |
| 2.9 Transformación de mapas obtenidos a partir de MaxEnt | 29 |
| 2.10 Análisis de la información..... | 30 |
| 2.11 Cartografía..... | 31 |

CAPÍTULO III

| | |
|--|----|
| 3. Resultados..... | 32 |
| 3.1 Selección de especies..... | 32 |
| 3.2 Evaluación de los modelos..... | 32 |
| 3.3 Modelamiento por especies | 32 |
| 3.3.1 <i>Cedrela odorata</i> L..... | 33 |
| 3.3.2 <i>Inga edulis</i> Mart..... | 33 |
| 3.4 Modelamiento a futuro – año 2080 | 34 |
| 3.4.1 <i>Cedrela odorata</i> L..... | 34 |
| 3.4.2 <i>Inga edulis</i> Mart..... | 34 |

CAPÍTULO IV

| | |
|-------------------|----|
| 4. Discusión..... | 35 |
|-------------------|----|

CAPÍTULO V

| | |
|--------------------------------------|----|
| 5. Conclusión y recomendaciones..... | 38 |
| 6. Bibliografía..... | 43 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Especies vegetales con mayor número de usos reportados para la Provincia del Napo..... | 47 |
| Tabla 2. Variables bioclimáticas..... | 48 |
| Tabla 3. Valores AUC para las especies modeladas..... | 49 |
| Tabla 4. Cálculo del promedio y porcentaje territorial, de los modelamientos, según las distintas coberturas de análisis..... | 50 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. División política de la Provincia del Napo..... | 51 |
| Figura 2. Cobertura vegetal de la Provincia del Napo..... | 52 |
| Figura 3. Distribución espacial a nivel nacional de las especies con mayor número de usos para la Provincia del Napo..... | 53 |
| Figura 4. Modelamiento actual de <i>Inga edulis</i> Mart. <i>D. peruviana</i> . <i>Cedrela odorata</i> L. para la Provincia del Napo..... | 54 |
| Figura 5. Análisis territorial en función del modelamiento potencial de <i>Cedrela odorata</i> L..... | 55 |
| Figura 6. Análisis territorial en función del modelamiento potencial de <i>Inga edulis</i> Mart..... | 56 |
| Figura 7. Análisis territorial del modelamiento para <i>Cedrela odorata</i> L. e <i>Inga edulis</i> Mart. entre el modelo actual y 2080..... | 57 |

LISTA DE IMÁGENES

| | |
|--|----|
| Imagen 1. Análisis territorial en función de los resultados obtenidos..... | 58 |
| Imagen 2. Fotografías aéreas de distintos escenarios de la Provincia del Napo..... | 59 |

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En Ecuador la desconcentración de la gobernanza en el tema ambiental en relación a su efectividad, equidad y transparencia ha determinado que existan las condiciones necesarias de inclusión y participación de diferentes actores, antes marginados, en la toma de decisiones en el manejo y acceso a los recursos naturales (Ribot 2002).

El énfasis en los sistemas descentralizados han ido de la mano con la identificación de la necesidad de contar con procesos de planificación para el desarrollo de articulados a diferentes escalas, por lo tanto se busca integrar componentes de biodiversidad a los procesos de planificación en ordenamiento territorial, como un elemento fundamental de bienestar comunitario en donde un entorno saludable es primordial para su desarrollo.

El Estado ecuatoriano norma, según su Art. 241 de la Constitución Política del Ecuador, que la planificación garantizará el ordenamiento territorial y será obligatoria en todos los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) y éstos GADs (Art. 262 a 267) deben “planificar su desarrollo y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, Provincial, cantonal y parroquial”.

Por otro lado, el territorio de las Provincias amazónicas se constituyen como una circunscripción territorial especial donde el ordenamiento territorial deberá garantizar la conservación y protección de los ecosistemas y el principio del Sumak Kawsay (Art. 250). Se establece que el régimen de desarrollo deberá, entre otros objetivos, recuperar y conservar la naturaleza, garantizando acceso equitativo a beneficios que ésta proporciona mediante un ordenamiento territorial integrado (Art. 276) y herramientas de zonificación ecológica (Art. 404).

Por lo tanto, el Ministerio del Ambiente promueve un modelo de gestión para el sistema forestal enfocado en mantener los bienes y servicios ecosistémicos que los bosques generan, evidenciando la necesidad de definir los lineamientos ambientales (relacionados entre la temática forestal y la conservación de la biodiversidad) para los procesos de ordenamiento territorial (MAE, 2011).

Para la implementación plena de estos mandatos constitucionales es necesario fortalecer la política forestal y en el marco jurídico específico, siendo imprescindible que se genere una cultura forestal en el país. (MAE, 2011).

El Gobierno Provincial del Napo, con el apoyo de distintos organismos de cooperación internacional, han desarrollado proyectos y programas de desarrollo y fortalecimiento de las capacidades del gobierno Provincial enfocados en planificación territorial.

La presente investigación plantea un sistema de información piloto que fortalezca los procesos de ordenamiento territorial a través de un modelo de análisis de información espacial que permita generar criterios ambientales dentro de las herramientas de manejo territorial existentes.

1.1 Justificación

En la Provincia del Napo la mayoría de grupos que viven en comunidades rurales interactúan directamente con la diversidad biológica de sus ecosistemas; de esta diversidad, un tercio de todas las especies de plantas ecuatorianas están siendo utilizadas por los humanos (de la Torre et al. 2008).

Dentro de este contexto, se identifica que la alta densidad poblacional y el aumento progresivo de asentamientos humanos van transformado el medio natural generando un gran impacto sobre el medio ambiente (Pautasso 2007, Gray et al. 2008). Este impacto se ve reflejado en la pérdida del hábitat, cambios en la cobertura vegetal y una sobreexplotación de los recursos naturales (Cushman, 2006) por tal razón se debe orientar a la generación de estrategias para proteger la biodiversidad, sustentadas en evidencias científicas (Murphy et al. 1990).

A lo citado anteriormente, se suma los continuos cambios climáticos registrados en las últimas décadas que han producido cambios en la distribución y abundancia de las comunidades vegetales y según indica el IV informe del IPCC,

aproximadamente un 20 al 30% de las especies de plantas y animales se encontrarán en peligro de extinción si la temperatura global aumenta (IPCC, 2007).

Por lo tanto, para anticiparse a estas amenazas y priorizar acciones de conservación, se han desarrollado varias herramientas de modelización permitiendo predecir la distribución de las especies; entre estas se encuentran el modelamiento de nicho ecológico que predice la distribución potencial de una especie y el posible nicho ecológico a futuro, es decir el posible territorio donde una especie podrá encontrarse.

Estas estrategias de predicción son las aplicadas en la presente investigación de manera de evaluar hipotéticamente los posibles escenarios actuales y futuros donde los recursos forestales de mayor uso localicen en la Provincia del Napo y sean utilizadas como un soporte a la planificación territorial y a la toma de decisiones.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 General

Realizar un análisis espacial de los recursos forestales, de la Provincia del Napo, para la formulación de criterios ambientales que fortalezcan el ordenamiento territorial en la Provincia del Napo.

1.2.2 Específicos

Determinar la real distribución de los registros de ocurrencia de especies forestales reportadas para la Provincia del Napo.

Sistematizar los procesos de georeferenciación de las colecciones botánicas de las taxa para los cuales existan usos reportados y se encuentran depositadas en el Herbario QCA.

Desarrollar una base de datos georeferenciada que permita visualizar y analizar la distribución espacial de las especies forestales de la Provincia del Napo.

Generar modelos predictivos de la distribución potencial de especies que puedan asociarse a cartografía temática y permitan desarrollar criterios ambientales enfocados al ordenamiento territorial de la Provincia del Napo.

CAPÍTULO II

2. METODOS

2.1 Área de estudio

La Provincia de Napo se halla en la región amazónica ecuatoriana, entre las coordenadas $78^{\circ} 25'$ y $77^{\circ} 3'$ de longitud oeste / $00^{\circ} 15'$ y $1^{\circ} 16'$ latitud sur, políticamente está dividida en cinco cantones, y 21 parroquias (ver figura 1). La capital de la Provincia es Tena, limita al norte con las Provincias de Sucumbíos y Pichincha; al sur con las Provincias de Pastaza y Tungurahua; al oeste con las Provincias de Pichincha, Cotopaxi y Tungurahua y al este con la Provincia de Orellana.

La Provincia tiene como capital a la ciudad del Tena y se encuentra conformada por cinco cantones: Tena con una extensión de 3921.77 km^2 , El Chaco con 1589.39 km^2 , Archidona con 3028.77 km^2 , Quijos con 3500.21 km^2 y Carlos Julio Arosemena Tola con 502.39 km^2 .

Parroquias: Cantón Quijos: Papallacta, Cuyuja, San Francisco de Borja, Cosanga, Baeza; Cantón El Chaco: Linares, Santa Rosa, Gonzalo Días de Pineda, Oyacachi, Sardinas; Cantón Archidona: Archidona, Cotundo y San Pablo; Cantón Tena: Chontapunta, Ahuano, Puerto. Misahualli, Puerto. Napo, Pano, Tena; El Cantón Carlos Julio Arosemena: Carlos Julio Arosemena (ver figura 1).

Según el censo poblacional del 2010, realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), la Provincia del Napo cuenta con una población de 104.047 habitantes, de los cuales aproximadamente el 80% de la población está asentada en zonas rurales y el 20% habita en ciudades. (GPN, 2001).

La Provincia del Napo se caracteriza por una enorme riqueza en cuanto a recursos naturales; su ubicación geográfica crea las condiciones para una diversidad biológica singular, importantes recursos hídricos, forestales y paisajísticos con relevancia local y regional. Dentro del territorio Provincial se encuentran cinco reservas que están dentro de Patrimonio Natural de Áreas Protegidas y la Reserva de Biosfera Sumaco. La Provincia se encuentra en su punto más alto con una altura de 5.720 m.s.n.m, a 9 Km al N.E., de la Laguna Mica, ubicada en los límites entre los cantones de Archidona y Quijos, siendo esta de difícil acceso; en su punto más bajo a 260 m.s.n.m, ubicado en la parroquia de Chonta Punta, a orillas del río Shiripuno limitando con la Provincia de Pastaza. Los recursos naturales renovables de la Provincia aún se encuentran en un estado de conservación relativamente bueno, lo cual constituye una importante ventaja estratégica. En la actualidad la Provincia está en un 67,52% cubierta por áreas que gozan de protección y que pertenecen al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), Patrimonio Forestal de Estado, bosques protectores y áreas privadas y comunitarias con diferentes grados de protección. Los recursos naturales no-renovables de la Provincia, especialmente el petróleo, los minerales metálicos / no metálicos y agua son considerados de importancia estratégica para el desarrollo del país (GPN, 2011).

La distribución, según la cobertura vegetal, se clasifica en bosques naturales, bosques secundarios, cuerpos de agua, nieve, páramos y tierras agropecuarias, sumando 1'032132,63 has que corresponden al 82,34 % del territorio de Napo (ver figura 2).

2.2 Especies de estudio

Los sujetos de estudio se escogieron bajo los siguientes criterios:

1. Se escogieron especies de plantas útiles con usos maderables y no maderables, reportados para la Provincia de Napo, las mismas que se encuentran en los registros de aprovechamiento del Sistema de Administración Forestal - SAF.
2. Se seleccionaron 20 especies, cuya distribución se encuentra por debajo de los 3000 m (límite del rango altitudinal para las especies con usos reportados para la Provincia del Napo) y se encuentran categorizadas y clasificadas según de la Torre et al. 2008. (Tabla 1).
3. La correcta ubicación geográfica de los registros de especies del herbario y un número determinado de registros para la Provincia del Napo (10 registros o más).
4. Los criterios de uso de las plantas evaluadas para los modelamientos son los siguientes:
 - Alimento de animales vertebrados

Plantas que son alimentos de animales vertebrados útiles para el hombre, por ejemplo las larvas de coleópteros comestibles y la cochinilla.

- Alimenticio

Plantas comestibles y empleadas para la elaboración de bebidas que consume el ser humano.

- Materiales

Plantas fuente de materia prima para la construcción de viviendas, puentes, elaboración de artesanías, herramientas de trabajo, armas y utensilios de toda índole; como maderas, fibras, cañas, ceras, gomas, resinas, aceites, sustancias químicas y sus productos derivados. Se consideró también como madera el tallo de palmas, a pesar de que no se trata de madera propiamente dicha.

- Combustibles

Plantas usadas para la elaboración de carbón, como sustitutos del petróleo, alcoholes, combustibles e iniciadores de combustión. No se incluyó la leña porque cualquier planta leñosa, en caso de necesidad, puede ser usada como tal.

- Medicinal

Plantas usadas para curar, paliar y combatir enfermedades humanas. Incluye plantas de uso veterinario.

- **Uso social**

Plantas usadas con propósitos culturales que no se definen como alimenticias o medicinales. En esta categoría se incluyen plantas alucinógenas, rituales, estimulantes y anticonceptivas. Así como plantas para curar ciertas enfermedades culturales como: mal aire, mal viento, espanto, chutún y purificaciones.

- **Medio ambiental**

Plantas usadas para la protección, mejora y fertilización de los suelos y contra la erosión. Especies que dan sombra, que se usan como cercas vivas o barreras, controlan el fuego, disminuyen la contaminación y forman parte de los sistemas agroforestales. No se incluyen plantas ornamentales.

- **Aditivo de los alimentos (aderezo):**

Agentes de procesamiento y otros ingredientes usados en la preparación de comidas y bebidas para facilitar su procesamiento o mejorar su palatabilidad.

2.3 Distribución

Para obtener los registros e información de las especies que proporcionen los datos acerca de la distribución de las especies en estudio se utilizó la base de datos del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, que consta aproximadamente con 70.000 registros botánicos para la Amazonía, de los cuales se seleccionaron 28.238 registros con información referencial a la Provincia del Napo.

De esta información se seleccionaron 977 registros pertenecientes a las 20 especies registradas con usos para la Provincia del Napo las mismas que fueron georeferenciadas a nivel Provincial y nacional.

Finalmente, de las especies seleccionadas se escogieron registros únicos por localidades con el objetivo que las predicciones significativas no se encuentren cercas una de otras y evitar la auto correlación espacial (Toranza, C. 2011).

2.4 Georeferenciación

La información de las colecciones botánicas del Herbario QCA son georeferenciadas mediante los métodos propuestos por Chapman y Wieczorek (2006) y Sua et al. (2004) e implica: (a) búsqueda de recursos necesarios para ubicar geográficamente los registros; (b) depuración, complemento y estandarización de las localidades; (c) la georeferenciación (ubicación aproximada del punto de localización en la cartografía análoga o digital, ajuste con las descripciones de sitios de colecta existentes y captura de las coordenadas que arroja el sistema); (d) validación y documentación del proceso de georeferenciación y cálculo de exactitud; (e) actualización de las bases de datos con la información geográfica depurada y estandarizada; (f) visualización espacial de los registros georeferenciados.

La fase de georeferenciación se realizará con el programa ArcGis 9.3. La precisión de localización de los registros de ocurrencia se evaluará con SIG, aquellos registros que no presenten coordenadas geográficas serán georeferenciados y los registros con coordenadas geográficas asociadas serán validados (Núñez et al., 2008).

La georeferenciación se realizará utilizando principalmente cartas cartográficas, mapas cartográficos del Instituto Geográfico Militar a escala 1:50000 y se utilizará índices toponímicos electrónicos disponibles en el Global gazetteer (Falling_Rain, 1996-2010).

Para los registros validados y georeferenciados se calculará el error, definido como el radio (en kilómetros) de la circunferencia que delimita el área en donde, con mayor probabilidad, se ubica el sitio de colecta del espécimen biológico (Núñez et al., 2008). El error sirve para determinar cuáles son los datos más idóneos para desarrollar posteriormente los modelos.

Una vez georeferenciados y validados los registros se proyectarán en un mapa en el programa DIVA-GIS y se verificará y confirmará la veracidad de las coordenadas con la herramienta Check coordinates. Con este proceso se eliminará registros dudosos.

2.5 Modelamiento

El modelamiento potencial de especies se realizó a partir de 19 variables climáticas con el objetivo de determinar el nicho fundamental de la especie no el nicho específico. Los modelos que utilizan variables continuas (temperatura y precipitación) dan resultados óptimos (Apeztequia, 2006; Iturralde-Pólit, 2010) al ser variables que influyen en la distribución de las especies.

Las variables ambientales se obtendrán como capas climáticas digitales a partir de la base de datos del WorldClim (Hijmans et al., 2005). Las capas digitales fueron generadas a partir de promedios mensuales de precipitaciones y temperatura tomados de estaciones climáticas desde 1950 hasta el 2000, a una resolución de 30 segundos geográficos (aproximadamente un km² en latitud cercanas a la línea ecuatorial). Esta base de datos proporciona 11 variables de temperatura y ocho variables de precipitación (Tabla 2). Las 19 variables bioclimáticas representan tendencias anuales, estacionalidad, y factores ambientales extremos (Hijmans et al., 2005).

Para predecir la posible distribución de las especies vegetales a futuro se escogió el modelo de circulación general Hadley Centre Coupled Model versión 3 (UKMO HadCM3) propuesto por el Hadley Centre del Met-Office, centro inglés para el modelamiento del clima (Gordon et al., 2000) este modelo se basa en predicciones a partir de los patrones de aumento de temperatura observados en el siglo XX, que utiliza una resolución relativamente alta (más detalle espacial) y que emplea un conjunto más complejo y actualizado de parametrizaciones físicas. (Castro et

al., 2005). Se eligió éste modelo por ser uno de los más utilizados entre 20 Modelos de Circulación General (MCG) (IPCC, 2011) por estar a una resolución de 1 Km² e incluye datos continentales como oceánicos.

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) desarrolló cuatro escenarios de emisiones del Reporte Especial de Escenarios de Emisiones (SRES) que representan el futuro del mundo a dos dimensiones, el primero que manifiesta un avance ambiental o económico y un planeta con patrones de crecimiento global y regional.

En la presente investigación se escogió el escenario climático perteneciente a la familia A2, sus características son: mayores emisiones de gases de efecto invernadero, describe un mundo muy heterogéneo caracterizado por la autosuficiencia, la conservación de las identidades locales y una población mundial en continuo crecimiento. El desarrollo económico está orientado básicamente de forma regional y los cambios tecnológicos están más fragmentados (IPCC, 2000, 2007; Arnell *et al.*, 2004).

Para generar los modelamientos de distribución de especies (MDE) se utilizaron dos tipos de variables: variables independientes (datos climáticos actuales y futuros) y variables dependientes (registros de herbario) para ello se utilizó el modelo BIOCLIM, bajo software DIVA GIS 5.2; 19 variables bioclimáticas y registros de presencia para cada una de las especies vegetales seleccionadas.

El algoritmo escogido es el de Máxima Entropía (MaxEnt) incluido en el programa MaxEnt versión 3.3.3e (Phillips et al., 2006), que trabaja a partir de información incompleta de datos (Phillips et al., 2006); es decir, registros de ocurrencia con los cuales se ha demostrado que MaxEnt provee buenos resultados (Elith et al., 2006).

2.6 Evaluación de los modelos

Los modelos fueron evaluados, para las especies seleccionadas, en programa MaxEnt 3.3.3e haciendo varias repeticiones según el número de registros para evaluar el comportamiento de los modelos. Se utilizó el método de validación cruzada (muestreo sin reposición); es decir, que los mismos datos de ocurrencia no pueden incluirse en los datos de evaluación más de una vez (Kohavi, 1995; Guisan y Zimmermann, 2000), este tipo de replicación divide al tamaño de muestra en varios grupos de tamaño parecido (Kohavi, 1995); construyendo varios modelos para verificar la veracidad del modelo resultante y la predicción correcta de la distribución de las especies analizadas.

Como el número de registros de las especies vegetales evaluadas se encuentran en un rango de entre 33 a 99 registros por especie, se realizó cuatro repeticiones con el 25% de datos para la evaluación del modelo.

La evaluación de cada modelo se realizó utilizando el valor de área bajo la curva AUC, (Área Under the Curve, por sus siglas en inglés), el cual se genera mediante la técnica ROC (del inglés, Receiver Operating Characteristic) y evalúa el desempeño del modelo, mediante un gráfico que ilustra la proporción de ocurrencias de una especie correctamente predichas en comparación con la proporción de las ausencias correctamente predichas.

El valor AUC puede tomarse como la probabilidad a la que el modelo distingue entre localidades en las cuales la especie está presente o ausente, este valor varía de 0 a 1, donde: 1 equivale a un ajuste perfecto del modelo y 0,5 a un ajuste determinado por el azar y valores menores a 0,5 representan un ajuste menor que el azar (Cárdenas et al., 2009).

De esta manera, se tomaron en cuenta modelos con el AUC mayores a 0,5 (de acuerdo a Guisan y Zimmermann, 2000) y se eliminaron los modelos con el AUC menor a 0,5, ya que pueden resultar en distribuciones sesgadas. Para las especies con modelos con un valor de AUC apropiado ($> 0,5$) se realizó un modelo definitivo para cada especie vegetal evaluada, utilizando todos los registros de ocurrencia disponibles para obtener una mejor estimación de la distribución potencial (Phillips et al., 2006) (Tabla 4).

2.7 Umbrales de clasificación

Los mapas proporcionados por MaxEnt son probabilísticos de idoneidad de hábitat de las especies (Phillips et al., 2004). En la presente investigación se transformaron los mapas continuos de probabilidad a mapas binarios (de presencia-ausencia) en base al umbral de clasificación específico sobre el cual se predice la presencia de la especie.

El umbral para cada modelo se obtiene al identificar el punto de la curva ROC donde se maximiza la suma de sensibilidad y especificidad (Manel et al., 2001). Basados en lo propuesto por Liu y colaboradores (2005), se escogieron dos tipos de umbrales el “Minimum training sensitivity plus specificity” y el “Equal training sensitivity and specificity” que combinan la sensibilidad y especificidad, demostrando tener buenos resultados en estudios similares (Iturralde, 2010).

2.8 Modelamiento a futuro

Los modelamientos a futuro (2080) siguen la misma metodología ya manifestada en esta sección, proyectando las distribuciones potenciales actuales a escenarios climáticos futuros (2080)

2.9 Transformación de mapas obtenidos a partir de MaxEnt

Los mapas generados por MaxEnt, que identifican la distribución actual y potencial de las especies vegetales evaluadas, fueron reclasificadas; es decir, se transformaron a mapas binarios de presencia y ausencia. Para lo cual se realiza una transformación del formato ASCII a formato GRID de manera que el raster

resultante se lo pueda reclasificar según el umbral específico para cada modelo utilizando la herramienta (Reclassify) del programa ArcMap 9.3 generando un nuevo raster con valores de presencia y ausencia de la especie.

2.10 Análisis de la información

Para todos los mapas generados se calcularon las áreas de distribución actual y futura; la diferencia entre los dos escenarios (actual y futuro) se determina como la pérdida o la ganancia de nicho para cada especie.

Esta estimación representa la expansión o reducción del rango de distribución en función de su territorio en relación al nicho climático actual y futuro de cada especie en cada escenario.

El modelamiento de las especies se realizó a nivel nacional y analizado a nivel Provincial con información cartográfica de: uso de suelo, uso potencial, deforestación, (mapa de deforestación del MAE 2008) y cobertura vegetal. Adicionalmente, se usaron capas de vialidad, centros poblados, límites políticos y sistemas hídricos.

De cada mapa resultante se eliminaron las áreas correspondientes al uso agrícola, sin cobertura vegetal y los territorios utilizados para asentamientos poblacionales o infraestructura; de manera que el modelo represente el área real de la distribución de la especie, para los modelos predictivos actuales.

Los modelos a futuro son escenarios predictivos para los cuales se realizaron una superposición del escenario futuro vs el escenario actual determinando las áreas de ganancia, pérdida o permanencia del territorio para cada especie evaluada para el año 2080.

2.11 Cartografía

Se utilizó el datum WGS84 (world geodetic system) siendo proyectado a coordenadas UTM zona 17S, para obtener la posición correcta del Ecuador en el mundo. Todos los procedimientos para la edición de la información se realizaron en el programa DIVA-GIS 5.2 y MaxEnt 3.3.3e; la elaboración y diseño de los mapas de distribución se efectuaron con el paquete y ArcGis 9.2.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS

3.1 Selección de especies

Se analizaron 977 registros pertenecientes a las 20 especies depositadas en el herbario QCA, con usos para la Provincia del Napo, las mismas que fueron georeferenciadas eligiendo las especies con mayor número de registros y usos para la Provincia del Napo: *Inga edulis* Mart. (Nombre común: guaba) con siete usos, *Dacryodes peruviana* (Loesr) H.J. Lam (nombre común: copal) con 5 usos y *Cedrela odorata* L. (nombre común: suegro) con 4 usos (ver figura 3a, 3b, 3c, 3d).

3.2 Evaluación de modelos

Se realizaron modelamientos actuales y futuros para las tres especies seleccionadas eligiendo aquellos modelos con un AUC mayor a 0.5 (ver tabla 3).

3.3 Modelamiento por especies

Se realizaron los modelamientos para las tres especies seleccionadas, comparando la extensión de territorio con la finalidad de establecer el o los modelamientos que permitan proponer alguna especie paraguas (especies que en su distribución espacial ocupan territorio de otras especies y que son utilizadas como una medida para la toma de decisiones relacionadas con la conservación de comunidades o de hábitats) que contenga, territorialmente, a las otras especies evaluadas en el presente estudio.

Los modelos de las especies seleccionadas (por la mayor distribución dentro de la Provincia del Napo) para realizar los análisis espaciales son *Cedrela odorata* L. e *Inga edulis* Mart. (Ver figura 4).

3.3.1 *Cedrela odorata* L.

El modelamiento actual indica que *Cedrela odorata* L. tiene una distribución potencial de 7041.74 Km²; de este territorio, según el uso de suelo la superficie modelada para *C. odorata* corresponde a bosque primario 5196.37 Km², bosque secundario 1845.37 Km². El territorio modelado para *C. odorata* excluye una área que el humano ha transformado a tierras agropecuarias (según el mapa de deforestación del MAE) la misma que cubre un área de 1495.58 Km². (Ver figura 5a.)

Según el uso potencial del suelo el territorio modelado para *C. odorata* L. se destina a protección total de bosques 4225.68 Km², terrenos aptos para cultivos y pastos 377.14 Km², y terrenos forestales aptos para cultivos, pastos 2489.43 Km² ver figura 5b.).

3.3.2 *Inga edulis* Mart.

El modelamiento actual indica que *Inga edulis* Mart. tiene una distribución potencial de 8184.35 Km²; de este territorio, según el uso de suelo, la superficie modelada para *I. edulis* corresponde a bosque primario 6028.27 Km², bosque secundario 2150.08 Km². El territorio modelado para *C. odorata* excluye una área

que el humano ha transformado a tierras agropecuarias (según el mapa de deforestación del MAE) la misma que cubre un área de 1530 Km². (Ver figura 6a.) Según el uso potencial del suelo, el territorio modelado para *I. edulis* L. se destina a protección total de bosques 5291.16 Km², terrenos aptos para cultivos y pastos 448.85 Km², y terrenos forestales aptos para cultivos, pastos 2497.97 Km² (Ver figura 6b.).

3.4 Modelamiento a futuro – año 2080

3.4.1 *Cedrela odorata*

El modelamiento para el año 2080 indica una pérdida de territorio, en relación con el modelamiento actual, de 5098.71 Km²; una permanencia de 3591.8 Km² y una ganancia o un nuevo nicho ecológico con una área de 199.26 Km². El territorio modelado para *C. odorata* excluye el área actual que el humano ha transformado a tierras agropecuarias la misma que cubre una área de 1495.58 Km². (Ver figura 7a.)

3.4.2 *Inga edulis* Mart.

El modelamiento para el año 2080 indica una pérdida de territorio, en relación con el modelamiento actual, de 3188.3 Km²; una permanencia de 3591.8 Km² y una ganancia o un nuevo nicho ecológico con una área de 199.26 Km². El territorio modelado para *I. edulis* excluye el área actual que el humano ha transformado a tierras agropecuarias la misma que cubre una área de 1495.58 Km². ver figura 7b.)

CAPÍTULO IV

4. DISCUSIÓN

El modelamiento potencial de especies biológicas es una herramienta que permite determinar el potencial nicho ecológico de una especie y proyectarla a escenarios actuales y futuros. Este análisis se plantea como un medio válido de soporte a la toma de decisiones en relación a la planificación del ordenamiento territorial del medio natural de las principales coberturas vegetales los bosques naturales, bosques secundarios y páramos.

Este método propuesto se sustenta en la utilización de información científica, información cartográfica, datos sobre la transformación del hábitat y cambio climático que dan soporte a desarrollar varios escenarios gráficos (mapas) que permiten un mejor entendimiento del territorio analizado.

La utilización de información depositada en herbarios y base de datos de colecciones biológicas es un medio que permite determinar la distribución de una especie, información que se ve sesgada por la calidad de la información como sitios de colecta y los vacíos de información. Las colecciones botánicas principalmente se encuentran localizadas en los bordes de las carreteras, esto representa un limitante al momento de determinar la distribución real de una especie por los vacíos de información o falta en el esfuerzo de colección.

El proceso de georeferenciación permite corregir este factor típico de las colecciones biológicas para obtener una distribución más real a los descritos como sitios de colección y una correcta ubicación geográfica.

Un factor que se toma en cuenta en la presente investigación, y no se profundiza por los objetivos planteados, es el cambio climático; este factor sumado a las presiones ejercidas por las actividades humanas son los dos factores que están modificando la distribución geográfica de las especies y serán determinantes al momento de definir escenarios futuros para el medio natural y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos.

El análisis de la distribución potencial de las especies evaluadas, en el presente estudio, establece distintos escenarios territoriales según seis parámetros: el uso de suelo, el uso potencial del suelo, el tipo de vegetación, el uso agrícola, el subsistema patrimonio de área naturales y la distribución de centros poblados.

El territorio de la Provincia del Napo, según el modelamiento de *C. odorata* e *I. edulis*, tiene una superficie promedio de 7613.045 Km² correspondiente a un 61% de la superficie total de la Provincia del Napo.

De la superficie promedio de los modelamientos, según el uso actual del suelo el 74% corresponde al bosque primario, 26% al bosque secundario y un 20% a tierras con uso agrícola (ver tabla 4, figura 5a, 6a)

De acuerdo al uso potencial, un 63% corresponde a una área destinado a la protección, un 5% son terrenos son aptos para cultivos y un 33% son terrenos forestales que estarían aptos para cultivos o pastos (ver tabla 4) (ver figura 5b y 6b).

El territorio a futuro presenta una pérdida de superficie de alrededor de un 54%, una permanencia del 56% y una extensión de la distribución potencial de las especies de un 18% del territorio modelado.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según los datos obtenidos se identifican tres áreas que deben ser analizadas por los organismos planificadores de la Provincia del Napo (ver imagen 1) pérdida del superficie, territorio que permanece constante y una tercera área que tiene un pequeño porcentaje de ganancia.

La pérdida del territorio, recuadro rojo (ver imagen 1), indica que este sector de la Provincia será vulnerable a pérdida total de la cobertura vegetal donde las especies que están siendo utilizadas en la actualidad no se encontrarán a futuro; este territorio, según el uso potencial de suelo, es apto para cultivos y pastizales es decir para una extensión de la frontera agrícola, que en la actualidad ya se presenta en los márgenes del río Napo.

Este particular se puede observar en las fotografías aéreas del sector de Puerto Napo, Puerto Misahuallí y Zancudo (ver imagen 2) donde el territorio está ocupado por parcelas de cultivos y otras actividades asociadas a los asentamientos humanos de este sector (ver distribución de los centros poblados figuras 5 y 6 y 7).

Un segundo sector de análisis es el representado con el color amarillo (ver imagen 1) que revela la permanencia del territorio a futuro, este factor podría verse garantizado a la presencia de la Parque Nacional Sumaco Napo Galeras.

La presencia del Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE), dentro del análisis territorial se fundamenta en el sentido que el ordenamiento territorial del medio natural puede verse apoyado por la existencia de estas áreas protegidas, como sucede con los Llanganates, en donde el modelamiento de *C. odorata* sugiere la pérdida total de esta área situación que no ocurre con el escenario a futuro de *I. edulis* en donde no solo se mantiene el territorio natural de los Llanganates si no que se extiende hasta los límites Provinciales (ver figura 7b), situación similar ocurre para la Reserva Ecológica Antisana y Cayambe Coca; por esta razón, los análisis territoriales a futuro deben analizar distintos escenarios para determinar las posibles acciones venideras en temas de ordenamiento territorial.

El PANE, dentro de la Provincia del Napo, en la actualidad comprende bosques primarios y secundarios (ver figura 5a, 6a) con la presencia, en sus límites, de actividad agrícola y asentamientos humanos, siendo una consecuencia del sistema vial que delimita las distintas áreas naturales en la Provincia.

Un factor que llama la atención dentro de este análisis es el uso potencial de una parte del territorio de la RE Antisana y del PN Sumaco Napo Galeras que manifiesta un potencial territorio para cultivos y pastos; es decir, “terrenos forestales aptos para la agricultura” (ver figura 5a y 6b), esta categorización debe ser revisada pues va en contra de la razón de ser de las áreas protegidas y de los mandatos del ordenamiento territorial de garantizar la conservación y protección de los ecosistemas.

Finalmente, el sector representado con un recuadro azul (ver imagen 1) indica que a futuro la vegetación colonizará nuevos hábitats desplazándose hacia la vertiente oriental (Ver figura 7b); por lo tanto, las especies evaluadas podrían tener una distribución a estos territorios.

Hay que recalcar que la pérdida, permanencia o ganancia de territorio son proyecciones en función del cambio climático y actividades humanas, razón por la cual se debe generar acciones de planificación y concentrar sus esfuerzos en mantener sus áreas naturales, recuperar las zonas intervenidas, delimitar la zonas de expansión de la frontera agrícola y determinar las zonas de crecimiento urbano, de tal manera que los análisis presentados en esta investigación sean un referente de información de un posible escenario a futuro.

Los asentamientos poblacionales se identifican en una franja que va de norte a sur por la mitad de la Provincia ligado con el sistema vial manifestando que el

desarrollo rural, se encuentra en el sector Sur Este de la Provincia a orillas del Río Napo (recuadro rojo imagen 1).

La planificación territorial debe verse fortalecida por el uso o análisis de fotografías aéreas que permiten de forma real conocer la distribución y uso del territorio y comprender de mejor manera los análisis espaciales desarrollados en esta investigación. Por la disponibilidad reducida de obtener este recurso se presenta una aproximación de algunos escenarios (ver figura 2).

Estas imágenes indican varios escenarios actuales de una parte de la Provincia donde claramente se puede observar la expansión desordenada del sector agrícola (Archidona, Puerto Napo), la deforestación (bosque primario, Zancudo, Puerto Misahualli), los asentamientos humanos (Tena) y la ubicación de los bosques naturales (imagen principal y bosque primario).

Finalmente, el modelamiento potencial de especies se plantea como una alternativa de análisis del espacio que ocupa los recursos forestales, identificando escenarios actuales y futuros del estado territorial de la Provincia, entendiéndose al territorio como un espacio dinámico que interactúan con un sin número de factores que deben ser analizados al momento de ordenar el territorio.

El identificar y utilizar en los análisis especies de mayor uso da un valor agregado al territorio, valorando al medio natural no solo desde el punto de vista agropecuario o urbano, sino como un verdadero bien natural que preste los servicios ecosistémicos actuales y futuros que la población necesita y que los planes de ordenamiento territorial deben tener en cuenta al momento de decidir qué planificación territorial van a diseñar a mediano y largo plazo.

6. BIBLIOGRAFÍA

Apezteguia, A. 2006. Elaboración de modelos de distribución geográfica de micromamíferos voladores y uso de herramientas de sistemas de información geográfica para priorizar áreas de investigación en la Amazonia del Ecuador. Resumen. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Escuela de Biología. Quito.

Arnell N.W., Livermore M.J.L., Kovats S., Levy P.E., Nicholls R., Parry M.L. & Gaffin S.R. 2004. Climate and Socio- economic scenarios for global- scale climate change impacts assessments: characterising the SRES storylines. *Global Environmental Change*. 14: 3-20.

Cárdenas, R., Buestan, F., Dangles, O. 2009. Diversity and distribution models of horse flies (Diptera: Tabanidae) from Ecuador. *Annales de la Société Entomologique de France* 45 (4): 511-528.

Castro, M., Martín-Vide, J., y Alonso, S. 2005: El clima de España: pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI. En *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático*. Informe del Ministerio de Medio Ambiente.

Constitución de la República del Ecuador (2008). Registro Oficial No. 306. Registro oficial del 22 de octubre. Quito.

Cushman, S.A., 2006. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: A review and prospectus. *Biological Conservation*, 128(2): 231-240.

Chapman, A.D., Wieczorek, J. 2006. Guide to Best Practices for Georeferencing A. D. Chapman & J. Wieczorek, eds., *Global Biodiversity Information Facility*. Disponible en: <http://www2.gbif.org/BioGeomancerGuide.pdf>.

de la Torre L, H. Navarrete, P. Muriel, M.J. Macía y H. Balslev (eds). 2008. *Enciclopedia de las plantas útiles del Ecuador*, Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Herbario AAU Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus. Quito y

Aarhus. (<http://puceqca.puce.edu.ec>).de políticas. Grupo de Trabajo III. Dirección Nacional Forestal.

Elith, J., Graham, C. & the NCEAS Species Distribution Modelling Group. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129–151.

Gobierno Provincial de Napo, 2011. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Napo 202 - Dirección de planificación, ambiente, producción y proyectos.

Gordon, C., Cooper C.A., Banks, H., Gregory, J., Johns, T., Mitchell, R. 2000. The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments. *Climate Dynamics* 16: 147-168.

Gray, C. L., R. E. Bilborrow, J. L. Bremer, and F. Lu. 2008. Indigenous land use in the Ecuadorian Amazon: a crosscultural and multilevel analysis. *Human Ecology* 36:97–109. <http://dx.doi.org/10.1007/s10745-007-9141-6>

Guisan, A. y Zimmermann, N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modelling* 135(2-3): 147-186.

Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P., Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965–1978.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2011, Mitigation of Climate Change, Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Mitigation [En Línea] < <http://srren.ipcc-wg3.de/report> > (Consultado febrero, 2013).

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático). 2000. Informe especial del IPCC. Escenarios de Emisiones. Resumen para responsables de políticas. Grupo de trabajo III: IPCC (International Panel on Climatic Change). 2007 “Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability”. Summary for Policymakers Working Group II. Fourth Assessment Report. Leathwick J.R., Elith J. & Hastie T. 2006.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007 "Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability". Summary for Policymakers Working Group II. Fourth Assessment Report.

Iturralde-Pólit P. 2010. Evaluación del posible impacto del Cambio Climático en el área de distribución de especies de mamíferos del Ecuador. Tesis de licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito

Kohavi, R. 1995. A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. Citeseer, pp. 1137-1145.

Liu, C., Berry, P.M., Dawson, T.P. y Pearson, R.G. 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography* 28(3): 385-393.

MAE. 2011. Gobernanza Forestal en el Ecuador. Quito, Ministerio del Ambiente,

Manel, S., Williams, H.C. y Ormerod, S.J. 2001. Evaluating presence-absence models in ecology: the need to account for prevalence. *Journal of Applied Ecology* 38(5): 921- 931.

Murphy, D. D., Freas, K. E. & Weiss, S. B. (1990). An environment metapopulation approach to population viability analysis for a threatened invertebrate. *Conservation Biology*, 4, 41-51.

Núñez, A., Muñoz, E., Hernández, J., Márquez, J., Colín, J., Jiménez, M., Moreno, N., Herrera, O., López, R. 2008. Georeferenciación de localidades de Colecciones biológicas. Manual de procedimiento. Primera Edición. CONABIO. México.

Pautasso, M. 2007. Scale dependence of the correlation between human population presence and vertebrate and plant species richness. *Ecology Letters* 10:16–24. [http://dx.doi.org/ 10.1111/j.1461-0248.2006.00993.x](http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00993.x)

Philips, S., Dudík, M., Shapire, R. 2004. A maximum entropy approach to Species Distribution Modeling. Proceedings of the 21st. International Conference on Machine Learning. Banff. Canada.

Phillips, S.J., Anderson, R.P., y Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.

Ribot, J.C. 2002. Democratic Decentralization of Natural Resources: Institutionalizing

Toranza, C. 2011. Riqueza de Anfibios de Uruguay: determinantes ambientales y posibles efectos del cambio climático. Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Uruguay.

Tabla 1. Especies vegetales con mayor número de usos reportados para la Provincia del Napo.

| Familia | Género y especie | SAF | Uso 1 | Uso 2 | Uso 3 | Uso 4 | Uso 5 | Uso 6 | Uso 7 | Uso 8 | TOTAL DE USOS |
|---------------|--------------------------------|-----|-------------------------|--------------------|------------|--------------|-----------|------------|-------------------------|----------------|---------------|
| Anacardiaceae | <i>Spondias mombin</i> | SI | alimenticio vertebrados | alimenticio humano | Materiales | | medicinal | | | medioambiental | 5 |
| Asteraceae | <i>Piptocoma discolor</i> | SI | | | Materiales | combustibles | medicinal | uso social | | | 4 |
| Betulaceae | <i>Alnus acuminata</i> | SI | | | Materiales | combustibles | medicinal | uso social | | medioambiental | 5 |
| Bignoniaceae | <i>Jacaranda copaia</i> | SI | | | Materiales | | medicinal | | | | 2 |
| Bombacaceae | <i>Matisia cordata</i> | SI | alimenticio vertebrados | alimenticio humano | Materiales | combustibles | | | | medioambiental | 5 |
| Boraginaceae | <i>Cordia alliodora</i> | SI | | | Materiales | | | uso social | uso apícola | medioambiental | 4 |
| Burseraceae | <i>Dacryodes peruviana</i> | SI | alimenticio vertebrados | alimenticio humano | Materiales | combustibles | | uso social | | | 5 |
| Euphorbiaceae | <i>Caryodendron orinocense</i> | SI | alimenticio vertebrados | alimenticio humano | Materiales | | medicinal | | | | 4 |
| Fabaceae | <i>Inga edulis</i> | SI | alimenticio vertebrados | alimenticio humano | Materiales | combustibles | medicinal | uso social | | medioambiental | 7 |
| Fabaceae | <i>Myroylon balsamum</i> | SI | alimento vertebrados | | Materiales | | medicinal | uso social | | medioambiental | 5 |
| Fabaceae | <i>Schizolobium parahyba</i> | SI | | | Materiales | | | | | medioambiental | 2 |
| Juglandaceae | <i>Juglans neotropica</i> | SI | | alimenticio humano | Materiales | | medicinal | uso social | uso apícola | | 5 |
| Lecythidaceae | <i>Grias neuberthii</i> | SI | alimenticio vertebrados | alimenticio humano | Materiales | | medicinal | uso social | | | 5 |
| Meliaceae | <i>Cedrela odorata</i> | SI | alimenticio vertebrados | | Materiales | | medicinal | | aderezo | | 4 |
| Moraceae | <i>Batocarpus orinocensis</i> | SI | alimenticio vertebrados | alimenticio humano | Materiales | | medicinal | | | | 4 |
| Moraceae | <i>Brosimum utile</i> | SI | alimenticio vertebrados | alimenticio humano | Materiales | | medicinal | | | | 4 |
| Moraceae | <i>Poulsenia armata</i> | SI | | alimenticio humano | Materiales | | medicinal | uso social | | | 4 |
| Ochnaceae | <i>Cespedesia spathulata</i> | SI | | | Materiales | | medicinal | uso social | | | 3 |
| Sapotaceae | <i>Pouteria lucuma</i> | SI | alimenticio vertebrados | alimenticio humano | Materiales | | medicinal | | tóxico para vertebrados | medioambiental | 6 |
| Urticaceae | <i>Pourouma cecropiifolia</i> | SI | alimenticio vertebrados | alimenticio humano | Materiales | | | | | | 3 |

Tabla 2. Variables bioclimáticas.

| VARIABLES AMBIENTALES |
|--|
| BIO1 = Promedio de la temperatura anual |
| BIO2 = Promedio del rango diurno (Promedio mensual max temp - min temp). |
| BIO3 = Isotermalidad(BIO2/BIO7) (* 100) |
| BIO4 = Temperatura estacional (Desviación estándar *100) |
| BIO5 = Max Temperatura del mes más caliente |
| BIO6 = Min Temperatura del mes más frío |
| BIO7 = Rango de Temperatura Anual (BIO5-BIO6) |
| BIO8 = Promedio de temperatura del trimestre más húmedo |
| BIO9 = Promedio de temperatura del trimestre más seco |
| BIO10 = Promedio de temperatura del trimestre más caliente |
| BIO11 = Promedio de temperatura del trimestre más frío |
| BIO12 = Precipitación anual |
| BIO13 = Precipitación del mes más húmedo |
| BIO14 = Precipitación del mes mas seco |
| BIO15 = Precipitación estacional (Coeficiente de variación) |
| BIO16 = Precipitación del trimestre más húmedo |
| BIO17 = Precipitación del trimestre más seco |
| BIO18 = Precipitación del trimestre más caliente |
| BIO19 = Precipitación del trimestre más frío |

Tabla 3. Valores AUC para las especies modeladas.

| Familia | Género y especie | Valor AUC / Actual | Número de Registros |
|----------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Fabaceae | <i>Inga edulis</i> | 0.815 | 76 |
| Burseraceae | <i>Dacryodes peruviana</i> | 0.924 | 43 |
| Meliaceae | <i>Cedrela odorata</i> | 0.851 | 49 |

Tabla 4. Cálculo del promedio y porcentaje territorial, de los modelamientos, según las distintas coberturas de análisis.

| Escenario Actual | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---|----------|--------------|---------|----------------------|---|---------------|-------------|
| *** | | | | | | | | | |
| Cedrela odorata | uso de suelo | Cobertura | Km2 | PROMEDIO Km2 | % | Km2 | Cobertura | uso de suelo | Inga edulis |
| | | Bosque primario | 5196.37 | 5612.32 | 74 | 6028.27 | Bosque primario | | |
| | Bosque secundario | 1845.37 | 1997.725 | 26 | 2150.08 | Bosque secundario | | | |
| | Tieras agropecuarias | 1495.58 | 1512.79 | 20 | 1530 | Tieras agropecuarias | | | |
| | | | | | | | | | |
| | uso potencial | Protección total | 4225.68 | 4758.42 | 63 | 5291.16 | Protección total | uso potencial | |
| | | Terrenos aptos para cultivos y pastos | 377.14 | 412.995 | 5 | 448.85 | Terrenos aptos para cultivos y pastos | | |
| | | Terrenos forestales aptos para cultivos, pastos | 2489.43 | 2493.7 | 33 | 2497.97 | Terrenos forestales aptos para cultivos, pastos | | |
| ** Modelamiento | | 7041.74 | 7613.045 | 61 | 8184.35 | Modelamiento | | | |
| ** Cálculo del porcentaje: relación modelamiento vs superficie total de la provincia del napo (12542.53 km2) | | | | | | | | | |
| *** Cálculo del porcentaje: relación superficie del modelamiento vs tipo de cobertura | | | | | | | | | |
| Escenario 2080 | | | | | | | | | |
| *** | | | | | | | | | |
| Cedrela odorata | | Cobertura | Km2 | PROMEDIO Km2 | % | Km2 | Cobertura | | Inga edulis |
| | | Ganancia | 199.26 | 1378.15 | 18 | 2557.04 | Ganancia | | |
| | | Permanencia | 3591.8 | 4294.92 | 56 | 4998.04 | Permanencia | | |
| | | Pérdida | 5098 | 4143.15 | 54 | 3188.3 | Pérdida | | |
| ** Modelamiento | | 7041.74 | 7613.045 | 61 | 8184.35 | Modelamiento | | | |

Figura 1. División política de la Provincia del Napo.

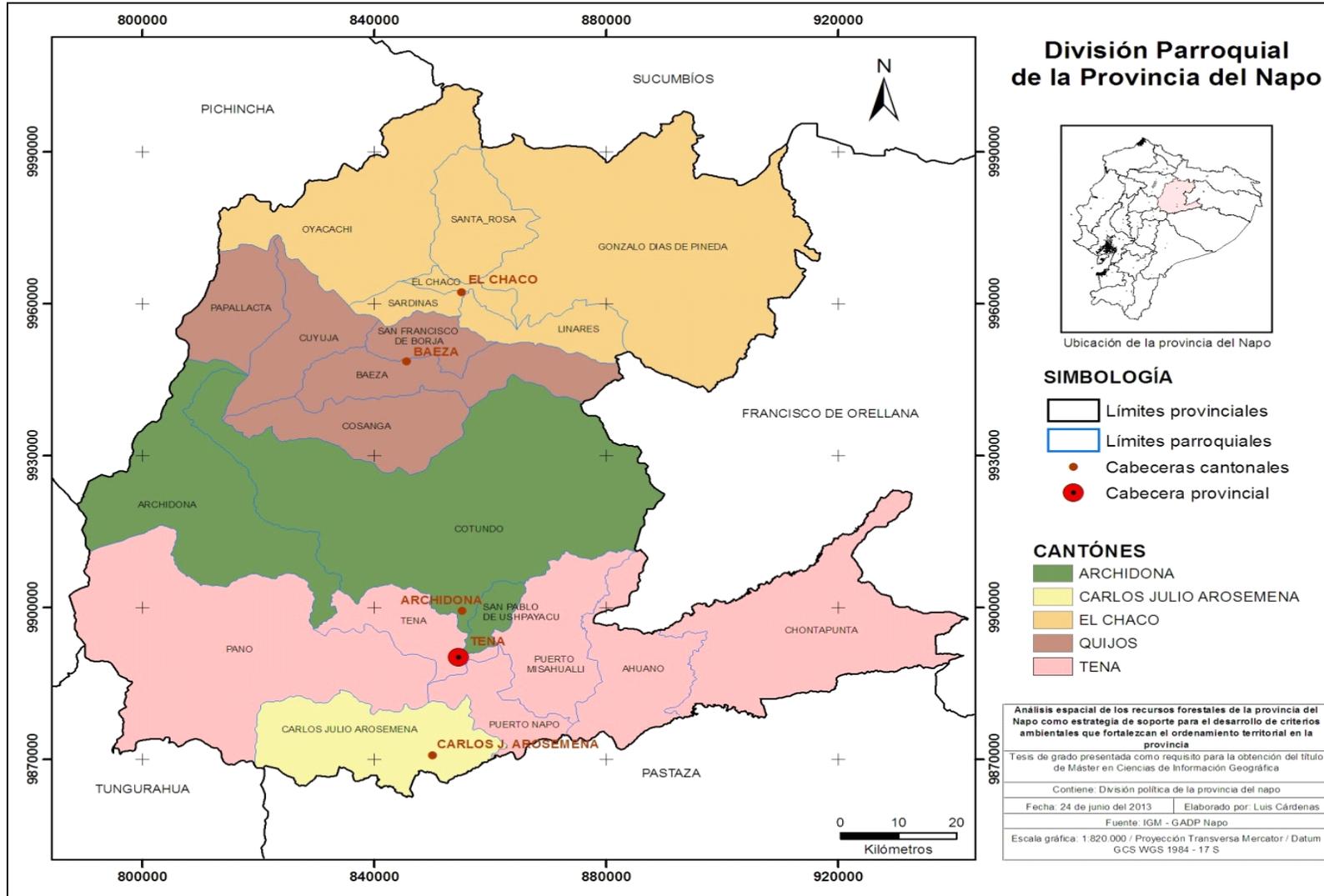


Figura 2. Cobertura vegetal de la Provincia del Napo.

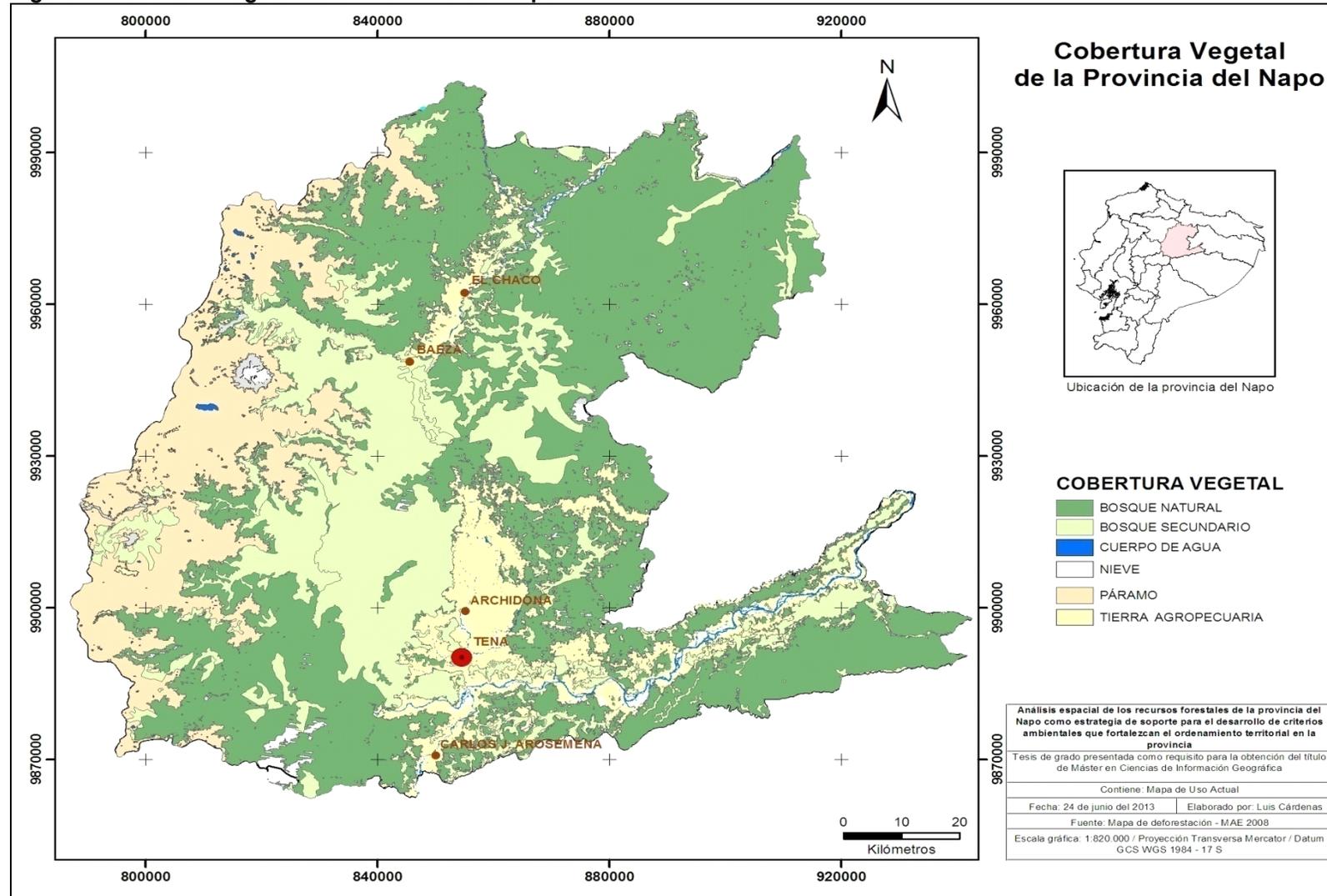


Figura 3. Distribución espacial a nivel nacional de las especies con mayor número de usos para la Provincia del Napo.

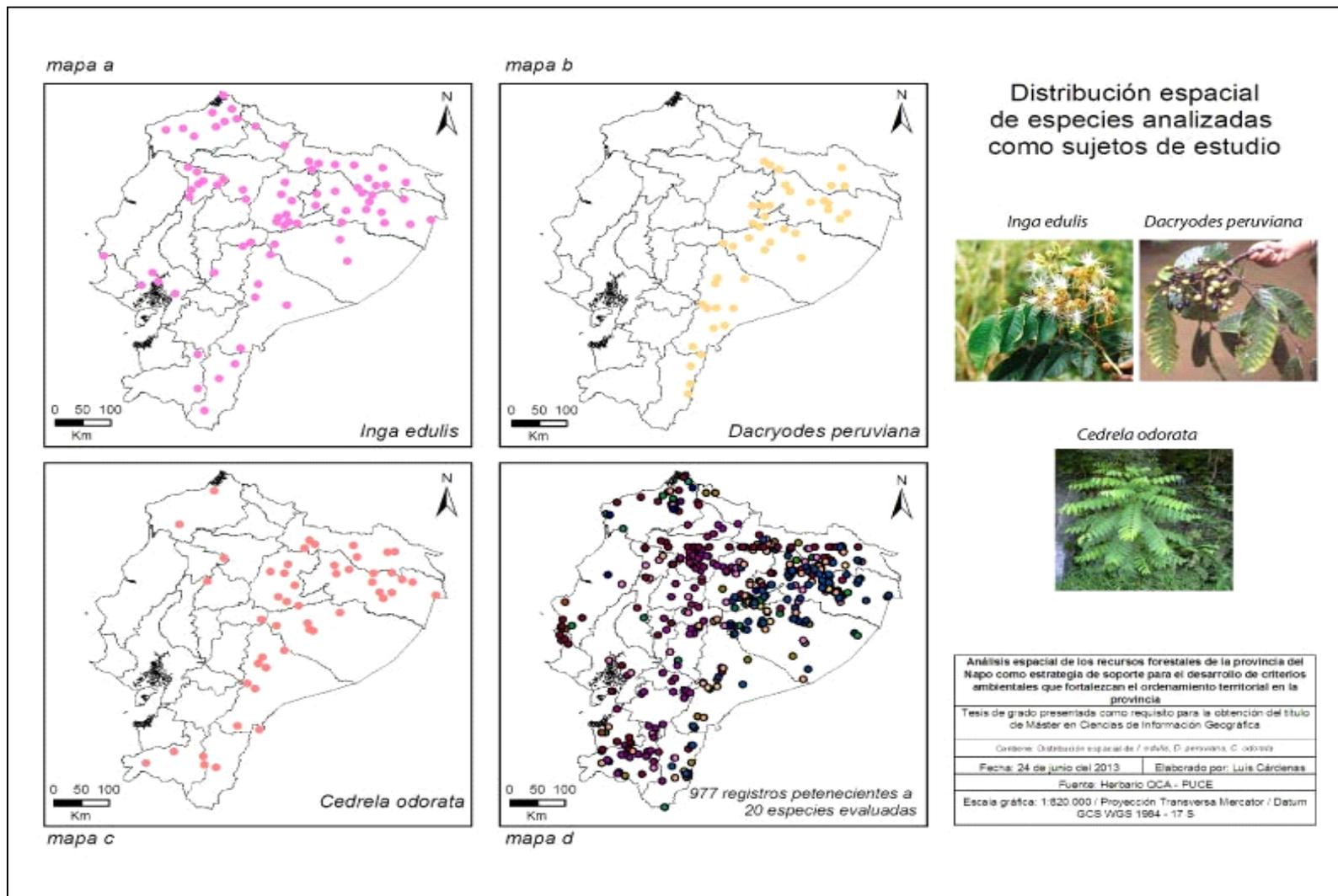


Figura 4. Modelamiento actual de *Inga edulis* Mart. *D. peruviana*. *Cedreia odorata* L. para la Provincia del Napo

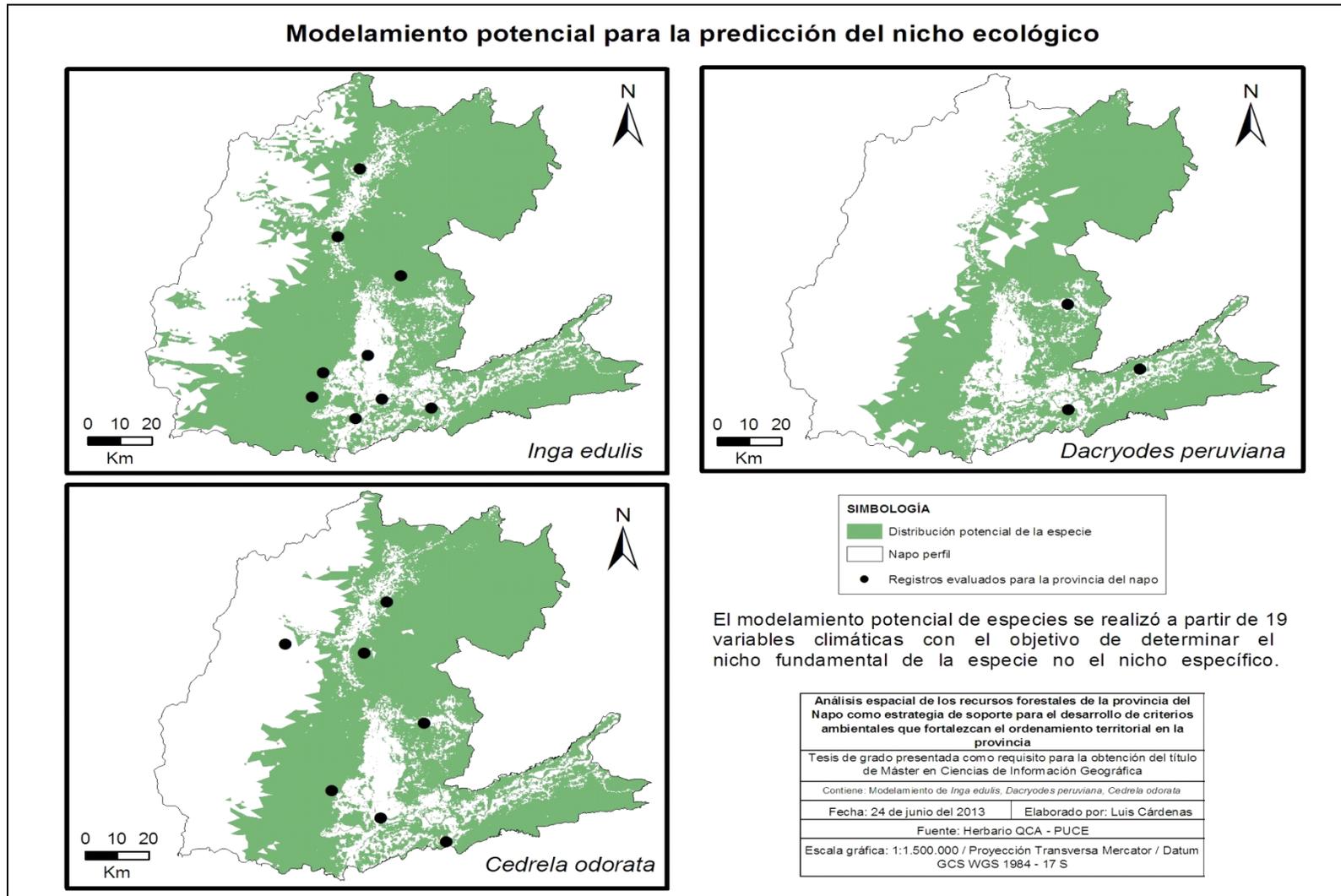


Figura 5. Análisis territorial en función del modelamiento potencial de *Cedrela odorata* L.

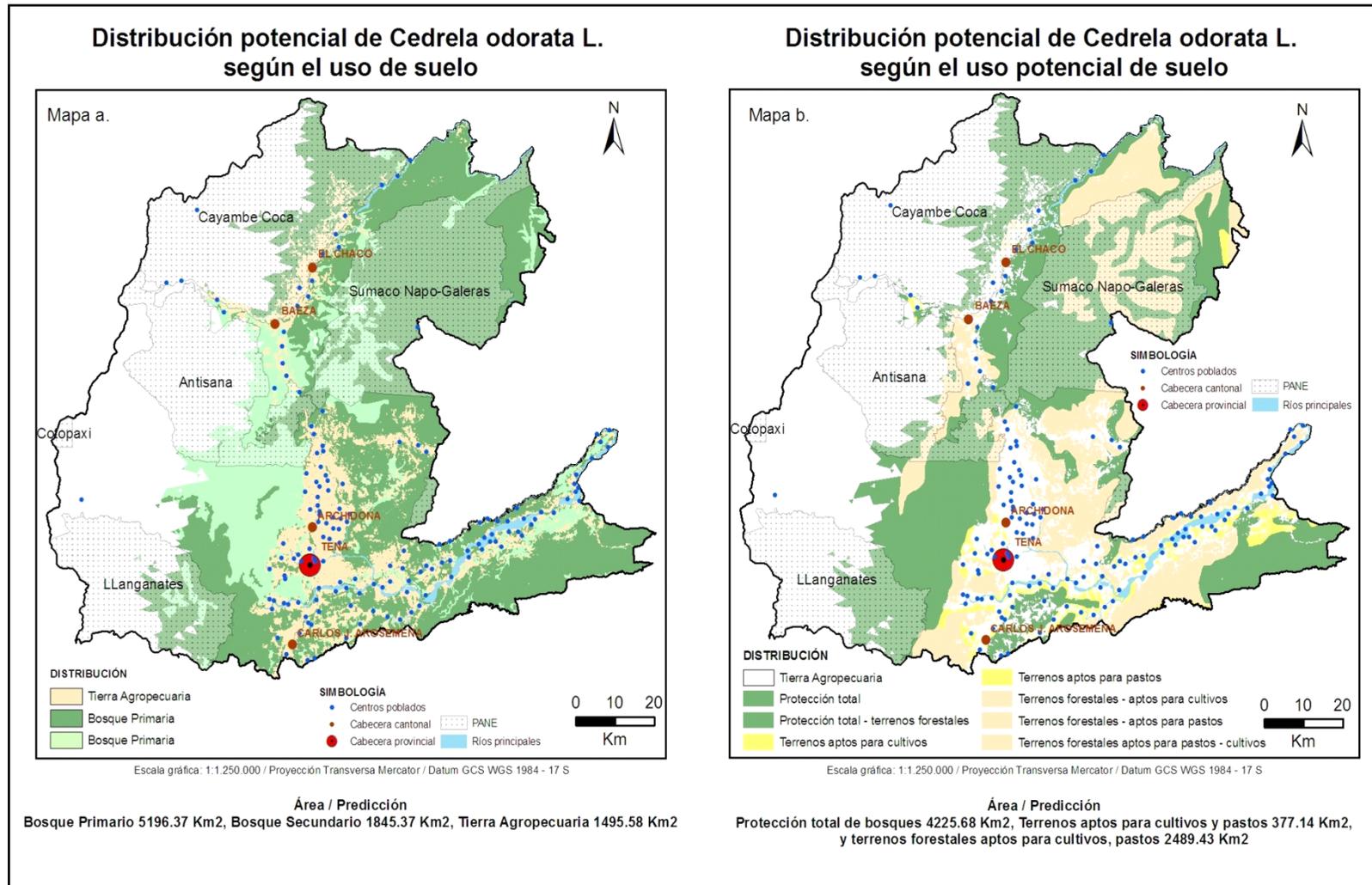


Figura 6. Análisis territorial en función del modelamiento potencial de *Inga edulis* Mart.

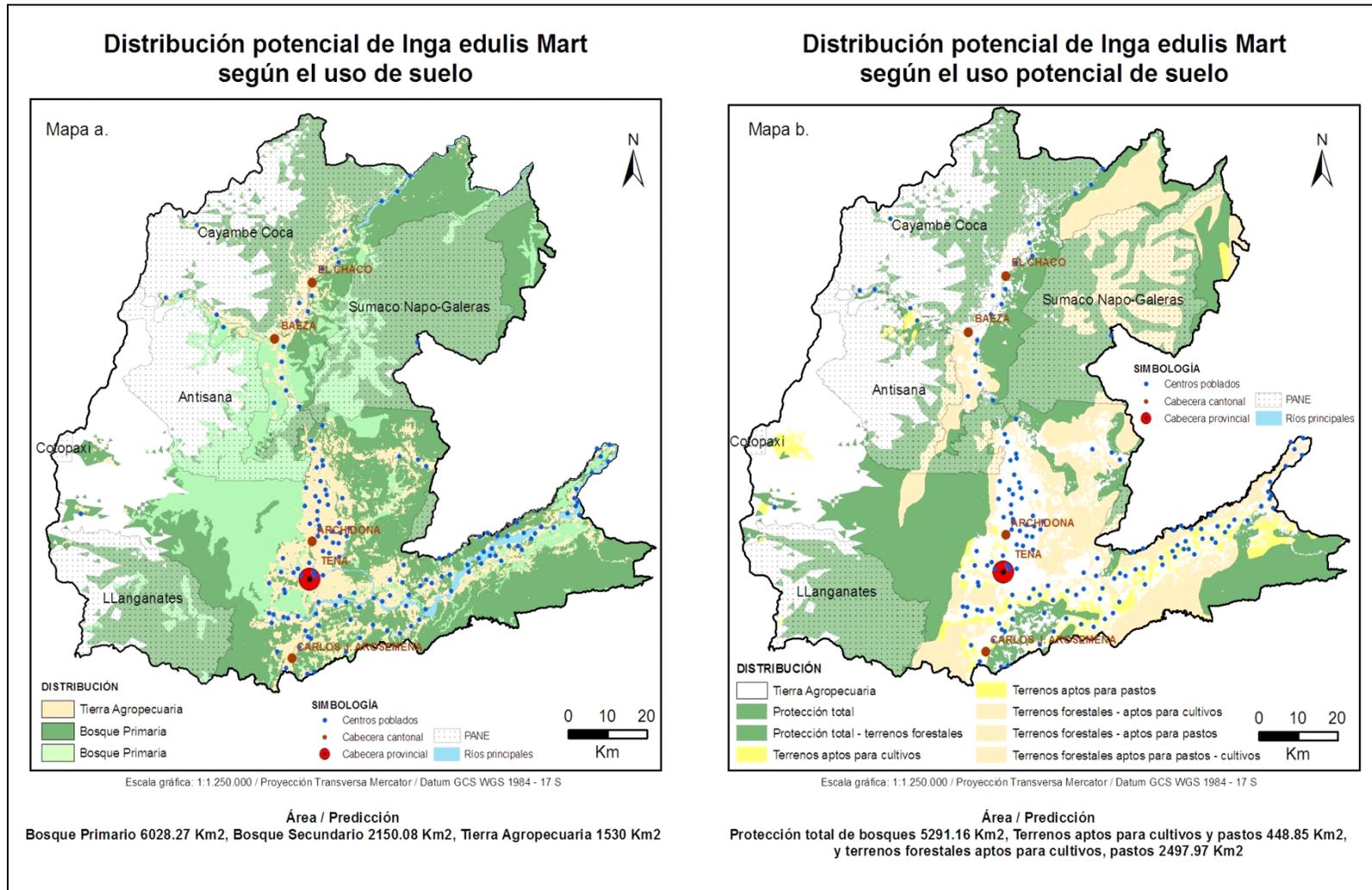


Figura 7. Análisis territorial del modelamiento para *Cedrela odorata* L. e *Inga edulis* Mart. entre el modelo actual y 2080.

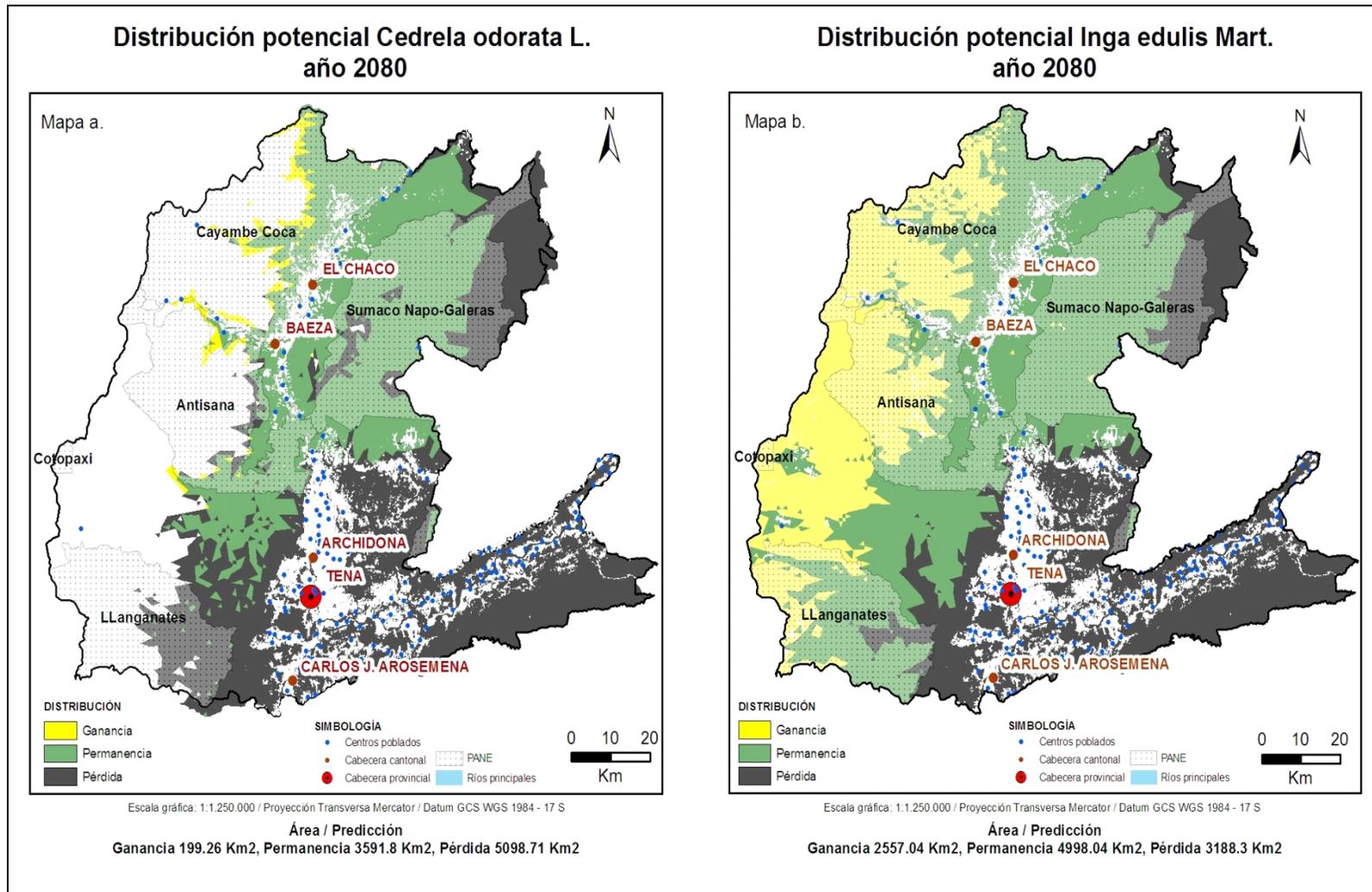


Imagen 1. Análisis territorial en función de los resultados obtenidos.

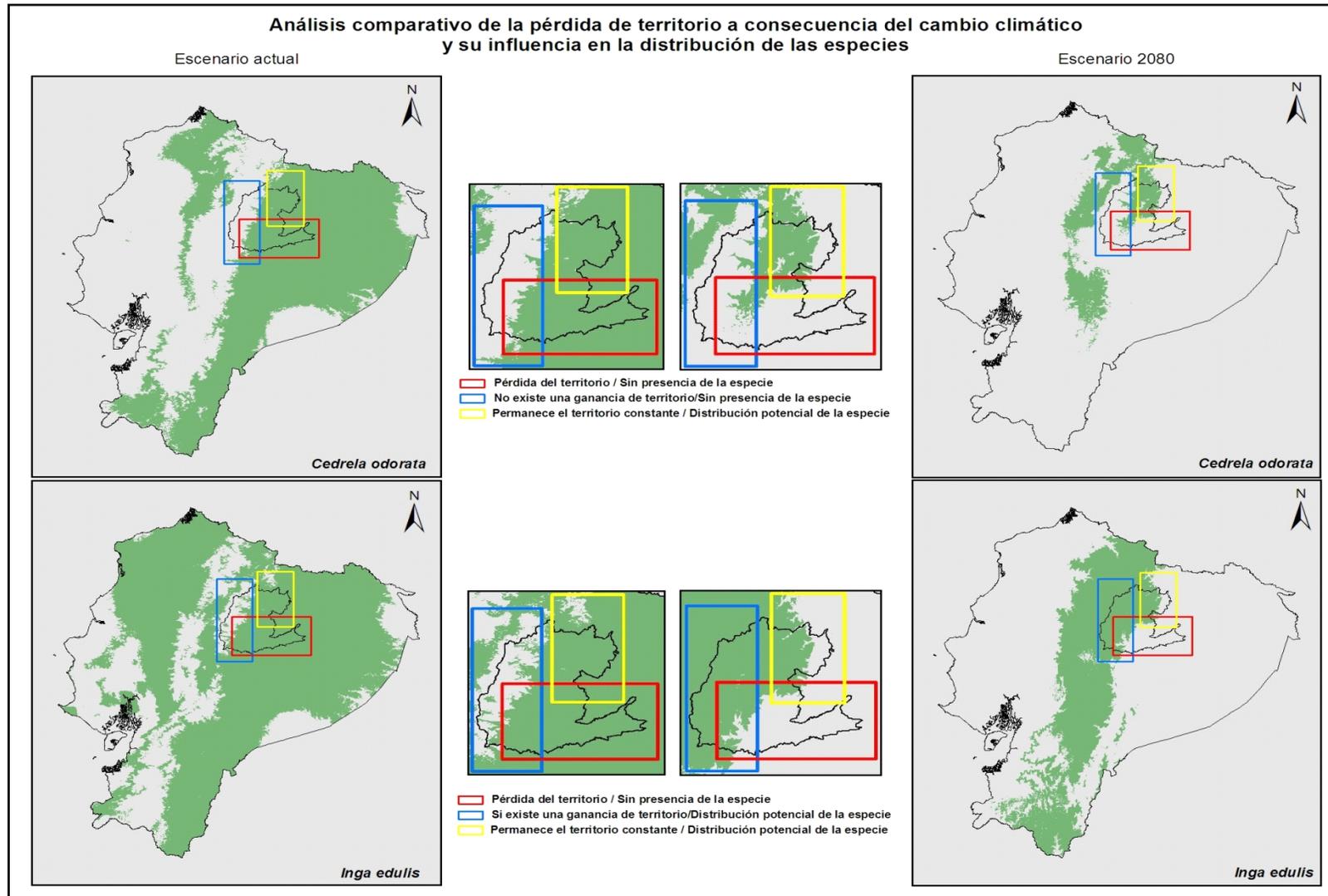


Imagen 2. Fotografías aéreas de distintos escenarios de la Provincia Napo.

