



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
*La Universidad Católica de Loja*

**AREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA**

**TÍTULO DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**Evaluación de la calidad y riesgo de la vegetación del Bosque Protector la  
Ceiba y su área de influencia.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**AUTORA:** Ruiz Vinces, María del Cisne

**DIRECTORA:** Tapia Armijos, María Fernanda, PhD.

**LOJA-ECUADOR**

**2018**



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

2018

## APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

PhD.

Rosa Enith Armijos González

**DOCENTE DE TITULACIÓN**

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: Evaluación de la calidad y riesgo de la vegetación del Bosque Protector la Ceiba y su área de influencia realizado por María del Cisne Ruiz Vincés, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, febrero de 2018

f : .....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo, María del Cisne Ruiz Vincés declaro ser autora del presente trabajo de titulación: Evaluación de la calidad y riesgo de la vegetación del Bosque Protector la Ceiba y su área de influencia, de la Titulación de Gestión Ambiental, siendo la PhD., María Fernanda Tapia Armijos directora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f : .....

Autor: María del Cisne Ruiz Vincés

Cédula: 2100769989

## DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a mi familia. En especial a mi madre, quien me ha dado el apoyo necesario para culminar mi carrera universitaria y lograr todos los otros retos propuestos. A mis hermanos, Aldo y Jessica quienes junto a mi cuñado Guido han sabido brindarme las palabras necesarias y han sido mi ejemplo de superación. A mis sobrinos, Camilita y Guidito quienes son mi alegría y orgullo.

A mis compañeras de vida, quienes me enseñaron el verdadero sentido de la amistad y estuvieron conmigo en las adversidades.

María del Cisne Ruiz Vincés

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por ser mi guía en este camino.

Un especial agradecimiento a mi tutora del presente trabajo de titulación, PhD. María Fernanda Tapia, por confiar en mí desde el principio y darme la oportunidad de elaborar esta investigación, así como su paciencia y guianza en el proceso. Al Mgtr. Leonardo Ordoñez-Delgado por su tiempo y conocimientos compartidos para resolver mis dudas. A mi compañera Daniela, por su compañía en el proceso.

A la Universidad Técnica Particular de Loja, por las oportunidades que me ha brindado para superarme académicamente, y por sus instalaciones para llevar a cabo este estudio. Finalmente, pero no menos importante, a mi Madre, por creer en mí.

María del Cisne Ruiz Vinces

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CARÁTULA</b> .....	<b>i</b>
<b>APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b> .....	<b>ii</b>
<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS</b> .....	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>v</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
<b>CAPITULO I</b> .....	<b>6</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>6</b>
1.1 Bosque Seco .....	7
1.1.1 Generalidades.....	7
1.1.2 Situación actual.....	8
1.1.3 Región Tumbesina y BTES en el sur del Ecuador.....	9
1.2 Desertificación en el sur del Ecuador .....	10
1.3 Servicios ecosistémicos que presta el bosque seco.....	11
1.3.1 Hábitat. ....	12
1.4 Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y sistemas de interpretación de imágenes como herramientas para mapear la vegetación .....	14
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>17</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>17</b>
2.1 Área de estudio.....	18
2.2 Metodología .....	19
2.2.1 Cobertura y uso de suelo. ....	19
2.2.2 Calidad de la vegetación.....	20
2.2.3 Nivel de riesgo de la vegetación. ....	21
<b>CAPITULO III</b> .....	<b>24</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>24</b>
3.1 Resultados y discusión .....	25
3.1.1 Cobertura y uso de suelo. ....	25
3.1.2 Calidad de la vegetación.....	30
3.1.3 Nivel de riesgo de la vegetación. ....	33
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>37</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>38</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>39</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

<b>Figura 1.</b> Clasificación de los servicios ecosistémicos.....	12
<b>Figura 2.</b> Categoría de hábitats según la superficie .....	13
<b>Figura 3.</b> Ubicación de la zona de estudio; Bosque Protector La Ceiba y su área de influencia .....	18
<b>Figura 4.</b> Mapa de cobertura y uso del suelo en el Bosque Protector la Ceiba y su área de influencia .....	26
<b>Figura 5.</b> Porcentaje de superficie cubierta por cada clase al interior del BP La Ceiba y en su área de influencia. ....	28
<b>Figura 6.</b> Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) para a) la zona de influencia y b) Bosque Protector La Ceiba. La moda es resaltada con el color rojo .....	31
<b>Figura 7.</b> Índice de vegetación NDVI del BP La Ceiba y su área de influencia .....	32
<b>Figura 8.</b> Mapa de la vegetación vulnerable del Bosque Protector la Ceiba y su área de influencia .....	34
<b>Tabla 1.</b> Coste de movilización a través del terreno, basado en van Wagtendonk y Benedict (1980) .....	22
<b>Tabla 2.</b> Valores para la reclasificación de .....	23
<b>Tabla 3.</b> Superficie cubierta por cada tipo de cobertura en Bosque Protector La Ceiba y su área de influencia .....	27
<b>Tabla 4.</b> Matriz de confusión obtenida para la clasificación de la imagen Landsat 8 e información auxiliar. ....	30

## RESUMEN

Se analizó la remanencia y estado de la vegetación del Bosque protector la Ceiba y su área de influencia y el nivel de riesgo al que está expuesta. Para ello se obtuvo la cobertura y uso del suelo del área de estudio, y se determinó el estado de la vegetación en base al uso del índice de vegetación NDVI. Así mismo, se evaluó el nivel de riesgo al que está expuesta la vegetación remanente analizando la influencia espacial de varios factores antrópicos. Los principales resultados muestran que los remanentes de vegetación ocupan un 78,19% del área de estudio, consolidándose como la cobertura dominante de la zona, los valores de NDVI indican que la zona cuenta con buena calidad de vegetación. Sin embargo, pese a estos resultados positivos, más del 60% de esta vegetación presenta un nivel de riesgo alto. Los resultados sugieren que la expansión de las actividades antrópicas del cantón Zapotillo supone un riesgo para la vegetación del bosque protector y que sería necesario incrementar y mejorar estrategias de planificación para la conservación en zonas aledañas al bosque protector.

**Palabras clave:** Bosque Protector La Ceiba; Bosque seco; SIG; Zapotillo.

## **ABSTRACT**

The present study analyzed the state of native vegetation and its remanence and risk level at the La Ceiba protected forest and its influence area. For this, the cover and land use were obtained from a Landsat 8 satellite scene. The state of the vegetation was determined based on the use of the NDVI vegetation index. As well as the risk level to which the remaining vegetation is exposed was evaluated by analyzing the spatial influence of several anthropic factors. The results show that the remnant vegetation occupies around 78% of the study area, consolidating as the dominant coverage. NDVI values indicate the area has good vegetation quality. Nevertheless, despite these positive results, more than 60% of this vegetation presents a high risk level. The results also suggest the expansion of anthropic activities in the Zapotillo canton supposing a risk to the vegetation inside the protected forest. In this context, it is necessary to increase and develop planning strategies for conservation in the surrounding forest of the protected area s.

**Keys words:** Bosque Protector La Ceiba; Dry forest; GIS; Zapotillo.

## INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales estacionalmente secos (BTES) están dentro del grupo de los ecosistemas más amenazados y menos estudiados a nivel mundial (Miles *et al.*, 2006; Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010; Aide *et al.*, 2012). Se encuentran distribuidos de manera aislada entre América Latina, África y Asia, comprendiendo un poco menos de la mitad de los bosques tropicales y subtropicales del mundo (Díaz, 2006). Son una fuente importante de trabajo y alimentación para las poblaciones que ahí habitan, poseen altos niveles de endemismo y prestan varios servicios ambientales y ecosistémicos esenciales. Por ejemplo, desempeñan un rol importante en la gestión del agua, el aprovisionamiento de ganado, los procesos de polinización, secuestro de carbono y la regulación del ciclo de nutrientes, además de ser una fuente importante de combustible, madera y plantas medicinales (Maass *et al.*, 2005; Balvanera, 2012; Carreño, Frank, y Viglizzo, 2012).

La principal amenaza que presenta este ecosistema es la deforestación, como resultado de la conversión del bosque a zonas urbanas y tierras agrícolas (Blackie *et al.*, 2014). De acuerdo a Rosero-Bixby y Palloni (1998), esta deforestación es mayor en zonas tropicales secas con suelos aptos para la agricultura que se encuentren a menos de 2 km de distancia de vías y ríos. La deforestación combinada con múltiples factores biofísicos y sociales como las variaciones climáticas, el crecimiento poblacional, el incremento de la accesibilidad (principalmente creación de caminos de acceso a través o cerca de un ecosistema para acceder a fuentes de agua), la mala gestión de las tierras para las actividades humanas (extensión de cultivo, pastoreo excesivo y extracción de madera), entre otros son causantes también de la desertificación, principalmente en ecosistemas semiáridos frágiles (Rosero-Bixby y Palloni, 1998; Lambin y Geist, 2003; Armenteras y Rodríguez, 2014).

Se estima que sólo en Sudamérica ha desaparecido cerca del 60% de la superficie cubierta por bosques secos por diversas causas (Eva *et al.*, 2004). En Ecuador se ha registrado una pérdida de más del 50% de la cobertura total (Aguirre, 2012; Briceño, Iñiguez-Gallardo, y Ravera, 2016). Los remanentes mejor conservados de este tipo de ecosistemas se encuentran en el sur del Ecuador desde la provincia del Oro hasta la frontera con Perú (Aguirre, Cueva, Merino, Quizhpe, y Valverde, 2001; Ordóñez-Delgado *et al.*, 2016).

Los bosques secos de la Región Sur cubren una extensión aproximada de 5000 km<sup>2</sup> (Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE], 2015). Su composición florística es única en relación con otros remanentes sudamericanos, principalmente por el aislamiento biogeográfico que caracteriza a estas formaciones, pero también por las condiciones

geográficas de esta área, la cual se encuentra ubicada dentro de la Depresión Amotape–Huancabamba, dando como resultado altos niveles de endemismo (Davis, Heywood, Herrera-MacBryde, Villa-Lobos y Hamilton, 1997; Sierra, Cerón, Palacios y Valencia, 1999; Peralvo, Sierra, Young y Ulloa-Ulloa, 2007; Espinosa, De la Cruz, Luzuriaga y Escudero, 2012). Al igual que los remanentes en el resto del país se encuentran expuestos a una alta presión humana que ha provocado una disminución en su integridad ecológica (Tapia-Armijos, Homeier y Munt, 2017; Tapia-Armijos *et al.*, in prep). Esto junto al bajo nivel de protección que caracteriza a este ecosistema, los hace altamente vulnerables a la degradación.

Hasta ahora pocos son los estudios que hablan sobre el nivel de conservación de los bosques secos del Sur del Ecuador. Por ello, es necesario levantar información que permita evaluar el estado actual de remanencia de la vegetación y la calidad de esa vegetación, así como determinar el nivel de vulnerabilidad al que está expuesta la vegetación remanente. De esta forma se podrá aportar con información oportuna para la conservación y manejo de estos ecosistemas, especialmente vulnerables.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar la remanencia y estado de la vegetación del Bosque protector la Ceiba y su área de influencia y el nivel de riesgo a la que está expuesta.

### **Objetivos específicos**

- Obtener la cobertura y uso del suelo para el Bosque Protector la Ceiba y su área de influencia.
- Determinar el estado de la vegetación en base al uso de índices de vegetación.
- Evaluar el nivel de riesgo al que está expuesta la vegetación remanente analizando la influencia espacial de varios factores antrópicos.

**CAPITULO I**  
**MARCO TEÓRICO**

## **1.1 Bosque Seco**

### **1.1.1 Generalidades.**

El término BTES fue acuñado por Murphy y Lugo en 1995 (Espinosa, 2012). Pennington, Prado y Pendry (2000) definen a los bosques secos como aquellas formaciones vegetales cuya precipitación anual es menor a 1600 mm, presentan una estación seca de cinco a seis meses y la precipitación total está por debajo de los 100 mm. Su característica principal es que generalmente la mayoría de sus especies de flora, aproximadamente el 75%, pierden el follaje durante la temporada de menor (Aguirre, Kvist y Sanchez, 2006). Según Aguirre y Kvits (2005) estos bosques tienen una amplia diversidad de plantas vasculares y una productividad primaria neta menor que los bosques húmedos. Otra propiedad de este ecosistema es que durante el período de sequía se origina una acumulación de hojarasca muy importante que tarda en descomponerse hasta la llegada de la época de lluvias debido a la baja humedad durante el resto del año (Pennington *et al.*, 2000).

Según Lamprecht (1990) a nivel mundial los bosques secos están localizados a ambos lados de la línea ecuatorial en sitios en donde la evapotranspiración potencial es mayor a la precipitación, como por ejemplo el centro y sur de América, el suroeste de África y partes del suroeste de Asia (Díaz, 2006), representando el 42% de los bosques que existen en el mundo (Miles *et al.*, 2006). En el Neotrópico, Linares-Palomino (2004) señala los bosques secos que se encuentran más cerca de la línea ecuatorial están restringidos en manchas aisladas en la zona occidental del continente, donde se pueden distinguir cuatro áreas principales: 1) la costa caribeña de Venezuela y Colombia; 2) la costa (sur-occidental) de Ecuador y (noroccidental) de Perú; 3) los Valles interandinos aislados en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia y; 4) al oriente de la cordillera andina en una área relativamente pequeña en el departamento de San Martín de Perú.

Los bosques estacionalmente secos tienen importancia ambiental, social, cultural y económica para la población rural y urbana que se encuentra en constante interacción con éstos, debido a la calidad y cantidad de productos forestales madereros, productos forestales no madereros y servicios ecosistémicos que ofrecen (Aguirre, 2012). En cuanto a su importancia biológica, varias investigaciones han demostrado que, a pesar de tener una menor diversidad florística en comparación con los bosques lluviosos, estos bosques poseen composiciones únicas de especies con altos niveles de endemismo (Espinosa *et al.*, 2012).

### 1.1.2 Situación actual.

Los bosques tropicales estacionalmente secos son uno de los ecosistemas más amenazados del mundo debido a la fuerte presión antrópica que soportan como por ejemplo la ampliación de la frontera agrícola, el cambio de uso de suelo (principalmente el reemplazo del bosque para pastizales y zonas agrícolas), los incendios forestales, la explotación maderera y el sobre pastoreo (Aguirre y Kvist, 2005) lo que ha provocado la pérdida de su densidad y superficie.

Se estima que a nivel mundial ha desaparecido ya el 48% de la cobertura natural del bosque seco (Espinosa *et al.*, 2012) con tasas anuales de deforestación que varían entre 2 y 4% (Sanchez-Azofeifa y Portillo-Quintero, 2011). Los remanentes que existen en el Neotrópico constituyen cerca del 66% de la superficie de bosques tropicales estacionalmente secos del mundo (Miles *et al.*, 2006).

Una de las razones por las cuales los bosques secos están amenazados es la accesibilidad que poseen, debido a su rango de distribución altitudinal (0-200 m.s.n.m) permite un fácil acceso para realizar diferentes actividades antropogénicas, dando como resultado la pérdida de nutrientes y la degradación del suelo (Maass *et al.*, 2002). En este sentido, las regiones de América del sur, África y Eurasia posee la superficie de bosque seco con más alto riesgo de amenaza por actividades como la expansión agrícola y el crecimiento poblacional (Miles *et al.*, 2006). Otra de las amenazas que presentan los bosques secos es el desarrollo económico local, puesto que estos bosques son fuente de economía para varias localidades de escasos recursos, existen disputas entre las instituciones de conservación y políticas, sobre la forma de aprovechamiento de los recursos maderables y no maderables que ofrecen estos bosques (Blackie *et al.*, 2014).

Por último, un estudio de Lasco, Pulhin, Sanchez, Villamor y Villegas (2008), demuestra que los bosques tropicales secos son el ecosistema de bosque más vulnerable al cambio climático, como consecuencia de esto tenemos que cerca del 38% de los BTES degradados se encuentran en la región de América Latina (Miles *et al.*, 2006). En general, a nivel mundial menos del 3% de BTES no se encuentran bajo la influencia de alguna amenaza, este 3% generalmente se encuentra dentro de las áreas protegidas, siendo la zona de América del sur la que cuenta con más del 70% de superficie de áreas protegidas de bosque seco (Miles *et al.*, 2006).

### 1.1.3 Región Tumbesina y BTES en el sur del Ecuador.

Las costas suroccidental y noroccidental de Ecuador y Perú respectivamente, constituyen la denominada Región Tumbesina, ubicada en el Neotrópico. Esta región abarca una extensión de 130 000 km<sup>2</sup> con un rango de altitud que varía entre 0 y 3000 m.s.n.m (BirdLife International, 2015). Su clima es cálido-seco y se caracteriza por tener una estación seca bien definida con una temperatura que oscila entre 24 °C a 27 °C (World Wildlife Fund [WWF], 2015).

La Región Tumbesina Identificada como “*Endemic Bird Area*” (EBA), es una de las zonas de endemismo más importante a nivel mundial pero también una de las más amenazadas, que se destaca por poseer 800 especies de aves de las cuales 55 son endémicas (7%), 142 especies de mamíferos de los cuales 54 se consideran endémicas (38%), asimismo posee 6.300 especies de plantas con 1290 endémicas (20,5%) (BirdLife International, 2015). Además, el 49% de su territorio está formado por bosque seco, lo que la hace la región con el remanente más grande de bosque seco de Sudamérica (Aguirre, Kvist, & Sanchez, 2006; WWF, 2015)

En Ecuador, estos bosques se encuentran distribuidos al sur de la provincia de Esmeraldas y en las provincias de Manabí, Santa Elena, Guayas, El Oro y Loja. Los bosques secos de la región sur del Ecuador cubren una superficie total de 5 010 km<sup>2</sup> y se distribuyen en 8 cantones; 7 pertenecen a la provincia de Loja (Zapotillo, Sozoranga, Puyango, Pindal, Paltas, Macará, Celica) y uno a la provincia de El Oro (Arenillas). (MAE, 2015). Estos bosques que se unen a las formaciones áridas y semiáridas del norte de Perú forman una zona que se caracteriza porque las faldas occidentales corresponden a áreas más secas y las montañas son mucho más bajas, por lo que es posible encontrar a los bosques secos interandinos desde los 1.300 m.s.n.m, lo que facilita un mayor intercambio entre bosques de la costa y los bosques interandinos (Aguirre *et al.*, 2006).

De acuerdo a Aguirre *et al.* (2006) el bosque seco del suroccidente del Ecuador está caracterizado por 5 formaciones vegetales:

- ***Matorral seco espinoso***

Este tipo de formación se localizan en las provincias de El Oro y Loja, entre 0 y 200 m.s.n.m, en suelos con escasas colinas en las partes más secas y cálidas, casi todas las especies pierden su follaje en la estación seca. La vegetación es xerofítica, espinosa y achaparrada con presencia de cactus columnares, con arbustos de los géneros Capparis, Croton y Euphorbia y árboles aislados, en particular de la familia Mimosaceae.

- **Bosque seco deciduo**

Se localiza a sur-occidental de Loja en los cantones de Zapotillo y Macará. Se caracterizan por presentar diferentes grados de intervención antropogénica. El 75% de las especies pierde sus hojas en la temporada seca. Su vegetación está caracterizada por *Ceiba trichistandra*, especies de la familia Bombacaceae y *Tabebuia chrysantha*.

- **Bosque seco semideciduo**

Se encuentran en Loja y El Oro entre 200 y 1100 m.s.n.m en colinas con mayor humedad que los bosques deciduos. Entre 25-75% de sus especies vegetales pierde sus hojas durante la estación seca. Algunas especies características son: *Centrolobium ochroxylum*, *Phytolacca dioica*, *Triplaris cumingiana*, *Cochlospermum vitifolium* y *Gallesia integrifolia*.

- **Bosque seco montano bajo**

Localizados al sur en las provincias de Loja y El Oro, en colinas de 900 hasta 1600 m.s.n.m., donde incluso durante la temporada seca se presenta precipitaciones, por esta razón más del 50% de la vegetación puede conservar su follaje. Algunas especies características son: *Fulcaldea laurifolia*, *Chionanthus pubescens*, *Annona cherimolia*, *Tecoma stans*, *Jacaranda sparrei* y *Cordia alliodora*.

- **Bosque seco interandino del Sur**

Esta formación se encuentra en los valles de Loja (Catamayo, Vilcabamba, Malacatos, Quinara) entre 1100 y 2000 m.s.n.m, está vegetación es un tipo matorral achaparrado; existe una mezcla de plantas con espinas y especies que poseen látex, se encuentra bosques de *Acacia macracantha*, *Anadenanthera colubrina*, *Ceiba insignis* y *Cydistax antisiphilitica*.

## 1.2 Desertificación en el sur del Ecuador

De acuerdo a la FAO (2002), la desertificación es la degradación de las zonas subhúmedas secas, tierras áridas y semiáridas. Ésta es causada principalmente por la combinación de la deforestación con otros factores antrópicos y naturales, donde bienes y servicios de los ecosistemas se ven seriamente afectados (Rosero-Bixby y Palloni, 1998; Reynolds y Stafford Smith, 2002; Armenteras y Rodríguez, 2014). Las zonas secas constituyen el sitio donde viven aproximadamente 1/5 de la población humana, y se encuentran ampliamente asociadas con la desertificación (Reynolds y Stafford Smith, 2002).

Según Morales *et al.* (2010), en el Ecuador cerca del 47% del territorio presenta problemas de degradación de tierras, de los cuales aproximadamente la mitad (22,9%) es susceptible a la desertificación, cuya vulnerabilidad está potenciada por factores naturales como la sequía (Segarra, 2014). En cuanto a la provincia de Loja, ésta se encuentra en el grupo de las provincias con mayor desertificación del país, a las que se suman El Oro, Manabí, Azuay, Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi y Pichicha (MAE, 2015).

### **1.3 Servicios ecosistémicos que presta el bosque seco**

Se entiende como servicios ecosistémicos a los beneficios directos e indirectos que obtienen, consumen y disfrutan las comunidades humanas de los ecosistemas (Daily, 1997; Irwin & Ranganathan, 2008; Quijas, Schmid y Balvanera, 2010). La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EEM, 2005) clasifica a los servicios que ofrecen los ecosistemas en cuatro grandes grupos. El primero de ellos corresponde a los *servicios de producción* también llamados servicios de suministro que son aquellos servicios que se obtienen de forma directa del ecosistema y se los puede consumir como por ejemplo el agua, materiales de construcción, fuentes de energía, medicinas naturales, entre otros. Los *servicios de regulación* son los que regulan los procesos de los ecosistemas, las condiciones en las que habitamos y en las que realizamos las actividades económicas y productivas (Maass, *et al.*, 2005; Cordero, Moreno-Díaz, y Kosmus, 2008), entre estos se encuentra la regulación del clima, regulación de la erosión, polinización, entre otros más. Los *servicios culturales* son aquellos beneficios tangibles o intangibles que se obtienen de los ecosistemas y pueden producir en las personas experiencias satisfactorias o beneficiosas a través de actividades recreativas, enriquecimiento espiritual, cultural, relaciones sociales. Finalmente, los servicios de apoyo o servicios de soporte, son los procesos ecosistémicos básicos, necesarios para la obtención de todos los demás servicios que ofrecen los ecosistemas (Balvanera, 2012; Cordero, Moreno-Díaz, y Kosmus 2008) como por ejemplo la producción de biomasa, ciclo del agua y formación del suelo (Figura 1).



**Figura 1.** Clasificación de los servicios ecosistémicos

**Fuente:** EEM (2005)

**Elaboración:** La autora

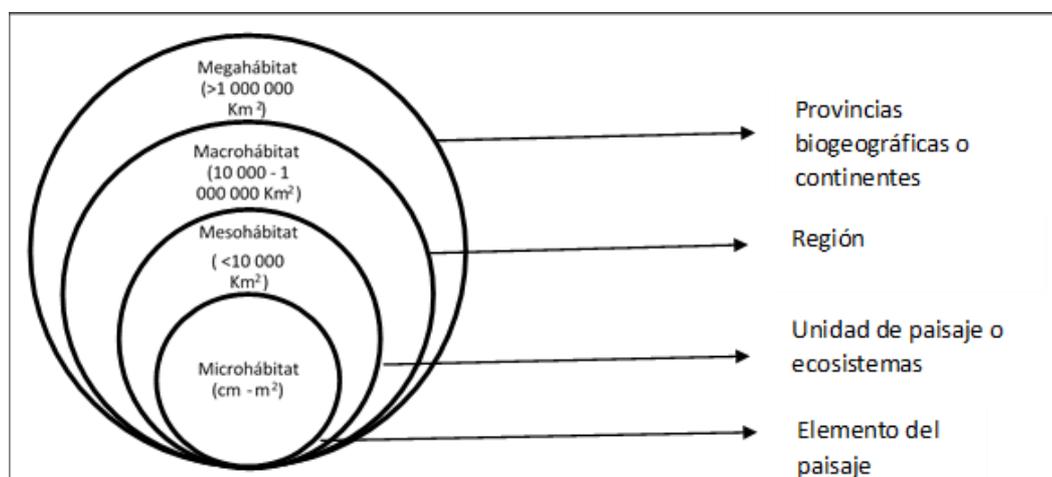
Las condiciones biofísicas en las que se localizan los bosques secos es un factor relevante en la producción de servicios ambientales (Balvanera, 2012). Para garantizar un flujo perpetuo y amplio de los servicios ecosistémicos, un requisito fundamental es la conservación de la biodiversidad forestal (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2009).

Aunque no son muchos los estudios realizados sobre los servicios ecosistémicos que ofrece el bosque seco (Blackiet *et al.*, 2014), Maass *et al.*, (2005), Balvanera (2012) y Carreño *et al.* (2012) consideran que entre los servicios ecosistémicos más relevantes que ofrecen los BTES están; el papel de los bosques secos en la gestión del agua, el aprovisionamiento de ganado, polinización, secuestro de carbono y en el ciclo de nutrientes, combustible, madera y plantas medicinales.

### 1.3.1 Hábitat.

Delfín-Alfonso, Gallina-Tessaro y López-González (2014) consideran que el hábitat es un área que suministra soporte a una especie, población o comunidad, considerando factores físicos y biológicos. También mencionan que existe dos tipos de hábitat; hábitat real, que se refiere a la presencia de la especie en un espacio y, hábitat potencial, la posibilidad de que un espacio pueda ser potencialmente apto para una especie. Una función fundamental del hábitat es la de contribuir a la conservación biológica y genética (Camacho y Ruiz, 2012) y de acuerdo a la FAO incluye los procesos complejos que sostiene otros servicios ecosistémicos. Hugget (1998) categoriza los hábitats en cuatro escalas; micro-hábitats

(pequeña escala), meso-hábitats (mediana escala), macro-hábitats (gran escala) y mega-hábitats (muy grande escala) (Figura 2).



**Figura 2.** Categoría de hábitats según la superficie

**Fuente:** Huggett (1998)

**Elaboración:** La autora

#### - **La vegetación como hábitat**

Para Morrison, Marcot y Mannan, (2006) la vegetación es de gran importancia en la medición de la calidad de hábitat para una variedad de especies de fauna, debido a que es más fácil de medir en comparación con otros procesos y atributos del ecosistema. Blanco (1999) y DeMeo *et al.* (2013) resaltan que la estructura y composición de la vegetación pueden ser considerados como principales indicadores del hábitat para distintas especies; la composición de la vegetación puede describir las especies dominantes, mientras que la estructura describe el tamaño de la especie dominante en un área (DeMeo *et al.*, 2013). Los cambios que existen en estos atributos de la vegetación pueden afectar la calidad del hábitat (Morrison *et al.*, 2006, Willson, 1974). Por otro lado, Parkes, Newell y Cheal (2003), aseguran que la vegetación puede ser considerada en una diversidad de contextos dentro de los servicios ecosistémicos, desde la captura y almacenamiento de carbono, como ciclo de nutriente o agua, hasta como hábitat para especies.

#### - **Factores que condicionan la calidad de hábitat**

Según Clark *et al.* (2000) el riesgo de un ecosistema depende de la exposición a tensiones particulares, su sensibilidad y resiliencia. Armenteras, Rudas, Rodríguez, Sua y Romero (2006) sugieren que las vías de acceso (carreteras y ríos), las poblaciones humanas y el uso del suelo también son determinantes en la calidad de un ecosistema (Batisellas, Brondizio y

Mora, 2000; Nepstad, *et al.*, 2001; Portela y Rademacher, 2001; Laurance, *et al.*, 2002). Asimismo, Armenteras y Rodríguez (2014) enlistan 227 estudios que demuestran que, en las zonas donde se impulsa la construcción de vías, asentamientos humanos y cambio en el uso de suelo, se produce tasas más altas de deforestación, además de producirse procesos de fragmentación, que afectan directamente la calidad del hábitat (Odum, 1995; Younis, Gialbert y Meliá, 1999; Delfín-Alfonso, Gallina y López-González, 2009).

Por la década de los 80's se empieza a observar que la creación de vías es un agente de la deforestación, pero no es sino hasta comienzos del Siglo XXI que aparece con más frecuencia, junto con políticas sectoriales vinculadas a los cultivos para biocombustibles (Rudel, DeFries, Asner y Laurance, 2009; Armenteras y Rodríguez, 2014). En algunos ecosistemas donde la única red de transporte es el río, como en la Amazonía, se ha demostrado que este camino cumple el mismo papel que en aquellos ecosistemas donde la red de transporte es vial (Soares-Filho *et al.*, 2004; Armenteras *et al.*, 2006; Armenteras y Rodríguez, 2014).

Los bosques más afectados, son aquellos donde generalmente se encuentra gran conglomeración de población, en primer lugar, están los BTES seguidos de los bosques montanos (Armenteras y Rodríguez, 2014). Las actividades humanas, junto con los factores naturales pueden causar estragos a escala local o a escala mayor, mediante interacciones sinérgicas y, la intensidad de sus consecuencias y sus soluciones pueden variar de región a región (Reynolds y Stafford Smith, 2002).

#### **1.4 Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y sistemas de interpretación de imágenes como herramientas para mapear la vegetación**

De Groot, Wilson y Boumans (2002), y Feick (2010), sostienen que los sistemas de información geográfica (SIG) permiten simplificar y aclarar la interpretación de la información territorial, logrando integrar las variables biofísicas con atributos geoespaciales, de tal manera que se genere una base de datos en relación a los atributos que componen el espacio geográfico. Además, el uso de los SIG fomenta la participación de los miembros de los sectores públicos y privados en la toma de decisiones, mediante la incorporación del conocimiento local junto con la información espacial compleja, de esta manera se consigue una interacción dinámica y un análisis de alternativas a soluciones (Sieber, 2006; Bryan, Raymond, Crossman y Macdonald, 2010).

Los SIG pueden ser una herramienta útil al momento de generar información para el manejo de los ecosistemas y su conservación. Por ejemplo, permiten proyectar y definir zonas prioritarias para conservación, evaluar la conectividad de los paisajes y conocer el nivel de

fragmentación y sus consecuencias en la calidad del hábitat para las especies (Atkinson *et al.*, 2004; Delfin-Alfonso *et al.*, 2014). Asimismo, combinando con información georeferenciada (fotografía aérea, teledetección, imágenes de satélite), y datos obtenidos en campo, se puede identificar patrones relacionales entre fuentes de información diferentes, que permitan dar una idea de la variación espacial y física de la vegetación ya sea de origen natural o de origen antrópico (Paniagua, Maldonado y Chumacero, 2003; Killeen, Siles, Soria, Correa y Oyola, 2005).

Con esta herramienta se consigue además detectar cambios que ha sufrido la vegetación de un lugar, como la fragmentación ocasionada por la construcción de carreteras, expansión agrícola y asentamientos humanos, así como su relación directa con la deforestación a lo largo del tiempo (Skole y Tucker, 1993; Steininger, 2000; Laurance *et al.*, 2001; Pacheco y Mertens, 2004).

Por otro lado, los sistemas de interpretación de imágenes han sido útiles para el estudio y seguimiento de la cobertura vegetal a diferentes escalas, principalmente por tener ventajas frente a los trabajos de campo, como por ejemplo permitir el acceso a zonas de vegetación que por su ubicación es difícil de acceder, la posibilidad de abarcar grandes extensiones de terreno en menor tiempo y facilitar el uso de información histórica archivada (Justice, Townshend, Holben y Tucker, 1985; Zerda y Tiedmann, 2010; Anaya y Valencia, 2013). Así, para el estudio de la vegetación, se emplean métodos de clasificación digital de imágenes, para alcanzar una homogeneidad con mínimas varianzas, debido a que la vegetación presenta diferentes estructuras (pastizales, matorrales, bosque deciduos, semideciduos, siempre verdes, etc.) (Killeen *et al.*, 2005). Estas clasificaciones se pueden resumir en 1) supervisada, donde el especialista selecciona un grupo de píxeles de acuerdo a su similitud y patrones para guiar al computador y crear 'grupos' o *clusters*; y 2) no supervisada, donde el ordenador por su cuenta crea estos grupos de acuerdo a su similitud espectral (Lillesand y Kiefer, 1994).

### **- Landsat 8**

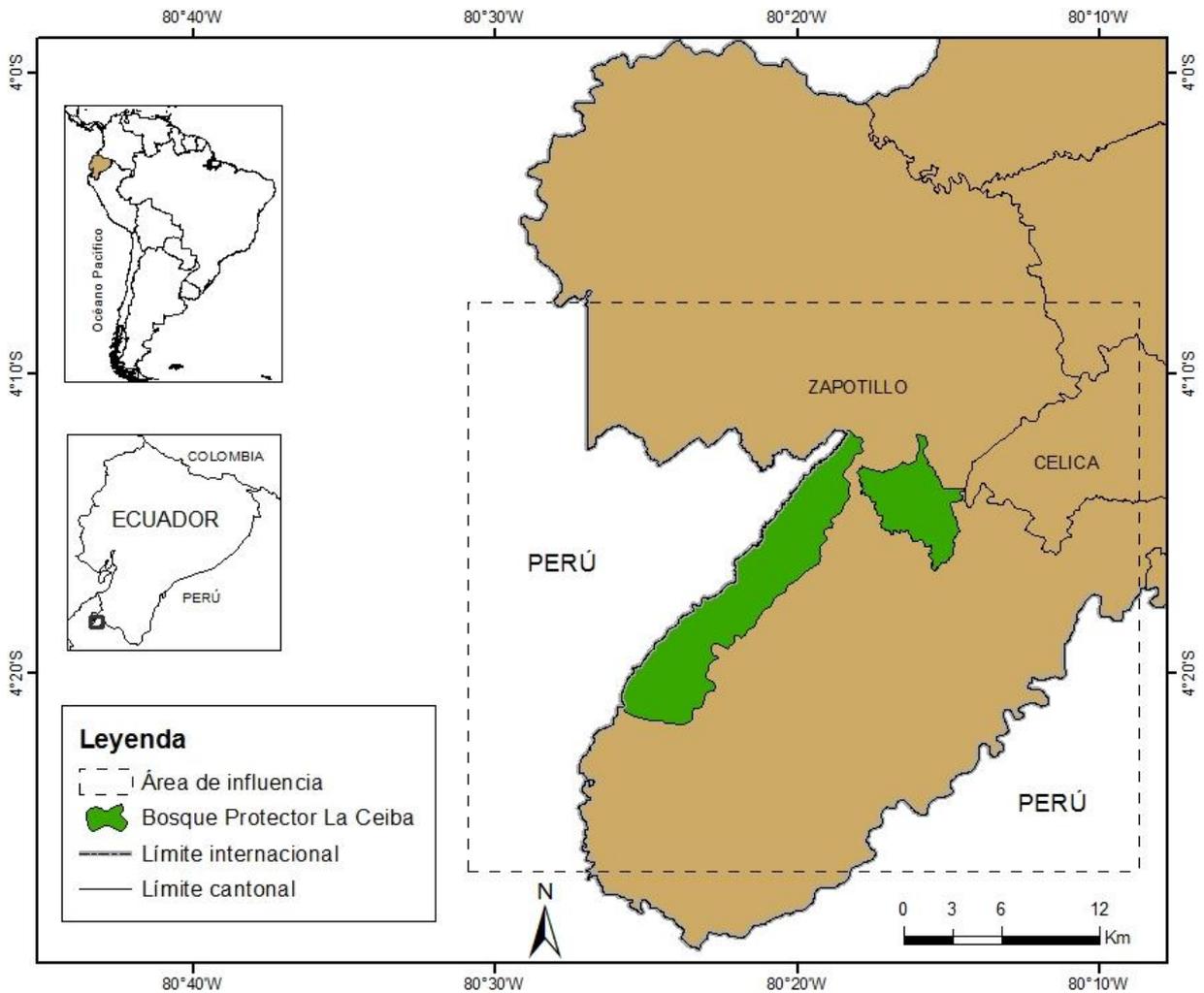
Los sistemas de interpretación de imágenes han mejorado en tiempo y calidad a lo largo de los años, poniendo a disposición de investigadores, tomadores de decisiones y público en general, información útil para caracterizar paisajes y ecosistemas (Killeen *et al.*, 2005). A partir de los años 70, se empieza a utilizar el sistema Landsat, el cual proporciona información de alta resolución espacial, que con cada generación la resolución de las imágenes mejora considerablemente en términos espaciales como espectrales (Lillesand y Kiefer, 1994; Killeen *et al.*, 2005; USGS, 2016).

Desde el 2013 se cuenta con la generación 'Landsat 8', la cual brinda información calibrada geométrica y radiométricamente y una cobertura repetitiva de la tierra de 16 días, además utiliza las predicciones de la cubierta de nubes para evitar datos inválidos, Esta generación cuenta con dos sensores el Operational Land Imager (OLI) con 9 bandas espectrales de onda corta con una resolución espacial de 30 m, y el Thermal Infrared Sensor (TIRS) con dos bandas con una resolución espacial de 100 m (USGS, 2016).

El sistema Landsat ha sido uno de los sistemas más utilizados por años para el estudio y análisis de la vegetación y gracias a la continuidad del contenido de información de generaciones anteriores con los avances en la calidad y cobertura de datos que presenta esta generación han permitido mejoras en el análisis de la vegetación garantizando así la relevancia para sus usuarios (Roy *et al.*, 2014).

**CAPITULO II**  
**MATERIALES Y MÉTODOS**

## 2.1 Área de estudio



**Figura 3.** Ubicación de la zona de estudio; Bosque Protector La Ceiba y su área de influencia

**Fuente:** Sistema Nacional de Información (SNI)

**Elaboración:** La autora

El presente estudio se localiza en el Bosque Protector la Ceiba y su área de influencia (Figura 3). El Bosque Protector la Ceiba, también conocido como Reserva Natural la Ceiba, se ubica en el cantón Zapotillo, provincia de Loja, cuenta con una extensión aproximada de 100 km<sup>2</sup> (Paladines, 2003; Naturaleza y Cultura Internacional [NCI], 2016). Fue creado como una iniciativa privada por la Fundación Científica San Francisco, hoy llamada Naturaleza y Cultura Internacional (NCI) en el año 2001. Además de ser un Bosque Protector, la Ceiba posee otras nominaciones como ser una de las zonas núcleo de la Reserva de Biosfera de Bosque Seco, (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO], 2017) y también AICA (Freile y Santander 2005).

Cuenta con una temperatura promedio de 24,9 °C y una precipitación promedio de 510,8 mm. Su gradiente altitudinal varía desde 200 m.s.n.m. hasta 600 m.s.n.m. (Cañadas, 1983).

El Bosque Protector La Ceiba está caracterizado por una vegetación de tipo bosque seco deciduo de tierras bajas, según la clasificación de Sierra *et al.* (1999), donde predominan especies como *Ceiba trichystandra* y *Tabebuia chrysantha* y en menor densidad *Simira ecuadorensis*, *Erythrina velutina*, *Albizia multiflora* y *Cavanillesia platanifolia*.

Al estar ubicado cerca a los asentamientos humanos de Zapotillo y las comunidades del norte de Perú, sufre varias presiones antrópicas como resultado de las actividades de ampliación de las áreas urbanas, el sobrepastoreo de ganado y la extracción de productos forestales maderables y no maderables. La construcción del canal de Zapotillo supone también un factor que desencadenará un cambio en los procesos productivos del área de influencia de este bosque protector, permitiendo expandir la frontera agrícola y por lo tanto aumentando la pérdida de bosque.

## **2.2 Metodología**

### **2.2.1 Cobertura y uso de suelo.**

La información de cobertura y uso de suelo fue generada a partir del procesamiento de una imagen satelital tipo *Landsat 8* (Id: LC80110632016044LGN00). Debido a que el bosque seco tiene como característica principal su marcada estacionalidad, en la cual sólo durante la época lluviosa los árboles conservan sus hojas, se utilizó una imagen de la época lluviosa (13 de febrero del 2016) para obtener información más precisa. Estas imágenes fueron adquiridas del portal web Servicio Geológico de los Estados Unidos, USGS por sus siglas en inglés (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Para cumplir con este objetivo, se utilizaron las bandas 2, 3 y 4 (USGS, 2013). De acuerdo al USGS (2016), las imágenes *L8* presentan una corrección radiométrica y geométrica incorporada, por lo que únicamente se realizó una corrección atmosférica, utilizando el algoritmo *Cost model* (Chavez, 1996) en el software *TerrSet 18.31*.

Se definieron seis categorías de cobertura y uso de suelo: 1) *Vegetación*, que incluyó toda forma de vegetación natural que existe en la zona de estudio, 2) *Zonas agrícolas*, correspondiente a todas las áreas destinadas a cualquier tipo de cultivo o actividades de pastoreo intensivo, 3) *Asentamientos humanos*, que incluyó zonas urbanas y áreas pobladas en general, 4) *Ríos* que incluyó el sistema fluvial principal para ambos países dentro de la zona de estudio, 5) *Infraestructura*, dentro de la cual se incluyó vías de primero, segundo y tercer orden, además de senderos creados por las personas para el tránsito libre por medio de la vegetación natural y 6) *Nubes*, dentro de esta categoría se incluyó todas las áreas cubiertas por nubosidad en la imagen que impidieran una clasificación 100% precisa.

Para la clasificación de la imagen se seleccionó un método de clasificación supervisada, el cual usa como información preliminar sitios de entrenamiento (*training points*) en los que se conoce la cobertura o uso de suelo (Chuvieco, 2007). Previo a la clasificación supervisada se empleó el algoritmo *Segmentation* del software *TerrSet* 18.31, el cual permitió formar *clusters* o grupos de píxeles de acuerdo a su similitud espectral y en base a un número de tolerancia asignado (50) (Eastman, 2015). Estos *clusters* sirvieron de base para la selección de áreas de entrenamiento. Se seleccionaron varios polígonos de muestra para cada *cluster* cubriendo el 13% del territorio total, y se le asignó la clase de cobertura identificada en información auxiliar (imágenes actualizadas del área de estudio, disponibles a través del software Google Earth, año 2014). Con esta información se usó el Algoritmo de Máxima Probabilidad a través del cual a cada píxel se asignó la clase con la mayor probabilidad de ocurrencia (Chuvieco, 2007).

Para ajustar la clasificación de las clases *Ríos*, *Infraestructura* y *Zonas Urbanas* se combinó el resultado de la clasificación supervisada con información levantada a través de digitalización (metodología detalla en el punto 2.2.3).

La validación del mapa resultante se la realizó a través de la selección de 50 puntos de validación (*testing points*) generados de forma aleatoria para cada clase (Chuvieco, 2007). Luego se procedió a comparar para cada punto la clase resultante de la clasificación y la clase en terreno. Para esta validación se usó como imágenes de referencia imágenes de alta resolución disponibles en Google Earth. Finalmente, se generó una matriz de confusión donde se muestra la precisión de la clasificación (error de comisión y error de omisión) y de la cual obtuvo el estadístico kappa (Cohen, 1960) para evaluar el grado de exactitud entre la imagen de referencia y la clasificación realizada. Este estadístico se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$K^{\sim} = \frac{n \sum_{i=1}^n X_{ii} - \sum_{i=1}^n X_{i+} X_{+i}}{n^2 \sum_{i=1}^n X_{i+} X_{+i}}$$

Donde  $n$  es el tamaño de la muestra,  $X_{ii}$  el acuerdo observado,  $X_{i+}$   $X_{+i}$  es el acuerdo de los marginales e  $i$  el acuerdo esperado de cada categoría.

### 2.2.2 Calidad de la vegetación.

Para establecer la calidad de la vegetación remanente se seleccionó el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), basado en el fundamento de que la vegetación con alto contenido de clorofila y por lo tanto con alto nivel de vitalidad o buena calidad tiene una

fuerte absorción de las longitudes de onda rojas y verdes del espectro de luz y por lo tanto presenta valores altos en la longitud de onda infrarroja (Robinson, Abdu, Lebron y Jones, 2012).

Se empleó las bandas 4 y 5, de la imagen Landsat 8 “LC80110632016044LGN00” (2016). Para calcular el NDVI se usó la fórmula:

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

Donde NIR es igual a los valores en el canal del infrarrojo cercano (Banda 5) y Red es igual a los valores en el canal del rojo visible (Banda 4) (USGS, 2013).

Se asumió que los píxeles con un NDVI cercano o por debajo de 0 hasta -1 están caracterizados por vegetación de baja calidad y que aquellos píxeles con valores superiores a 0 y muy cercanos a 1 están caracterizados por vegetación de buena calidad (Lillesand y Keifer, 1994; Guillespi, 2005).

### **2.2.3 Nivel de riesgo de la vegetación.**

Estudios recientes han reportado que tanto la deforestación como la degradación de la vegetación natural son el resultado directo del incremento de la accesibilidad, específicamente como el resultado de la apertura de vías o cercanía a ríos (Laurance, Goosem y Laurance, 2009). Asimismo, la cercanía a centros poblados o áreas previamente deforestadas aumenta el riesgo de desaparición de la vegetación (Tapia-Armijos, Homeier, Draper Munt, 2017). Por ello, para establecer el nivel de riesgo o amenaza al que está expuesta la vegetación remanente se seleccionaron cuatro variables a partir de las cuales se calculó la accesibilidad hacia zonas de vegetación remanente. Las variables seleccionadas fueron: 1) ríos, 2) vías, 3) asentamientos humanos y 4) zonas agrícolas.

Para cada una de estas variables se obtuvo o generó información espacial a partir de diversas fuentes. La información espacial de senderos y vías del Ecuador se obtuvo del Sistema Nacional de Información (<http://sni.gob.ec/inicio>) y para Perú de Geo GPS Perú (<http://www.geogpsperu.com/>). En la variable vías se consideró todos los tipos de carreteras, senderos y caminos vecinales que representan vías de acceso hacia la a la vegetación remanente. La información de los ríos más importantes para Ecuador se obtuvo del Sistema Nacional de Información (<http://sni.gob.ec/inicio>) y para Perú de Geo GPS Perú (<http://www.geogpsperu.com/>). Debido a las características climáticas que presenta la zona, se consideraron todos los tipos de ríos (navegables e intermitentes) puesto que en época seca el cauce es usado para movilizarse a través del bosque. La información espacial de

poblados y zonas urbanas del Ecuador se obtuvo a partir del Sistema Nacional de Información (<http://sni.gob.ec/inicio>) y del de Geo GPS Perú para Perú (<http://www.geogpsperu.com/>). Se verificó que la información obtenida estuviera actualizada y cuando fue necesario se usaron imágenes actualizadas de *Google Earth* (2014) para completarla a través de digitalización en el software *Qgis* 12.14 (QGIS Development Team, 2009). Las variables fueron reclasificadas en el software *TerrSet* 18.31, obteniendo un mapa binario, donde el valor 1 representa la presencia de la variable y 0 donde no se encuentra la variable y los píxeles sin datos se clasificaron como “NoData”.

Para establecer las áreas con mayor accesibilidad se obtuvo un SRTM (USGS, 2014) a partir del cual se generó un mapa de pendientes en *ArcGIS* 10.3 (ESRI, 2011). Se tomó en cuenta que en un terreno plano una persona puede caminar aproximadamente 5 km/h (van Wagtendonk y Benedict, 1980), basado en esto se reclasificó el ráster de pendientes asignándole un coste de movilización a través del terreno (Tabla 1). La reclasificación fue realizada en *TerrSet* 18.31 (Eastman, 2015).

**Tabla 1.** Coste de movilización a través del terreno, basado en van Wagtendonk y Benedict (1980)

Pendiente	km/h	min/300km
0-15	5	3600
15-30	2.5	7200
30 y más	1.66	10800

**Fuente:** van Wagtendonk y Benedict (1980)  
**Elaboración:** La autora

Posteriormente, se realizó un análisis espacial utilizando el módulo *Cost distance* (Smith, Goodchild y Longley, 2015), considerando cada variable en formato binario y la pendiente reclasificada para obtener; 1) distancia a vías, 2) distancia a ríos, 3) distancia a asentamientos humanos y 4) distancia a zonas agrícolas. Este coste fue multiplicado por 10 000 para evitar decimales que puedan ocasionar problemas (Valentin y Mancebo, 2009). Seguido, se reclasificó cada uno de los *rasters* resultantes a mapas binarios, donde se dio el valor de 1 a las zonas con un alto riesgo que se encuentran dentro de un rango menor a 31 minutos de distancia, como se muestra en la Tabla 2 a continuación:

**Tabla 2.** Valores para la reclasificación de los raster a mapas binarios

Valor	Desde	Hasta menos de
1	0.1	31
0	31	x

**Fuente:** La autora

**Elaboración:** La autora

Donde el valor x representa el valor final en minutos de cada *raster*. Se excluye 0, valor donde se encuentra la variable.

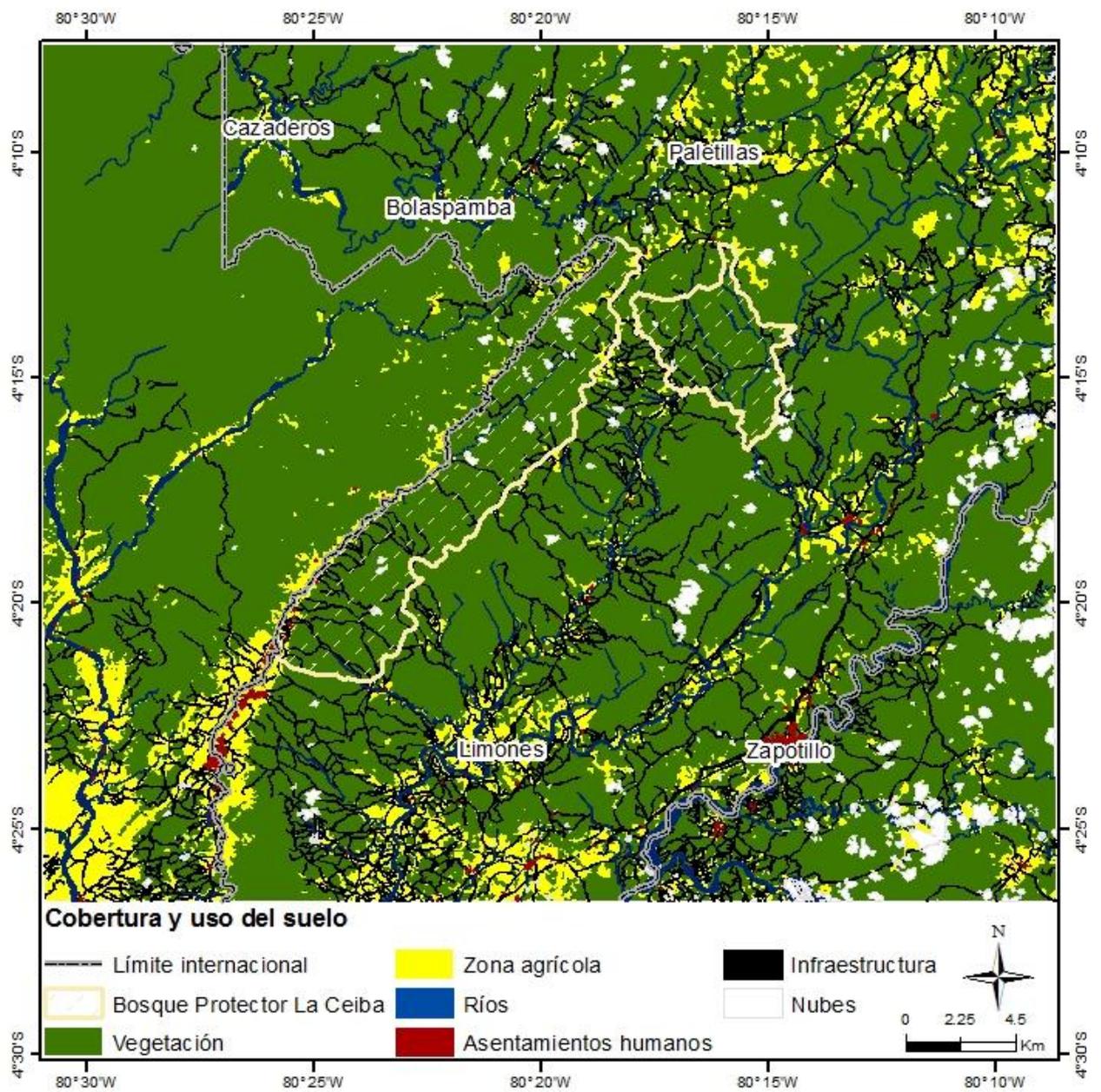
Luego, se sumó los mapas binarios de las variables para identificar el número de variables antrópicas para cada pixel (Miles *et al.*, 2006), se consideró como áreas de alto riesgo los pixeles con la presencia de las cuatro variables. Se combinó esta información con el mapa de vegetación remanente para conocer qué área de vegetación remanente se encontraba en mayor riesgo.

**CAPITULO III**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1 Resultados y discusión**

#### **3.1.1 Cobertura y uso de suelo.**

Como resultado del análisis se identificaron 6 tipos de coberturas y usos de suelo. La cobertura dominante fue la vegetación, la cual ocupa un 78,19% del área de estudio. Las áreas identificadas como zonas agrícolas ocupan el 11,26% del área de estudio y se encuentran principalmente concentradas en el territorio ecuatoriano en el área de Paletillas, Limones y Zapotillo y en Perú en las zonas próximas a la quebrada Pilares (límite internacional) y los ríos Seca y Jabonillos en la parte inferior del área de estudio. La infraestructura cubre un 5,20% del área total y está distribuida en todo el área, a excepción de la zona superior izquierda que pertenece a Perú delimitando con las parroquias ecuatorianas Cazaderos y Bolaspamba (Figura 4). Los ríos cubren 3,28% del área de estudio. Los asentamientos humanos, se encuentran concentrados en zonas próximas a los ríos, ocupan un 0,19% del área. El 1,88% de la superficie del área de estudio no pudo ser identificada puesto que se encontraba cubierta por nubes (Tabla 1).



**Figura 4.** Mapa de cobertura y uso del suelo en el Bosque Protector la Ceiba y su área de influencia

**Fuente:** La autora

**Elaboración:** La autora

**Tabla 3.** Superficie cubierta por cada tipo de cobertura en Bosque Protector La Ceiba y su área de influencia

<b>Cobertura y uso de suelo</b>	<b>BP La Ceiba (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área de influencia (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Total (km<sup>2</sup>)</b>
<b>Vegetación</b>	81.46	1042.47	1123.93
<b>Zona agrícola</b>	2.61	159.27	161.88
<b>Asentamientos humanos</b>	0.06	2.63	2.69
<b>Ríos</b>	1.58	45.51	47.09
<b>Infraestructura</b>	4.71	70.09	74.80
<b>Nubes</b>	1.40	25.62	27.02
<b>TOTAL</b>	91.82	1345.59	1437.41

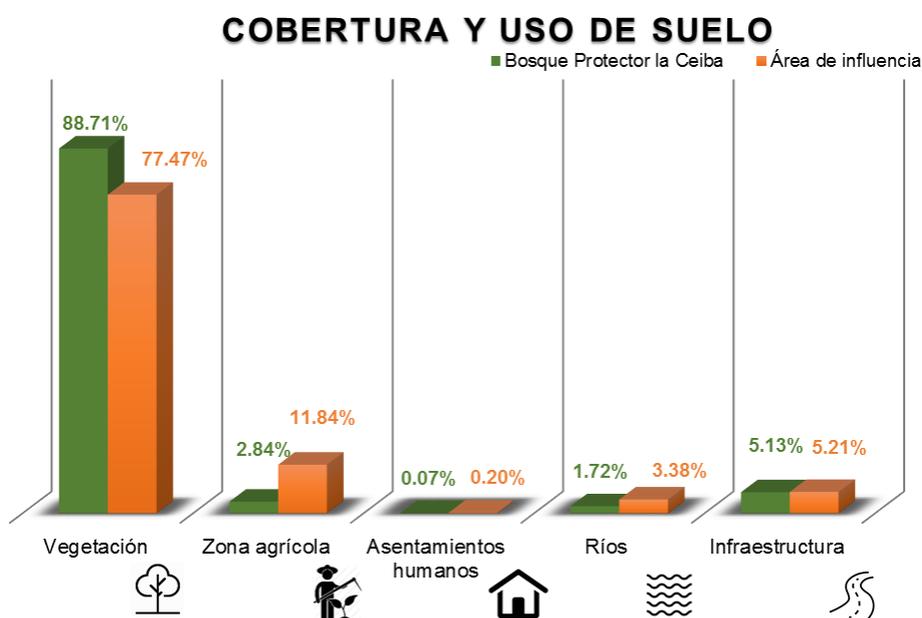
**Fuente:** La autora

**Elaboración:** La autora

El BP La Ceiba posee casi un 90% de su superficie cubierta con vegetación natural (figura 5). La cobertura de vegetación que conserva esta área protegida es similar a cuatro bosques protectores de la provincia de Loja, que cuentan con una cobertura de vegetación natural por encima del 80% y cuya categoría de estado de conservación es buena (UNL y otras instituciones, 2006). En este sentido, es posible decir que el estado de conservación del BP La Ceiba es buena también, aunque, lamentablemente este área protegida aún no cuenta con un informe técnico oficial que así lo asegure. Asimismo, el BP la Ceiba comparte similar porcentaje de cobertura vegetal natural con otras áreas protegidas de bosque seco del Ecuador como la Reserva Ecológica Arenillas (área protegida más próxima al bosque protector) y el Parque Nacional Machalilla (Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE], 2016). Este estudio no evaluó cambios de la cobertura y uso del suelo, sin embargo se comparó estos datos con los ofrecidos por el MAE (2014) y se evidenció que durante el periodo 2014-2016 existió una reducción de aproximadamente del 1,57% de cobertura vegetal natural dentro del área protegida.

En la zona del BP La Ceiba también están presentes asentamientos humanos que ocupan menos del 1% del territorio, estos asentamientos se hallan concentrados en el límite izquierdo del área protegida, donde se ven beneficiados por la presencia de la quebrada Pilares, caracterizada por ser intermitente y transitable en época seca y separa los países Ecuador y Perú. Del mismo modo, el bosque protector, cuenta con una cobertura de zonas agrícolas, que en el año 2014 ocupaba un 9,30% del territorio (MAE, 2014) y para el año 2016 se evidenció una disminución del 6,46% de estas actividades en este estudio. De acuerdo con esto, los resultados sugieren que las regulaciones de protección que ha tenido

el área protegida, gracias a la cooperación entre las instituciones MAE y NCI junto con las personas que viven en la zona, han surgido efecto (NCI, 2016). Siguiendo el patrón de los asentamientos humanos dentro del área protegida, las zonas agrícolas del bosque protector se encuentran agrupadas en el límite izquierdo de la misma. Como explican Cayuela (2006) y Šalek, Zahradnik, Marušak, Jerabkova y Merganica (2013), la presencia de asentamientos humanos y actividades antropicas que causan cambios en el uso del suelo en el borde de un area protegida, aumenta la posibilidad de que a futuro se genere lo que se suele llamar efecto de borde, produciendo cambios en la estructura, composición y abundancia de la vegetación de borde del bosque protector.



**Figura 5.** Porcentaje de superficie cubierta por cada clase al interior del BP La Ceiba y en su área de influencia.  
**Fuente:** La autora  
**Elaboración:** La autora

Dentro de esta área protegida además existen áreas intervenidas por infraestructura. Para el año 2014 esta cobertura ocupaba tan solo 0,02% del territorio del bosque protector (MAE, 2014). En este estudio se evidenció una cobertura de 5,13% de zonas de infraestructura que incluye vías y senderos de verano presentes a lo largo de todo el BP, obteniendo un aumento del 5,11% para el periodo 2014-2016. Aunque las vías de acceso suponen un beneficio para la población por ser vías de comunicación entre localidades y en algunos casos para la conservación (ej. para prevenir y controlar incendios y realizar estudios de la biodiversidad) (Ramírez, Jiménez y Martínez, 2005), tambien suponen perturbaciones para el ecosistema de bosque seco, como la perdida de la composición y estructura de la vegetación, asi como cambios de habitos en la fauna sensibles a los disturbios, generando

alteraciones y posible pérdida del hábitat natural (Peñaranda, 2000; Spellerberg, 1998; Ramírez, Jiménez y Martínez, 2005). Además dan acceso hacia el interior del bosque, lo cual puede promover actividades como la tala extractiva y la deforestación.

Con los resultados de este estudio se pudo comprobar que el BP La Ceiba cumple con los requerimientos establecidos por la UNESCO en donde se indica que las zonas núcleo de las Reservas de Biosfera deben poseer uno o varios ecosistemas protegidos destinados a la conservación a largo plazo de la diversidad biológica, así como se permite realizar actividades de investigación y otras actividades que no causen mayor perturbación al ecosistema. De la misma manera cumple con los requerimientos que se establecen dentro de la categoría Bosque Protector (Pilco, Gavilanes, Suárez, Castillo y Poats, 2008).

Al igual que en el BP La Ceiba, la cobertura dominante en el área de influencia es la vegetación natural, que ocupa 1042,47 km<sup>2</sup> del territorio. A diferencia de otras áreas de conservación de bosque seco en el Ecuador como el Parque Nacional Machalilla o la Reserva Ecológica Arenillas, el BP La Ceiba está rodeado por un área importante de cobertura natural, lo cual influye positivamente en la conservación de la biodiversidad y servicios ambientales al interior de la reserva. Sin embargo, como se observó en los resultados existen varias áreas que ya han comenzado a transformarse y donde predominan las actividades agrícolas, lo que podría producir un incremento progresivo de la frontera agrícola en los próximos años y por lo tanto un aumento de las tasas de deforestación con repercusiones importantes en los servicios ecosistémicos que presta esta área de bosque seco (Ramírez, Jiménez y Martínez, 2005; Timberlake, Chidumayo y Sawadogo, 2010).

Esto es aún más preocupante si se toma en cuenta que en el área de influencia se encuentran 5 importantes asentamientos humanos en continua expansión como Zapotillo, Cazaderos, Paletillas, Bolaspamba y Limones que ejercen presión sobre las áreas naturales. Además la construcción del canal de riego, que de acuerdo al Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP, 2014) abarcaría cerca de 35 km<sup>2</sup> y contaría con una capacidad para irrigar 70 km<sup>2</sup> incluyendo la zona norte peruana favoreciendo al 43% del territorio formado por zonas agrícolas que se encuentra fuera del bosque protector, podría disparar las tasas de cambio de uso de suelo en el área.

Por último, los territorios con muy pocas o casi nada actividades antrópicas (asentamientos humanos, actividades agrícolas y vías de acceso) están en la zona peruana superior izquierda cerca de las parroquias ecuatorianas Cazaderos y Bolaspamba, formando parte del Parque Nacional Cerro de Amotape de Perú y su zona de amortiguamiento (Servicio Nacional de Áreas Protegidas del Estado [SERNANP], 2017).

## Validación de la clasificación

El resultado del análisis muestra que la precisión de la clasificación de la imagen es de 84% de acuerdo al estadístico Kappa, esto quiere decir que el grado de acuerdo entre la imagen de referencia y la imagen clasificada es casi perfecto (Landis y Koch, 1977). En la matriz de confusión (tabla 4) se puede observar que la cobertura de vegetación presentó mayor confusión con la cobertura de zonas agrícolas, esto se debe principalmente a que ambas coberturas presentan una similar respuesta espectral. Para todas las coberturas la exactitud del usuario está en un rango por encima del 80%. Mientras que la probabilidad de que una cobertura no fue clasificada como tal es menor a 26%.

**Tabla 4.** Matriz de confusión obtenida para la clasificación de la imagen Landsat 8 e información auxiliar.

		REFERENCIA					Total	Exactitud usuario (%)	Error comisión (%)
		1	2	3	4	5			
CLASIFICACIÓN	1	<b>50</b>	-	-	-	-	50	100	0
	2	7	<b>43</b>	-	-	-	50	86	14
	3	6	1	<b>43</b>	-	-	50	86	14
	4	5	3	-	<b>42</b>	-	50	84	16
	5	-	10	-	-	<b>40</b>	50	80	20
	Total	68	57	43	42	40	250		
Exactitud productor (%)		74	75	100	100	100			
Error omisión (%)		26	25	0	0	0			

Los números 1 a 5 hacen referencia a las categorías de la clasificación de la cobertura y uso del suelo: 1 vegetación; 2 zonas agrícolas; 3 infraestructura; 4 ríos y 5 asentamientos humanos

**Fuente:** La autora

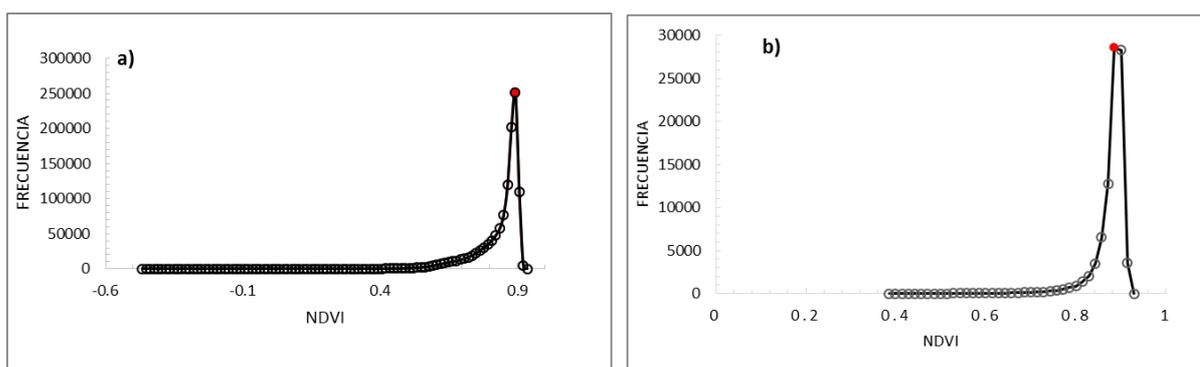
**Elaboración:** La autora

### 3.1.2 Calidad de la vegetación.

El índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) es un indicador de la calidad de la vegetación y se ha utilizado en varios estudios para evaluar la perturbación que presenta la vegetación de una zona a lo largo del tiempo (Chuvienco, 1998; Meneses-Tovar, 2011). Los valores de NDVI varían entre -1 y 1; los valores por debajo de cero, son característicos de zonas con poca cobertura vegetal, mientras que los valores más cercanos a 1 representan zonas con bosques densos (Lillesand y Keifer, 1994; Gillespi, 2005).

Los valores de NDVI de la vegetación obtenidos para la zona de influencia oscilan entre -0,48 y 0,95, con una moda de 0,89 (figura 6a). Las zonas con poca cubierta vegetal o con

valores de NDVI mínimos están lindando con las áreas cubiertas por actividades agrícolas, infraestructura y asentamientos humanos. Estas son zonas perturbadas que posiblemente han presentado cambios negativos en su estructura y de acuerdo a Gavito *et al.* (2014) estas áreas son más frágiles a la erosión del suelo, por los impactos de las actividades antrópicas cercanas (Alcaraz-Segura, Baldi, Durante y Garbulsky, 2008). Así, en territorio ecuatoriano estas zonas se concentran en mayor cantidad cerca de las zonas Limones y Zapotillo y en el barrio La Ceiba, perteneciente al cantón Zapotillo y en territorio peruano, en la parte sur occidente del área, entre los dos ríos principales (figura 7). Estudios realizados en el área de influencia, en las zonas de Cazaderos y Bolaspamba (Aguirre y Delgado, 2005) y en la zona del cantón Zapotillo (Chiriboga y Andrade, 2005) señalan que la vegetación natural de esos lugares ha sido afectada principalmente por las actividades antrópicas de subsistencia que se realizan en el área, que ha causado procesos de deforestación, más intensos en las zonas aledañas al cantón Zapotillo.

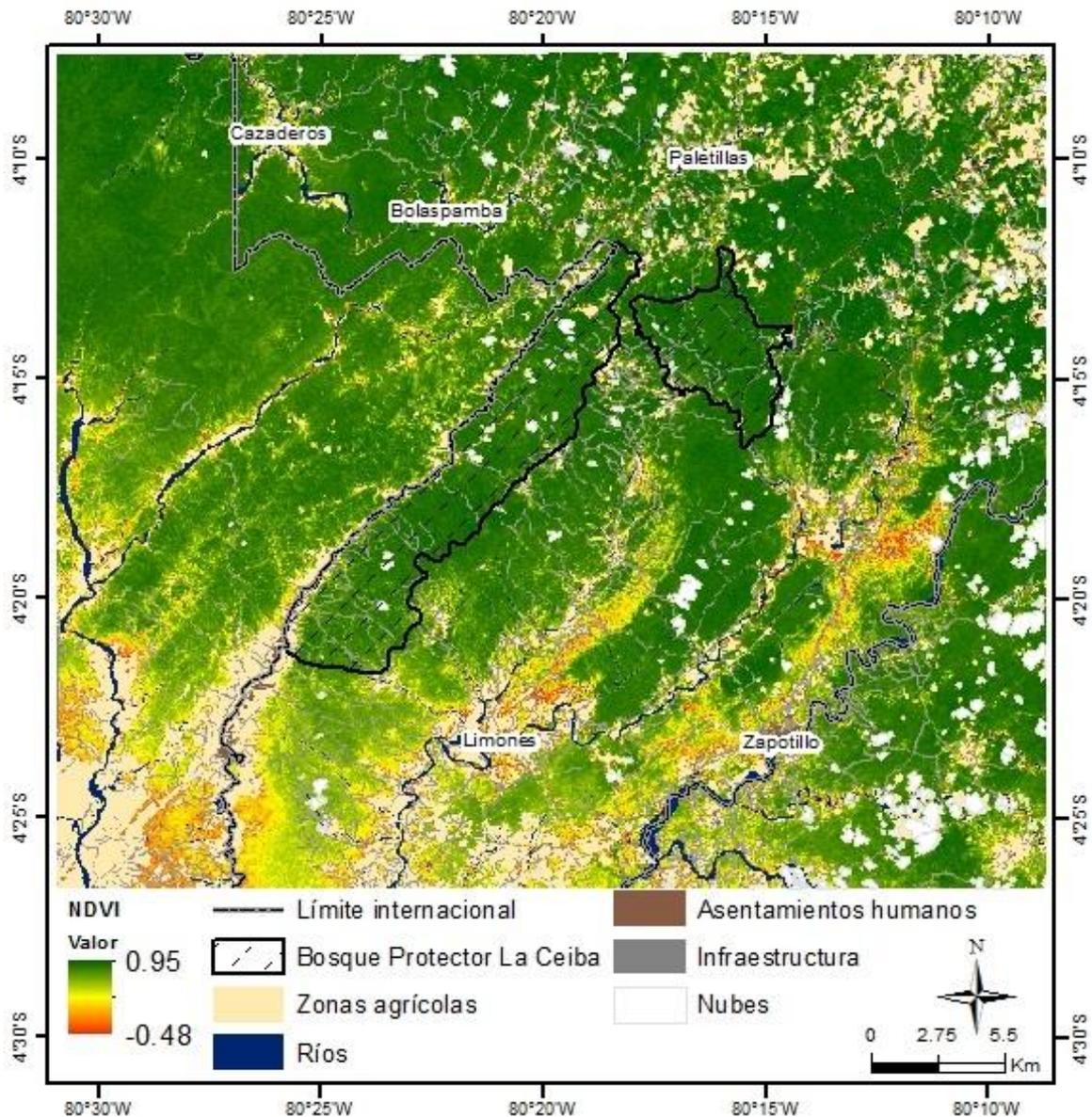


**Figura 6.** Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) para a) la zona de influencia y b) Bosque Protector La Ceiba. La moda es resaltada con el color rojo

**Fuente:** La autora

**Elaboración:** La autora

A pesar de ello, existe una zona con valores de NDVI altos, que se encuentra en la parte superior izquierda del área de estudio, cerca de las parroquias Cazaderos y Bolaspamba, se destaca esta zona porque parte de ella está dentro del Parque Nacional Cerro de Amotape de Perú y su zona de amortiguamiento (SERNANP, 2017); posee una buena cobertura vegetal, donde las actividades antrópicas están ausentes. Mientras que otras zonas que también poseen valores de NDVI altos, del área de estudio, no están bajo categoría de protección y se encuentra cerca o rodeadas de zonas antrópicas (figura 7), las mismas que amenazan las especies vegetales y animales sensibles a las perturbaciones del bosque seco, especialmente de las zonas con menor superficie (Gavito *et al.*, 2014).



**Figura 7.** Índice de vegetación NDVI del BP La Ceiba y su área de influencia

**Fuente:** La autora

**Elaboración:** La autora

En el BP La Ceiba los valores de NDVI de la vegetación oscilan entre 0,38 y 0,93, también con una moda de 0,89 (Figura 6b). Esta área protegida posee una vegetación de buena calidad comparada con otras zonas de bosque seco del centro sur de África (Timberlake *et al.*, 2010), donde los valores de NDVI están por debajo del rango de 0,60, considerándose zonas de bosque seco más perturbadas que las del área de estudio. Gómez (2005) señala que los bosques secos del sur de la provincia de Loja en Ecuador poseen una mejor calidad de vegetación que los del norte de Perú, en el departamento de Sullana. Aguirre y Delgado (2005) respaldan esto, indicando que estos bosques ecuatorianos se encuentran mejor conservados que los bosques del norte de Perú. Sin embargo, los resultados de este estudio

no concuerdan con ello, pues la zona que presenta una vegetación de mejor calidad se encuentra dentro del PN Amotape en la zona peruana. Por otro lado, Alcaraz-Segura, Baldi, Durante y Garbulsky (2008), mencionan que la vegetación de los bosques secos de las áreas protegidas de Sudamérica presentan tendencias hacia una disminución de valores de NDVI en mayores superficies de terreno en comparación con otros biomas del continente.

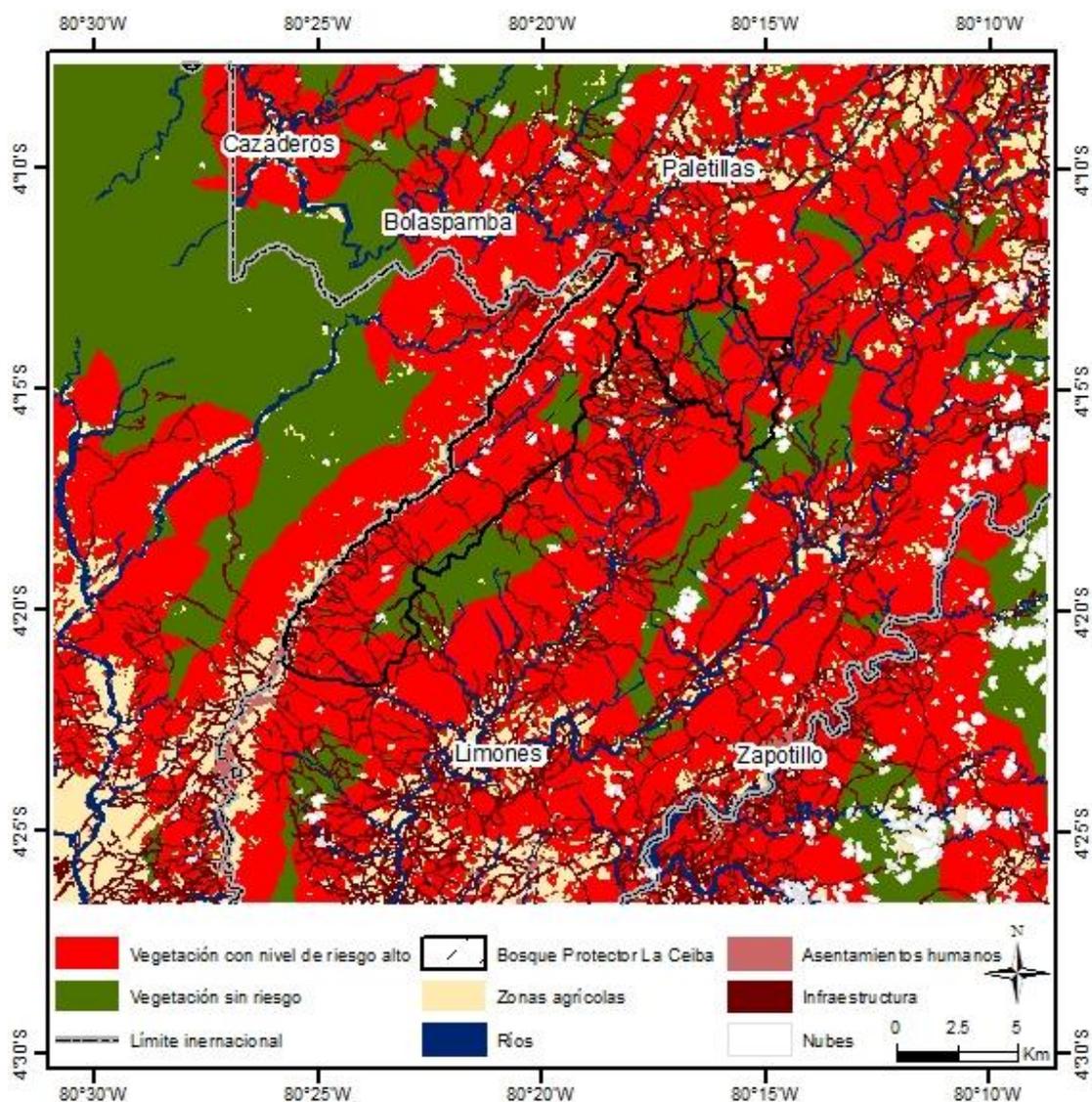
Los valores menores de NDVI del área protegida están presentes en los bordes de la misma, cerca de zonas agrícolas y asentamientos humanos, principalmente en el límite izquierdo donde el área protegida limita con la quebrada Pilares. Esta perturbación en el borde del BP, constituye un importante problema de conservación del área protegida, lo que constituye posiblemente, el llamado efecto borde (Granados, Serrano y García-Romero, 2014). De acuerdo a Hansson (2000) y Cadenasso, Pickett, Weathers y Jones (2003), este fenómeno consiste en la transformación de las condiciones biofísicas de la vegetación de los bordes en comparación con el del hábitat interior afectando directamente el funcionamiento, estructura, dinámica, procesos ecológicos e interacciones entre las especies al interior de este ecosistema (Cadenasso *et al.*, 2003; Cayuela 2006, Šalek, *et al.*, 2013; Granados, Serrano y García-Romero, 2014).

### **3.1.3 Nivel de riesgo de la vegetación.**

Una vez realizado el estudio, se obtuvo que el 65% de la vegetación remanente del área de influencia y el 78% del bosque protector se encuentran en un nivel de riesgo alto. Esto quiere decir que casi toda la vegetación dentro del bosque protector y en general casi toda la vegetación que se encuentra en territorio ecuatoriano presenta riesgo alto y que únicamente son pocas las zonas que no presentan riesgo en cuanto a las variables analizadas. Una de estas zonas que actualmente no se encuentra bajo riesgo está ubicada en el territorio peruano dentro del PN Amotape junto a las parroquias ecuatorianas Cazaderos y Bolaspamba, esta zona se caracteriza porque no presenta asentamientos humanos, vías y senderos de verano y tampoco se registran actividades agrícolas. Así también, existen otras zonas que tampoco presentan riesgo, pero que están embebidas en zonas con riesgo alto (la mayor parte en territorio ecuatoriano) y se estima que en un futuro, estas zonas puedan llegar a formar parte de las zonas con riesgo alto (Figura 8).

Las zonas de riesgo presentes en el bosque protector y su área de influencia tienen una mayor posibilidad de desaparecer o ser degradadas a futuro, ya que se ha comprobado en varios estudios que el incremento de la accesibilidad (vías de acceso) así como la cercanía a zonas agrícolas, asentamientos humanos, ríos y a zonas deforestadas, entre otras, tienen

una relación directa con la probabilidad de que esas zonas cercanas estén bajo presión (Bustamante y Grez, 1995; Geist y Lambin, 2001; Laurance, Goosem y Laurance, 2009; Armenteras y Rodríguez, 2014). La altitud del terreno juega un papel importante en la evaluación del riesgo de la vegetación; las zonas planas y con topografía regular, como las del bosque seco del área de estudio, son aún más propensas para ser convertidas a zonas agrícolas que otras áreas montañosas, es decir que el grado de accesibilidad a una zona está directamente relacionado con una mayor probabilidad de sufrir procesos de cambio de uso de suelo (Maass *et al.*, 2002; Osorio, Mas, Guerra y Maass, 2015).



**Figura 8.** Mapa de la vegetación vulnerable del Bosque Protector la Ceiba y su área de influencia  
**Fuente:** La autora  
**Elaboración:** La autora

De acuerdo a Rosero-Bixby y Palloni (1998) estas áreas con suelos aptos para la agricultura, son más vulnerables a perturbaciones, principalmente aquellas zonas que se

encuentran en un rango no mayor a 2 km de distancia de corrientes de agua y zonas de accesibilidad. Los resultados de este estudio concuerdan con los de Leal-Pinedo y Linares-Palomino (2005) en cuanto a que los ríos de zonas de bosque seco son utilizados para el riego de tierras, permitiendo el desarrollo de actividades agrícolas; como se puede observar en las figuras 4 y 8, gran parte del territorio cubierto por estas actividades agrícolas se encuentran a lo largo de los ríos y en zonas muy cercanas a ellos en ambos países. Estas actividades de subsistencia entre otras actividades antrópicas, son los factores que mayor impactan y amenazan a los bosques secos del Neotrópico (Leal-Pinedo y Linares-Palomino, 2005), provocando una transformación del hábitat e induciendo a una mayor fragmentación, empobrecimiento de la vegetación, hasta producir la desaparición de los bosques (López, 2003).

En este estudio, las zonas con riesgo alto del área concuerdan con aquellos lugares donde existe una pobre calidad de vegetación natural, según el NDVI obtenido en el apartado anterior. De acuerdo a Figueroa y Acosta (2008) y Álvarez, Veliz, y Aguirre (2015), esto quiere decir que la vegetación perturbada recibe un mayor impacto de las actividades antrópicas cercanas, lo que puede ocasionar alteraciones en sus componentes y una disminución en las funciones y servicios que presta el ecosistema como la captación y almacenamiento de carbono, gestión del agua, polinización, combustible, madera y plantas medicinales; además de la posibilidad de erosionar los suelos hasta volverse zonas desérticas (Maass *et al.*, 2005; Balvanera, 2012 y Gavito *et al.*, 2014). Gasparri y Grau (2009) y Blackie *et al.*, 2014 suponen que el riesgo que padecen la mayoría de los bosques secos de Sudamérica también está relacionada con la tenencia de tierras privada y a los limitados conocimientos sobre la riqueza de estos ecosistemas que han dificultado la aplicación de estrategias de conservación.

Por otro lado, los bosques de la zona de estudio, no son los únicos bosques secos que presentan riesgos. En países como Colombia, Nicaragua, Perú y Argentina la vegetación de bosque seco se encuentra fuertemente amenazada principalmente por la expansión agrícola, que ha tenido mayor desarrollo en los últimos años, beneficiada por la fácil accesibilidad a este ecosistema (Alves-Milho y Sepúlveda, 2007; Houspanossian, Noretto y Jobbágy, 2013; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [UNDP], 2014; Banda *et al.*, 2016). En el caso de los bosques secos de África se presume que la situación es más crítica, puesto que no cuentan con suficientes leyes de protección para este ecosistema que abastece a cerca del 60% de la población del África subsahariana y cuya principal amenaza es la tala de árboles (Chidumayo y Gumbo, 2010).

Los resultados obtenidos para el BP La Ceiba y su área de influencia, coinciden con estudios que demuestran que la vegetación remanente de bosque seco, que se encuentra en el sur de la provincia de Loja, se conserva en buen estado y con una buena salud (Aguirre *et al.*, 2001; Aguirre y Delgado, 2005; Chiriboga y Andrade, 2005; Aguirre y Geada, 2017), sin embargo no está extensa de ser vulnerables a la fragmentación y deforestación debido al rápido crecimiento de la infraestructura y las zonas agrícolas del bosque protector y su área de influencia respectivamente. Es importante que aquellas zonas vulnerables que están fuera del BP La Ceiba sean objeto de acciones de conservación que aporten a evitar su deforestación y seguir manteniendo uno de los remanentes mejor conservados de bosque seco del sur del Ecuador (Aguirre, Cueva, Merino, Quizhpe, y Valverde, 2001; Ordóñez-Delgado *et al.*, 2016).

## CONCLUSIONES

Uno de los principales hallazgos de este estudio fue corroborar que el Bosque Protector La Ceiba y su área de influencia conservan aún una importante cantidad de vegetación remanente, con una buena calidad de acuerdo al índice NDVI. Sin embargo, como sucede en la mayoría de bosques secos del mundo, la vegetación de esta zona de estudio presenta un alto riesgo, especialmente por las actividades antrópicas que se llevan a cabo en ella.

Los territorios cubiertos por zonas agrícolas están asociados principalmente a la presencia de asentamientos humanos, fuentes de agua y vías de acceso del área. Es posible que las actividades agrícolas que están presentes en el área circundante del BP La Ceiba, provoquen cambios en la estructura del hábitat de los bordes de esta área protegida, amenazando su biodiversidad.

De acuerdo a los valores de NDVI obtenidos, el estado de la vegetación del BP La Ceiba y su área de influencia es saludable. Sin embargo, varias de las zonas con valores máximos de NDVI están rodeadas de zonas agrícolas. Asimismo, las zonas con valores mínimos de NDVI se concentran cerca de las zonas donde están presentes las actividades agrícolas principalmente en el borde izquierdo del área protegida. Se cree que estos cambios en la composición de la vegetación del borde del área protegida, afectaría su funcionamiento, estructura, dinámica y procesos ecológicos.

A pesar de que el área de estudio, conserva una abundante cobertura vegetal y en buen estado, más de la mitad de la vegetación presenta un nivel de riesgo alto en relación a las variables antrópicas analizadas. Esto quiere decir que si las actividades humanas que ejercen presión sobre la vegetación continúan en crecimiento, es posible que se pierda uno de los remanentes de bosques secos más importantes para el Ecuador.

Por último, es importante resaltar que en este estudio se encontró un lugar con presencia de vegetación abundante y que no presenta riesgo, esta zona forma parte del PN Amotape del país Perú. Se presume que su estado se debe a que el lugar no cuenta con actividades antrópicas que afecte su estructura.

## **RECOMENDACIONES**

Teniendo en cuenta que las zonas aledañas del bosque protector presentan una abundante cobertura vegetal y con buena calidad, sería conveniente incrementar la superficie protegida en zonas aledañas para evitar la rápida expansión de las actividades antrópicas, favoreciendo la conservación de este remanente de vegetación.

Debido a que el BP la Ceiba no cuenta con un documento técnico oficial sobre su estado de conservación, se considera que reunir y organizar la información e investigaciones realizadas en el área protegida en un documento técnico oficial, beneficia a la orientación y desarrollo de procesos de conservación para el bosque de una forma conveniente.

Se destaca que los esfuerzos de las instituciones nacionales, internacionales y ONG conservacionistas por la conservación del bosque seco de la zona no son en vano, por lo que se incita a que se sigan efectuando este tipo de actividades en el área. El beneficio es tanto para las personas que se abastecen de los servicios que presta el BTES, como para la biodiversidad endémica y de limitada distribución que se encuentra en la zona.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, Z. (2012). *Especies Forestales de los Bosques Secos del Ecuador. Guía dendrológica para su identificación y caracterización*. Quito, Ecuador: Proyecto Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático. MAE/FAO – Finlandia.
- Aguirre, Z., & Delgado, T. (2005). Vegetación de los bosques secos de Cerro Negro-Cazaderos, occidente de la provincia de Loja. En M. Vázquez, M. Larrea, L. Suárez, & P. Ojeda, *Biodiversidad en los bosques secos del suroccidente de la provincia de Loja: Un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas*. Quito: EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario LOJA y Proyecto Bosque Seco.
- Aguirre, Z., & Geada, G. (2017). Estado de conservación de los bosques secos de la provincia de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 24(1), 207 – 228.
- Aguirre, Z., & Kvits, L. (2005). Composición florística y estado de conservación de los bosques secos del sur-occidente del Ecuador. *Lyonia*, 8(2), 41-67.
- Aguirre, Z., Cueva, E., Merino, B., Quizhpe, W., & Valverde, A. (2001). Evaluación ecológica rápida de la vegetación en los bosques secos de la Ceiba y Cordillera Arañitas, provincia de Loja, Ecuador. En M. Vázquez, M. Larrea, L. Suárez, & P. Ojeda, *Biodiversidad en los bosques secos del suroccidente de la provincia de Loja: Un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas*. Quito, Ecuador: EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario LOJA y Proyecto Bosque Seco.
- Aguirre, Z., Kvist, L. P., & Sanchez, O. (2006). Bosques secos en Ecuador y su diversidad. *Botánica Económica de los Andes Centrales*, 162-187.
- Aide, T. M., Clark, M. L., Grau, H. R., López-Carr, D., Levy, M. A., Redo, D., y otros. (2012). Deforestation and reforestation of Latin America and the Caribbean (2001–2010). *Biotropica*, 45(2), 262–71.
- Alcaraz-Segura, D., Baldi, G., Durante, P., & Garbulsky, M. (2008). Análisis de la dinámica temporal del NDVI en áreas protegidas: tres casos de estudio a distintas escalas espaciales, temporales y de gestión. *Ecosistemas*, 17(3), 108-117.
- Álvarez, P., Veliz, F., Muñoz, J., & Aguirre, N. (2015). Análisis multi-temporal del cambio de uso de suelo en el cantón Zapotillo, provincia de Loja. *Bosques...latitud cero*(5).
- Alves-Milho, S., & Sepúlveda, N. (2007). Reservas silvestres privadas: *B OIS ET FORÊTS DES TROPIQUES*, 291(1), 41-53.
- Anaya, J., & Valencia, G. (2013). Fenología de ambientes tropicales en el marco de la Teledetección. *GeoFocus*, 13(2), 195-211.
- Armenteras, D., & Rodríguez, N. (2014). Dinámicas Y Causas De Deforestación En Bosques De Latino América : Una Revisión Desde 1990. *Colombia Forestal*, 17(2), 233-246.
- Armenteras, D., Rudas, G., Rodríguez, N., Sua, S., & Romero, M. (2006). Patterns and causes of deforestation in the Colombian Amazon. *Ecological Indicators*, 6(2), 353-368.
- Atkinson, A. J., Trenham, P. C., Fisher, R. N., Hathaway, S. A., Johnson, B. S., Torres, S. G., y otros. (2004). *Designing monitoring programs in an adaptive management context for regional multiple species conservation plans*. Sacramento, California: U.S. Geological Survey Technical Report, USGS Western Ecological Research Center.
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas*, 21(1-2), 136-147.

- Banda, K., Delgado-Salinas, A., Dexter, K., Linares-Palomino, R., Oliveira-Filho, A., Prado, D., y otros. (2016). Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. *Scientia*, 353(6306), 1383-1387.
- Batisellas, M., Brondizio, E., & Mora, E. (2000). Comparative analysis of landscape fragmentation in Rondônia, Brazilian Amazon. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 33, 148-155.
- BirdLife International. (2015). *Endemic Bird Area factsheet: Tumbesina region*. Obtenido de <http://www.birdlife.org>.
- Blackie, R., Baldauf, C., Gautier, D., Gumbo, D., Kassa, H., Parthasarathy, N., y otros. (2014). Tropical dry forests: The state of global knowledge and recommendations for future research. *CIFOR*, 38.
- Blanco, D. (1999). Los Humedales con hábitat de aves acuáticas. 208-217.
- Briceño, J., Iñiguez-Gallardo, V., & Ravera, F. (2016). Factores que influyen en la percepción de servicios de los ecosistemas de los bosques secos del sur del Ecuador. *Ecosistemas*, 25(2), 46-58.
- Bryan, B. A., Raymond, C., Crossman, N., & Macdonald, D. H. (2010). Targeting the management of ecosystem services based on social values: Where, what, and how? *Landscape and Urban Planning*, 97(2), 111-122.
- Bustamante, R., & Grez, A. (1995). Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Ambiente y Desarrollo*, 11(2), 58-63.
- Cadenasso, M., Pickett, S., Weathers, K., & Jones, C. (2003). A framework for a theory of ecological boundaries. *BioScience*, 53(8), 750-759.
- Camacho, V., & Ruiz, A. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Revista Bio Ciencias*, 1(4), 3-15.
- Cañadas, L. (1983). *El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador*. Quito, Ecuador: MAG – PRONAREG.
- Carreño, L., Frank, F. C., & Viglizzo, E. F. (2012). Tradeoffs between economic and ecosystem services in Argentina during 50 years of land-use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 154, 68-77.
- Cayuela, L. (2006). Deforestación y fragmentación de bosques tropicales montanos en los Altos de Chiapas, México. Efectos sobre la diversidad de árboles. *Ecosistemas*, 15(3), 191-196.
- Chavez, P. (1996). Image-Based Atmospheric Corrections- Revised and Improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62(9), 1025-1036.
- Chidumayo, E., & Gumbo, D. (2010). *The Dry Forests and Woodlands of Africa Managing for Products and Services*. London: earthscan.
- Chiriboga, C., & Andrade, K. (2005). Diagnóstico socioeconómico de las poblaciones usuarias de los remanentes de bosque seco de los cantones Alamar y Zapotillo en la provincia de Loja, Ecuador. En M. Vázquez, M. Larrea, L. Suárez, & P. Ojeda, *Biodiversidad en los bosques secos del suroccidente de la provincia de Loja: Un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas*. Quito: EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario LOJA y Proyecto Bosque Seco.
- Chuvienco, E. (1998). El factor temporal en teledetección: evolución fenomenológica y análisis de cambios. *Revista de Teledetección*.
- Chuvienco, E. (2007). *Teledetección Ambiental* (3ra ed.). Barcelona: Ariel Ciencia.

- Clark, W. C., Jaeger, J., Corell, R., Kasperson, R., McCarthy, J. J., Cash, D., y otros. (2000). *Assessing Vulnerability to Global Environmental Risks*. Discussion Paper, 2000-12, Environment and Natural Resources Program, Belfer Center.
- Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46.
- Cordero, D., Moreno-Díaz, A., & Kosmus, M. (2008). *Manual para el desarrollo de mecanismos de pago/compensación por servicios ambientales*. Quito: GTZ/Inwent.
- Daily, G. (1997). Introduction: What are ecosystem services? En G. Daily, *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems* (págs. 1-10). Washington, D. C, USA: Island Press.
- Davis, S. D., Heywood, V. H., Herrera-MacBryde, O., Villa-Lobos, J., & Hamilton, A. (1997). *Centres of Plant Diversity: A Guide and Strategy for Their Conservation*. (Vol. 3). Cambridge, England.: The Americas. IUCN Publications Unit.
- De Groot, R., Wilson, M., & Boumans, R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393-408.
- Delfín-Alfonso, C. A., Gallina, S., & López-González, C. A. (2009). Evaluación del hábitat del venado cola blanca utilizando modelos espaciales y sus implicaciones para el manejo en el centro de Veracruz, México. *Tropical Conservation Science*, 2(2), 215-228.
- Delfín-Alfonso, C. A., Gallina-Tessaro, S. A., & López-González, C. A. (2014). El hábitat : definición , dimensiones y escalas de evaluación para la fauna silvestre. En S. A. Gallina-Tessaro, & C. A. López-González (Edits.), *Manual de Técnicas para el Estudio de la Fauna* (págs. 285-313). México, D. F: Instituto de Ecología, A.C.Universidad Autónoma de Querétaro, INE–Semarnat.
- DeMeo, T., Manning, M., Rowland, M., Vojta, C., McKelvey, K., Brewer, C., y otros. (2013). Monitoring vegetation composition and structure as habitat attributes. En M. Rowland, & C. Vojta, *A technical guide for monitoring wildlife habitat* (pág. 64). Washington, DC: Department of Agriculture, Forest Service.
- Díaz, J. M. (2006). Bosque seco tropical Colombia. *Cali: Banco de Occidente*.
- Eastman, J. (2015). *Terrset Manual*. Clark University.
- Espinosa, C. I. (2012). *Estructura y funcionamiento de ecosistemas secos del Sur del Ecuador (Tesis Doctoral)*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
- Espinosa, C. I., De la Cruz, M., Luzuriaga, A. L., & Escudero, A. (2012). Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación. *Ecosistemas*, 21(1-2), 167-179.
- ESRI. (2011). ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Eva, H. D., Belward, A. S., De Miranda, E. E., Di Bella, C. M., Gond, C. M., Huber, O., y otros. (2004). A land cover map of South America. *Global Change Biology*, 10(5), 731-744.
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio [EEM]. (2005). *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Informe de Síntesis*. Washington DC: World Resource Institute.
- Feick, R. (2010). Spatial multicriteria evaluation. En B. Warf (Ed.), *Encyclopedia of geography* (págs. 2656-2658). Thousand Oaks, Ca, USA: SAGE Publications.

- Figueroa, L., & Acosta, F. (2008). Objetos de conservación de la flora y la vegetación de los cerros calizoscosteros de la Reserva de Biosfera Baconao, Santiago de Cuba. *Foresta Veracruzana*, 10(2), 9-16.
- Freile, J., & Santander, T. (2005). Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en Ecuador. En B. International, *reas importantes para la Conservación de las Aves en los Andes tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad* (págs. 283-469). Quito: BirdLife International (Conservation Series No. 14).
- García, D. (2006). La escala y su importancia en el análisis espacial. *Ecosistemas*, 15(3), 7-18.
- Gasparri, N., Parmuchi, M., Bono, J., Karszenbaum, H., & Montenegro, C. (2007). *Utilidad de imágenes Landsat 7 ETM+ de diferentes fechas para la estimación de biomasa aérea en bosques subtropicales secos de Argentina*. Mar de Plata.
- Gavito, M., Martínez-Yrizar, A., Ahedo, R., Ayala, B., Ayala, R., Balvanera, P., y otros. (2014). La vulnerabilidad del socio-ecosistema de bosque tropical seco de Chamela, Jalisco, al cambio global: un análisis de sus componentes ecológicos y sociales. *Investigación ambiental*, 6(2), 109-126.
- Geist, H., & Lambin, E. (2001). *What Drives Tropical Deforestation? A Meta-analysis of Proximate and Underlying Causes of Deforestation Based on Subnational Case Study Evidence*. Louvain-laNeuve, Belgium: LUCC Report Series 4. LUCC International Project Office.
- GEO GPS PERÚ. (2013). *Cartas Nacionales del Perú Instituto Geográfico Nacional IGN*. Obtenido de <http://www.geogpsperu.com>
- Gómez, M. (2005). Índice de vegetación en áreas del bosque seco del noroeste del Perú a partir de imágenes satelitales (Tesis de pregrado). Universidad de Piura.
- Granados, C., Serrano, D., & García-Romero, A. (2014). Efecto de borde en la composición y en la estructura de los bosques templados Sierra de Monte-Alto, Centro de México. *Caldasia*, 36(2), 269-287.
- Guillespi, T. (2005). Predicting woody-plant species richness in tropical dry forests: a case study from south Florida, USA. *Ecological Applications*, 15(1), 27-37.
- Hansson, L. (2000). Landscape and edge effects on population dynamics: approaches and examples. En J. Sanderson, & L. Harris, *Landscape Ecology. A top-down* (pág. 246). New York: Lewis Publishers.
- Houspanossian, J., Nosetto, M., & Jobbágy, E. (2013). Radiation budget changes with dry forest clearing in temperate Argentina. *Global Change Biology*, 19, 1211-1222.
- Hugget, R. J. (1998). *Fundamentals of biogeography*. London: Routledge.
- Irwin, F., & Ranganathan, J. (2008). *Restaurando el capital natural un programa de acción para sustentar los servicios ecosistémicos*. Washington, DC: World Resource Institute.
- Justice, C., Townshend, J., Holben, B., & Tucker, C. (1985). Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 6, 1271-1318.
- Killeen, T., Siles, T., Soria, L., Correa, L., & Oyola, N. (2005). La Estratificación de vegetación y el cambio de uso de suelo en Las Yungas y El Alto Beni de La Paz. *Ecología en Bolivia*, 40, 32-69.
- Lambin, E. F., & Geist, H. J. (2003). The land managers who have lost control of their land use: Implications for sustainability. *Tropical Ecology*, 44(1), 15-24.

- 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*. Alemania: Technische Zusammenarbeit (GTZ).
- Landis, J., & Koch, G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159-174.
- Lasco, R. D., Pulhin, F. B., Sanchez, P. A., Villamor, G. B., & Villegas, K. A. (2008). Climate change and forest ecosystems in the Philippines: Vulnerability, adaptation and mitigation. *Journal of Environmental Science and Management*, 11(1), 1-14.
- Laurance, W., Goosem, M., & Laurance, S. (2009). Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in Ecology & Evolution*, 24, 659-669.
- Laurance, W. F., Albernaz, A. K., Schroth, G., Fearnside, P. M., Bergen, S., Venticinque, E. M., y otros. (2002). Predictors of deforestation in the Brazilian Amazon. *Journal of Biogeography*, 29(5-6), 737-748.
- Laurance, W., Cochrane, M., Bergen, S., Fearnside, P., Delamônica, P., Barber, C., y otros. (2001). The future of the Brazilian Amazon. *Science*, 19(291), 438-439.
- Leal-Pinedo, J., & Linares-Palomino, R. (2005). Los bosques secos de la Reserva de Biosfera del noroeste (Perú): diversidad arbórea y estado de conservación. *Caldasia*, 27(2), 195-211.
- Lillesand, T., & Kiefer, R. (1994). *Remote sensing and image interpretation* (Tercera ed.). Nueva York: John Wiley & Sons, Inc.
- Linares-Palomino, R. (2004). Bosques Tropicales Estacionalmente Secos en el Perú. *Arnaldoa*, 11(1), 85-102.
- López, G. (2003). *Impacto ambiental por las actividades extractivas en bosques tropicales*.
- Maass, J. M., Balvanera, P., Castillo, A., Daily, G. C., Mooney, H. A., Ehrlich, P., y otros. (2005). Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico. *Ecology and Society*, 10(1), 17.
- Maass, J. M., Martínez-Yrizar, A., García-Oliva, F., Pérez-Jiménez, A., & Sarukhán, J. (2002). Aspectos funcionales del ecosistema de selva baja caducifolia en Chamela, Jalisco. En F. Noguera, J. H. Vega-Rivera, A. N. García-Aldrete, & M. Quezada-Avendaño (Edits.), *Historia Natural de Chamela* (págs. 525-542). México DF, México: Instituto de Biología UNAM.
- Meneses-Tovar, C. (2011). El índice normalizado diferencial de la vegetación como indicador de la degradación del bosque. *Unasylva*, 62, 39-46.
- Miles, L., Newton, A. C., DeFries, R. S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., y otros. (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, 33, 491-505.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). (2014). *Se inauguró canal de riego Zapotillo*. Obtenido de <http://www.agricultura.gob.ec/>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). (2014). *Mapa interactivo ambiental*. Obtenido de <http://suia.ambiente.gob.ec/>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. (2016). *Mapa interactivo ambiental*. Obtenido de <http://suia.ambiente.gob.ec/>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. (2015). *Ministerio del Ambiente del Ecuador: Ecuador tiene una nueva Reserva de Biósfera, reconocida por la UNESCO*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec>.
- Morales, C., Dascal, G., Aranibar, Z., Morera, R., Candia, D., & Agar, S. (2010). *La degradación de las tierras en el Ecuador*. Mecanismo Mundial de la CNUCLD.

- Morrison, M., Marcot, B., & Mannan R. (2006). *Wildlife-habitat relationships: concepts* (3rd ed.). Washington, DC: Island Press.
- Naturaleza y Cultura Internacional [NCI]. (2016). *Conservación y desarrollo sostenible en la Reserva La Ceiba*. Obtenido de <http://www.naturalezaycultura.org>
- Nepstad, D., Carvalho, G., Barros, A. C., Alencar, A., Capobianco, J. P., Bishop, J., y otros. (2001). Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. *Forest Ecology and Management*, 154(3), 395-407.
- Odum, E. (1995). *Ecología peligra la vida* (2da ed.). México, D.F: Interamericana McGrawHill.
- Ordóñez-Delgado, L., Tomás, G., Armijos-Ojeda, D., Jara-Guerrero, A., Cisneros, R., & Espinosa, C. I. (2016). Nuevos aportes al conocimiento de avifauna en la región Tumbesina; implicaciones para la conservación de la Reserva de Biosfera del Bosque Seco, Zapotillo, Ecuador. *Ecosistemas*, 25(5), 13-23.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (marzo de 2002). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/MEETING/007/Y6498S.HTM>
- Osorio, L., Mas, J., Guerra, F., & Maass, M. (2015). Análisis y modelación de los procesos de deforestación: un caso de estudio en la cuenca del río Coyuquilla, Guerrero, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 88, 60-74.
- Pacheco, P., & Mertens, B. (2004). Land use change and agriculture development in Santa Cruz. *Bois et Forêt des Tropiques*, 280, 29-40.
- Paladines, R. (2003). Propuesta de conservación del Bosque seco en el Surde Ecuador. *Lyonia*, 2, 183-186.
- Paniagua, N., Maldonado, C., & Chumacero, C. (2003). Mapa de vegetación de los alrededores de la Estación Biológica de Tunquini, Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 38(1), 15-26.
- Parkes, D., Newell, G., & Cheal, D. (2003). Assessing the quality of native vegetation. *Ecological Management & Restoration*, 4, 29-38.
- Pennington, R. T., Prado, D. E., & Pendry, C. A. (2000). Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography*, 27, 261-273.
- Peñaranda, R. (2000). *Riesgos de la deforestación en el bosque de uso múltiple del Trópico de Cochabamba (Tesis de Maestría)*. Bolivia: International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Universidad Mayor de San Simón.
- Peralvo, M., Sierra, R., Young, K. R., & Ulloa-Ulloa, C. (2007). Identification of biodiversity conservation priorities using predictive modeling: an application for the equatorial pacific region of South America. *Biodiversity and Conservation*, 16(9), 2649-2675.
- Pilco, P., Gavilanes, C., Suárez, D., Castillo, T., & Poats, S. (2008). *Guía metodológica para la elaboración de planes de manejo de bosques y vegetación protectora del Ecuador*. Quito: .Corporación Grupo Randi Randi, Conservación Internacional Ecuador, MAE-Dirección Nacional Forestal.
- Portela, R., & Rademacher, I. (2001). A dynamic model of patterns of deforestation and their effect on the ability of the Brazilian Amazonia to provide ecosystem services. *Ecological Modelling*, 143(1-2), 115-146.
- Portillo-Quintero, C., & Sánchez-Azofeifa, G. (2010). Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation*, 143, 144-155.

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [UNDP]. (2014). *Uso sostenible y conservación de la biodiversidad en ecosistemas secos para garantizar el flujo de los servicios ecosistémicos y mitigar procesos de deforestación y desertificación*. Obtenido de <http://www.co.undp.org>
- QGIS Development Team. (2009). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation.
- Quijas, S., Schmid, B., & Balvanera, P. (2010). Plant diversity enhances provision of ecosystem services: a new synthesis. *Basic and Applied Ecology*, 11, 582-593.
- Ramírez, M., Jiménez, M., & Martínez, A. (2005). Estructura y densidad de la red de caminos en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. *Investigaciones Geográficas*(57), 68-80.
- Reynolds, J. F., & Stafford Smith, D. M. (2002). Do humans cause deserts? En J. F. Reynold, & D. M. Stafford Smith, *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?* (págs. 1-21). Berlin: Dahlem University Press.
- Robinson, D. A., Abdu, H., Lebron, I., & Jones, S. (2012). Imaging of hill-slope soil moisture wetting patterns in a semi-arid oak savanna catchment using time-lapse electromagnetic induction. *Journal of Hydrology*, 416, 39-49.
- Rosero-Bixby, L., & Palloni, A. (1998). Population and deforestation in Costa Rica. *Population and Environment*, 20(2), 149-185.
- Roy, D., Wulder, M., Loveland, T., Woodcock, C., Allen, R., Anderson, M., y otros. (2014). Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sensing of Environment*, 145, 154–172.
- Rudel, T. K., DeFries, R., Asner, G. P., & Laurance, W. F. (2009). Changing drivers of deforestation and new opportunities for conservation. *Conservation Biology*, 23(6), 1396-1405.
- Šalek, L., Zahradnik, D., Marušak, R., Jerabkova, L., & Merganica, J. (2013). Forest edges in managed riparian forest in the eastern part of the Czech Republic. *Forest Ecology and Management*, 305, 1-10.
- Sánchez-Azofeifa, G., & Portillo-Quintero, C. (2011). Extent and Drivers of Change of Neotropical Seasonally Dry Tropical Forests. En R. Dirzo, Young H, H. Mooney, & G. Ceballos, *Seasonally Dry Tropical Forests*. Washington, DC: Island Press.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2009). *Gestión forestal sostenible*, Montreal.
- Segarra, P. (2014). *Sinergias entre degradación de la tierra y cambio climático en los paisajes agrarios del Ecuador*. Quito, Ecuador: Mecanismo de la CNUCLD-Ministerio del Ambiente-Ecopar.
- Servicio Nacional de Áreas Protegidas del Estado [SERNANP]. (2017). *Cerros de Amotape*. Obtenido de <http://www.sernanp.gob.pe/el-sinanpe>
- Sieber, R. (2006). Public Participation Geographic Information Systems: A Literature Review and Framework. *Annals of the Association of American Geographers*, 96(3), 491-507.
- Sierra, R., Cerón, C., Palacios, W., & Valencia, R. (1999). *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador Continental*. Quito, Ecuador: Proyecto INEFAN/GEF – BIRF y EcoCiencia.
- Sistema Nacional de Información [SNI]. (2014). *Información para la planificación y ordenamiento territorial*. Obtenido de <http://sni.gob.ec/inicio>
- Skole, D., & Tucker, J. (1993). Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. *Science*, 260, 1905-1910.

- Smith, J., Goodchild, M., & Longley, P. (2015). *Geospatial Analysis* (5th ed.).
- Soares-Filho, B., Alencar, A., Nepstad, D., Cerqueira, G., Vera, M., Rivero, S., y otros. (2004). Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: The Santarém-Cuiabá corridor. *Global Change Biology*, 10(5), 745-764.
- Spellerberg, I. (1998). Ecological Effects of Roads and Traffic: A Literature Review. *Glob01 Ecology and Biogeography Letters*, 7(5), 317-333.
- Steininger, M. (2000). Satellite estimation of tropical secondary forest above-ground biomass: data from Brazil and Bolivia. *International Journal of Remote Sensing*, 21(6-7), 1139-1157.
- Tapia-Armijos, M. F., Homeier, J., & Munt, D. D. (2017). Spatio-temporal analysis of the human footprint in South Ecuador: Influence of human pressure on ecosystems and effectiveness of protected areas. *Applied Geography*, 78, 22-32.
- Timberlake, J., Chidumayo, E., & Sawadogo, L. (2010). Distribution and Characteristics of African Dry Forests and Woodlands. En E. Chidumayo, & D. Gumbo, *The Dry Forests and Woodlands of Africa. Managing for Products and Services* (págs. 11-41). London: Earthscan.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO]. (2017). *Reserva de Biosfera del Bosque Seco. Ecológica Sciences for Sustainable Development*. Obtenido de <http://www.unesco.org/>
- United States Geological Survey [USGS]. (2014). *USGS Earth explore*. Obtenido de <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- United States Geological Survey [USGS]. (2016). *LANDSAT 8 (L8) Data Users Handbook* (Vol. 2). EROS.
- United States Geological Survey, [USGS]. (2013). *Landsat - A Global Land-Imaging Mission*.
- UNL., CINFA., y Herbario Reinaldo Espinos. (2006). *Estado de conservación de Áreas Protegidas y Bosques Protectores De Loja y Zamora Chinchipe y perspectivas de intervención*. Loja.
- Valentin, A., & Mancebo, S. (2009). Ejercicio de análisis raster: evaluación multicriterio y accesibilidad. En S. Mancebo, E. Ortega, L. Martín, & A. Valentin, *LibroSIG: aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental: ejercicios* (págs. 100-109). Madrid.
- van Wagendonk, J., & Benedict, J. (1980). Travel time variation on backcountry trails. *Journal of Leisure Research*, 12(2), 99-106.
- Wiens, J. (1989). Spatial Scaling in Ecology. *Functional Ecology*, 3(4), 385-397.
- Willson, M. (1974). Avian community organization and habitat structure. *Ecology*, 55, 1017-1029.
- World Wildlife Fund [WWF]. (2015). *Southwestern Ecuador and Northwestern Peru*. Obtenido de <http://www.worldwildlife.org>.
- Younis, M., Gialbert, M., & Meliá, J. (1999). Desertificación en la cuenca Guadalentín, España. *Teledetección, Avances y Aplicaciones*, 19-23.
- Zerda, H., & Tiedmann, J. (2010). Dinámica temporal del NDVI del bosque y pastizal natural. *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, 6(1), 13-24.