



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

AREA BIOLÓGICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

“Análisis espacial del impacto ambiental causado por el desarrollo de infraestructura vial en áreas sensibles del sur del Ecuador”

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

AUTOR: Quezada Pardo Ana del Cisne.

DIRECTOR: Tapia Armijos María Fernanda, Ing.

LOJA-ECUADOR

2014

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

Ingeniera.

María Fernanda Tapia Armijos

DIRECTORA DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACION

CERTIFICA:

Que el presente trabajo denominado: “Análisis espacial del impacto ambiental causado por el desarrollo de infraestructura vial en áreas sensibles del sur del Ecuador” realizado por el profesional en formación: Ana del Cisne Quezada Pardo, cumple con los requisitos establecidos en las normas generales para la graduación en la Universidad Técnica Particular de Loja, tanto en el aspecto de forma como de contenido, por lo cual me permito autorizar su presentación para los fines pertinentes.

Loja, noviembre de 2014

f).....

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Ana del Cisne Quezada Pardo declaro ser autor(a) del presente trabajo de fin de titulación: “Análisis espacial del impacto ambiental causado por el desarrollo de infraestructura vial en áreas sensibles del sur del Ecuador”, de la Titulación de Ingeniero en Gestión Ambiental, siendo la Ing. María Fernanda Tapia Armijos director (a) 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. 67 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: Quezada Pardo Ana del Cisne

Cédula: 1105027872

DEDICATORIA

A mis padres, hermanas y a mi pequeña sobrina Doménica, por formar parte de mi vida y ser mi motivación diaria.

ANA

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi mentor espiritual y por estar junto a mí en todo momento.

A mi tutora de tesis Ing. María Fernanda Tapia por su ayuda incondicional, por la paciencia brindada y por su gran labor como tutora en el desarrollo de esta tesis.

A la titulación de Ing. Gestión Ambiental, especialmente a la Ing. Rosa Armijos, Ing. Carlos Iñiguez, Ing. Baltazar Calva y Econ. Giovanni Faggioni por formar parte de este proceso de culminación de la carrera.

A todos mis amigos y amigas, que por cada anécdota compartida y por sus consejos brindados, me sirvieron de motivación e impulso para la culminación de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS Y FIGURAS	ix
RESUMEN	19
ABSTRACT	20
INTRODUCCIÓN	21
CAPÍTULO I.....	24
1.1. Marco teórico.....	25
1.1.1. Impactos ambientales.....	25
1.1.1.1. <i>Generalidades.....</i>	25
1.1.1.2. <i>Concepto de impacto ambiental.</i>	25
1.1.1.3. <i>Principales factores que causan impactos sobre el ambiente.</i>	26
1.1.1.4. <i>Principales impactos ambientales.</i>	27
1.1.1.4.1. <i>Impactos causados por actividades agrícolas.....</i>	27
1.1.1.4.2. <i>Impactos causados por actividades ganaderas.</i>	28
1.1.1.4.3. <i>Impactos causados por la deforestación de bosques.</i>	28
1.1.1.4.4. <i>Impactos causados por el desarrollo industrial y urbano.....</i>	29
1.1.1.4.5. <i>Impactos causados por el desarrollo de infraestructuras vial.</i>	29
1.1.2. Infraestructura lineal.....	29
1.1.2.1. <i>Concepto.</i>	29
1.1.2.2. <i>Principales impactos causados por infraestructura vial.</i>	29
1.1.2.2.1. <i>En la hidrología y calidad del agua.....</i>	29
1.1.2.2.2. <i>En la estructura y composición del suelo.</i>	30
1.1.2.2.3. <i>En la calidad del aire.</i>	31
1.1.2.2.4. <i>En la flora y fauna.</i>	31
1.1.2.2.6. <i>En el medio social-económico-cultural.</i>	32
1.1.3. Humedales.....	32
1.1.3.1. <i>Concepto.</i>	32

1.1.3.2.	<i>Tipos de humedales.....</i>	32
1.1.3.3.	<i>Importancia de los humedales.</i>	33
1.1.3.4.	<i>Principales amenazas sobre los humedales.....</i>	34
1.1.4.	Los Humedales en el Ecuador.	35
1.1.4.1.	<i>Aspectos generales.</i>	35
1.1.4.2.	<i>Humedales Alto andinos.</i>	39
1.1.4.3.	<i>Importancia de los Humedales Alto andinos.....</i>	39
1.1.4.4.	Humedales Alto andinos en el Sur del Ecuador.....	40
CAPÍTULO II.....		41
2.1.	Materiales y métodos.....	42
2.1.1.	Área de estudio.....	42
2.1.1.1.	<i>Aspectos generales.</i>	42
2.1.1.2.	<i>Aspectos ambientales físicos.....</i>	42
2.1.1.2.1.	<i>Clima.</i>	42
2.1.1.2.2.	<i>Geología y relieve.</i>	43
2.1.1.2.3.	<i>Sistema hidrológico.....</i>	43
2.1.1.3.	<i>Aspectos ambientales biológicos.....</i>	43
2.1.1.3.1.	<i>Fauna.....</i>	43
2.1.1.3.2.	<i>Flora.</i>	44
2.1.1.4.	<i>Aspectos ambientales socio-económicos.</i>	44
2.1.1.4.1.	<i>Población.....</i>	44
2.1.1.4.2.	<i>Actividades económicas.....</i>	44
2.1.2.	Descripción general del proyecto vial Saraguro Yacuambi.	45
2.1.3.	Métodos.	47
2.1.3.1.	<i>Scoping e identificación de impactos causados por el desarrollo de infraestructura vial en el complejo de humedales Saraguro-Oña-Yacuambi.....</i>	48
2.1.3.1.1.	<i>Definición de las áreas de influencia.....</i>	49
2.1.3.1.2.	<i>Identificación de componentes ambientales y sus indicadores.</i>	51
2.1.3.1.3.	<i>Obtención de datos geográficos de los componentes ambientales.....</i>	51
2.1.3.2.	<i>Predicción y clasificación de los descriptores ambientales.</i>	53
2.1.3.3.	<i>Cálculo de los índices e indicadores ambientales.</i>	53
2.1.3.3.1.	<i>Indicadores de impacto.</i>	53
2.1.3.3.2.	<i>Cálculo de los índices de impacto ambiental.....</i>	54
2.1.3.3.3.	<i>Representación de los índices de impacto a través de mapas.....</i>	54
CAPÍTULO III.....		55

3.1. Resultados.....	56
3.1.1. Scoping e identificación de impactos causados por el desarrollo de infraestructura vial en el complejo de humedales Saraguro-Oña-Yacuambi.....	56
3.1.1.1. <i>Definición de las áreas de influencia</i>	56
3.1.1.2. <i>Identificación de componentes ambientales y sus indicadores</i>	57
3.1.1.2.1. <i>Selección de componentes ambientales y sus indicadores</i>	58
3.1.1.3. <i>Obtención de datos geográficos de los componentes ambientales</i>	58
3.1.1.3.1. <i>Mapas de cobertura y uso del suelo</i>	58
3.1.1.3.2. <i>Mapas de erosión del suelo</i>	62
3.1.1.3.3. <i>Mapas de sensibilidad</i>	64
3.1.1.3.4. <i>Mapas de deforestación</i>	66
3.1.2. Predicción y clasificación de los descriptores ambientales.....	68
3.1.3. Cálculo de los índices e indicadores de impacto.....	68
3.1.3.1. Indicadores de impacto.....	68
3.1.3.2. Cálculo de los índices de impacto ambiental.....	70
3.1.3.3. Representación de los índices de impacto a través de mapas.....	71
3.2. Discusión.....	74
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFÍA	79

ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS Y FIGURAS

TABLAS	PÁGINAS
Tabla 1. 1. Tipos de Humedales, según Ramsar.	32
Tabla 1. 2. Clasificación de los servicios que otorgan los humedales.	34
Tabla 1. 3. Humedales del Ecuador, distribuidos por provincias y hectáreas	36
Tabla 2. 1. Áreas de influencia para las dos alternativas viales evaluadas	50
Tabla 2. 2. Clases usadas para la elaboración de los mapas de cobertura y uso del suelo	52
Tabla 2. 3. Formato aplicado para los indicadores de impacto.....	53
Tabla 3. 1. Componentes ambientales y sus respectivos indicadores identificados en el área de estudio	57
Tabla 3. 2. Selección de componentes e indicadores ambientales	58
Tabla 3. 3. Valores asignados para cada descriptor ambiental	68
Tabla 3. 4. Superficie deforestada por alternativas y para cada área de influencia	69
Tabla 3. 5. Área calculada por ecosistemas para cada alternativa y área de influencia ..	69
Tabla 3. 6. Superficie de suelo erosionado por alternativas y para cada área de influencia	70
Tabla 3. 7. Tabla de índice de impactos.....	70
Tabla 3. 8. Representación espacial de los impactos.....	72
FIGURAS	
Figura 1. 1. Proceso de un impacto derivado de una acción humana	26
Figura 1. 2. Factores que generan impactos en el ambiente	27
Figura 1. 3. Distribución de sitios Ramsar, Ecuador.	35
Figura 1. 4. Sitios Ramsar, Ecuador	37
Figura 1. 5. Sitios Ramsar, Ecuador	38
Figura 1. 6. Servicios ecosistémicos de los humedales alto andinos.	40
Figura 2. 1. Área de estudio	42
Figura 2. 2. Obra vial Saraguro –Yacuambi.....	45
Figura 2. 3. Tramo final de la vial Saraguro –Yacuambi.....	46

Figura 2. 4. Metodología SIAM.	47
Figura 2. 5. Alternativas viales de análisis	48
Figura 3. 1. Delimitación de áreas de influencia	56
Figura 3. 2. Mapa de cobertura y uso del suelo, 1976	59
Figura 3. 3. Mapa de cobertura y uso del suelo, 1989	60
Figura 3. 4. Mapa de cobertura y uso del suelo, 2008	61
Figura 3. 5. Mapa de erosión del suelo para la alternativa N°1	62
Figura 3. 6. Mapa de erosión del suelo para la alternativa N°2	63
Figura 3. 7. Mapa de sensibilidad para la alternativa N°1	64
Figura 3. 8. Mapa de sensibilidad para la alternativa N°2	65
Figura 3. 9. Mapa de erosión del suelo para la alternativa N°1	66
Figura 3. 10. Mapa de erosión del suelo para la alternativa N°2	67

RESUMEN

El presente estudio se enfoca en el análisis espacial de los impactos ambientales causados por el desarrollo de la infraestructura vial Saraguro-Yacuambi, localizada sobre un área natural sensible al sur del Ecuador dominada por páramo, lagunas y arroyos.

Para este estudio a través de la aplicación de la metodología de Evaluación de la Distribución Espacial de los Impactos Ambientales (sus siglas en inglés SIAM) y el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) se evaluó los impactos ambientales causados por la construcción de dos alternativas de la carretera Saraguro-Yacuambi a tres escalas de análisis, esta metodología se basó en tres pasos: 1) Scoping, 2) Predicción y clasificación de los descriptores ambientales y 3) Cálculo de los índices e indicadores de impacto.

Los resultados muestran que a través de la agregación de los impactos el páramo fue el componente ambiental mayor afectado. Estos resultados en parte permiten la validación de SIAM para estudios de impacto ambiental, sin embargo, las fases iniciales de esta metodología muestran un alto grado de dificultad por la cuantiosa información base requerida para su ejecución, retrasando así los resultados.

Palabras clave: Análisis espacial; SIG; Infraestructura vial; Impacto ambiental; Saraguro-Yacuambi; SIAM.

ABSTRACT

This study focuses on the spatial analysis of the environmental impacts caused by the development of road infrastructure Saraguro- Yacuambi, located on a sensitive natural area in south of Ecuador dominated by paramo, lagoons and streams. For this study the application of the methodology Spatial Impact Assessment Methodology (SIAM) and the use of Geographical Information Systems (GIS) was evaluated the environmental impacts caused by the construction of the road Saraguro –Yacuambi to three scales of analysis, this methodology is based on three steps:1) Scoping 2) Prediction and classification of environmental descriptors and 3) Calculation of indices and impact indicators. The results show that through aggregation of impacts the paramo was the greatest environmental component affected. This result in part validate the application of SIAM for environmental impact studies, however, the initial phases of this methodology show a high degree of difficulty by substantial basis information required for this execution, thus delaying the results.

Keywords: Environmental Impact; GIS; Road Infrastructure; Saraguro-Yacuambi; SIAM; Spatial Analysis.

INTRODUCCIÓN

El ser humano al igual que el resto de organismos tienen la capacidad de modificar su ambiente, la diferencia radica en que la magnitud y velocidad de los cambios producidos por el ser humano han condicionado la disponibilidad de recursos y la estabilidad de los ecosistemas a múltiples escalas (Vitousek et al., 1997; Antunes et al., 2001). El resultado de la influencia de las actividades humanas sobre el entorno natural es evidente en países en vías de desarrollo en donde las altas tasas de crecimiento demográfico y niveles de pobreza y la alta disponibilidad de recursos naturales “explotables” suponen una fuerte presión sobre ecosistemas que generalmente son frágiles y altamente ricos en biodiversidad y servicios ambientales (Batterbury et al., 1997).

De las actividades humanas una de las de mayor impacto sobre el ambiente es el desarrollo de infraestructura vial (Laurance et al., 2002). Los proyectos viales son elementos importantes de desarrollo que representan un beneficio social y económico para las regiones permitiendo un mayor acceso a recursos y mercados y mejorando la calidad de vida de los habitantes (Agrawal & Dikshit, 2002; Arroyave et al., 2006). Sin embargo, los beneficios derivados de esta actividad, también se le deben sumar los impactos negativos que están relacionados con la pérdida y degradación de ecosistemas, recursos naturales y servicios ambientales (Wilkie et al., 2000).

De acuerdo a Trombulak & Frissell (2000) se puede identificar siete efectos generales de las carreteras sobre las comunidades terrestres y acuáticas, entre los principales podemos citar el aumento de mortalidad de las especies, modificaciones en la conducta animal, alteraciones físicas y químicas del ambiente y aumento en la invasión de especies exóticas. A nivel de paisaje el impacto más significativo es la fragmentación (Goosem, 2007). Según Primack (1998) las vías rompen la continuidad del dosel condicionando la movilidad de los animales y generando cambios micro climáticos que producen un efecto de borde en la vegetación circundante, el cual a su vez influye en los tamaños poblacionales de las especies nativas (Ortega & Capen, 1999). Adicionalmente, las vías están relacionadas con alteraciones en el ciclo hidrológico, producción de material particulado, de ruido y contaminación de agua y suelo (Reijen et al., 1995; Forman & Alexander, 1998; Arroyave et al., 2006).

Uno de los ecosistemas más frágiles y amenazados frente a impactos generados por actividades humanas como el pastoreo, el cultivo, la deforestación, la construcción de infraestructuras, entre otras, es el ecosistema de páramo también reconocido como ecosistema de humedales alpinos neotropicales (Medina & Váscones, 2001).

Los humedales presentes en estos ecosistemas se encuentran enfrentando también serias amenazas antrópicas (Holland et al., 1995; Bowen & Valiela, 2001; Biglin & Dupigny, 2006; Batzer & Baldwin, 2012), siendo entre las más importantes la disminución en el área ocupada por estos ecosistemas y la pérdida de sus funciones ecosistémicas (Contreras & Warner, 2004). Esto es preocupante si se toma en cuenta que los humedales, se encuentran entre los ecosistemas más productivos del planeta y brindan importantes beneficios económicos regionales y locales constituyéndose un factor clave en las estrategias de reducción de pobreza, almacenamiento de agua, protección contra tormentas, mitigación de crecidas, estabilización de costas y control de la erosión (Ramsar, 2006). Adicionalmente albergan gran biodiversidad y son zonas importantes de anidación para aves (Haig et al., 1998; Halpin, 2000; Ramsar, 2004).

En Ecuador hasta el año 2014 se cuenta con 18 humedales protegidos según la Convención Ramsar, que comprenden un total de 286.651 hectáreas (MAE, 2013). Sin embargo, existen otros humedales muy importantes a nivel local que aún no han sido declarados como sitios Ramsar y por lo tanto no cuentan con ninguna categoría de protección presentando una alta vulnerabilidad a los impactos antrópicos (Barrera & Peñarreta, 2009).

Una de estas zonas es el Complejo de Humedales Saraguro-Oña-Yacuambi, considerado como uno de los más prominentes ecosistemas al sur del Ecuador (Iñiguez et al., 2013). A pesar de su valor biológico y ecosistémico y de su importancia a nivel regional se encuentra amenazado por la expansión de la frontera agrícola y principalmente por la construcción de la carretera que pretende unir a dos poblaciones (Saraguro y Yacuambi), ambas pertenecientes a la cultura indígena Saraguro. En este proyecto, que sin lugar a dudas representa desarrollo para la región, no se han considerado las implicaciones ambientales que se pueden producir sobre este ecosistema, es más no cuenta siquiera con una evaluación de impacto ambiental que permita identificar los posibles impactos y tomar medidas preventivas, correctivas o de mitigación para asegurar el menor efecto posible sobre este frágil ecosistema.

Bajo esta perspectiva y considerando la importancia ecológica y social del Complejo de Humedales Saraguro-Oña-Yacuambi el presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar de forma espacial el impacto ambiental provocado por la construcción de la carretera Saraguro-Yacuambi sobre el Complejo de Humedales Saraguro-Oña-Yacuambi y su área de influencia a través del uso de herramientas SIG y de la metodología de análisis SIAM. De esta forma se logró identificar el grado de afectación al ecosistema, creando información base que permita alertar sobre estos impactos y tomar medidas oportunas por parte de las autoridades ambientales direccionadas a la conservación de este ecosistema.

OBJETIVOS

General:

Analizar de forma espacial el impacto ambiental causado por el desarrollo de infraestructura vial en áreas sensibles del sur del Ecuador.

Específicos:

- Realizar el Scoping e identificación de impactos causados por el desarrollo de infraestructura vial en el complejo de humedales Saraguro- Oña- Yacuambi.
- Predecir y clasificar los descriptores ambientales que permitirán valorar los impactos ambientales causados por el desarrollo de infraestructura vial en el complejo de humedales Saraguro- Oña- Yacuambi.
- Calcular los índices e indicadores de impacto que permitan determinar el grado de afectación de los diferentes elementos ambientales como consecuencia del desarrollo de infraestructura vial en el complejo de humedales Saraguro- Oña- Yacuambi.

CAPÍTULO I

1.1. Marco teórico

1.1.1. Impactos ambientales.

1.1.1.1. Generalidades.

Las actividades humanas modifican el ambiente generando una serie de impactos directos e indirectos sobre varios elementos ambientales como flora, fauna, suelo, atmósfera, agua, clima, paisaje, entre otros (Western, 2001). De acuerdo a Butler et al. (2005) el cambio climático, la reducción del ozono estratosférico, la deforestación, la degradación de tierras, la pérdida y deterioro de los humedales, la pérdida de biodiversidad, el agotamiento y la contaminación del agua, la urbanización y el daño a los ecosistemas costeros son tan solo algunas de las consecuencias resultantes de las actividades antrópicas, las cuales a su vez causan efectos negativos sobre la calidad de vida de la población y el equilibrio ambiental.

La identificación y evaluación de impactos ambientales surge como una herramienta indispensable para determinar el grado en que las actividades humanas afectan al medio (Garmendia et al., 2005) y de esta forma plantear medidas preventivas, correctoras o compensatorias destinadas a minimizar o evitar estos impactos ambientales (Rodríguez, 2008).

1.1.1.2. Concepto de impacto ambiental.

Un impacto ambiental es cualquier acción de un proyecto o actividad humana que produce una variación, alteración, modificación o cambio (favorable o desfavorable) en el ambiente o en alguno de sus componentes (Conesa, 2010) (**Figura 1. 1**).

Según Gómez (1999) los impactos ambientales se manifiestan en tres etapas sucesivas:

- 1) Una actividad humana modifica el sistema ambiental por completo o alguno de los elementos ambientales.
- 2) Debido a esta modificación el valor del sistema o elemento ambiental se ve degradado.
- 3) La degradación del sistema o de uno de sus elementos influye en la calidad de los ecosistemas y la calidad de vida de la población.

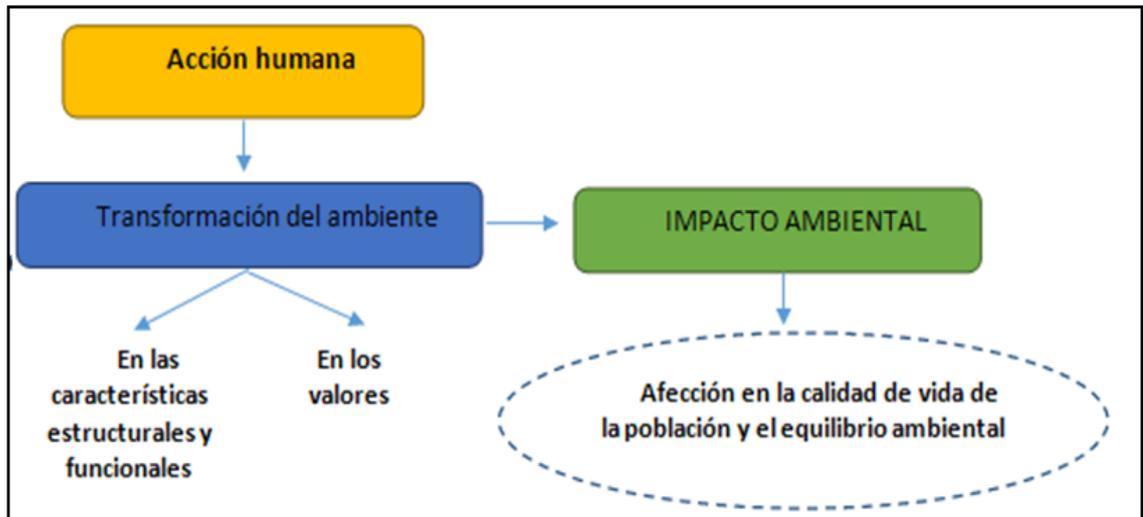


Figura 1. 1. Proceso de un impacto derivado de una acción humana
Fuente: Gómez, 1999

1.1.1.3. Principales factores que causan impactos sobre el ambiente.

De acuerdo a Gligo et al. (2010) los factores que producen impactos ambientales se clasifican de acuerdo a sus características en dos grupos: 1) fuerzas motrices, en donde se incluyen todas las acciones humanas que generan impactos negativos sobre el ambiente de forma indirecta y 2) presiones, que incluyen a las acciones humanas o procesos naturales que de forma directa causan una alteración en el ambiente o en sus elementos. En la **(Figura 1. 2)**, se observa varios ejemplos de fuerzas motrices y presiones.

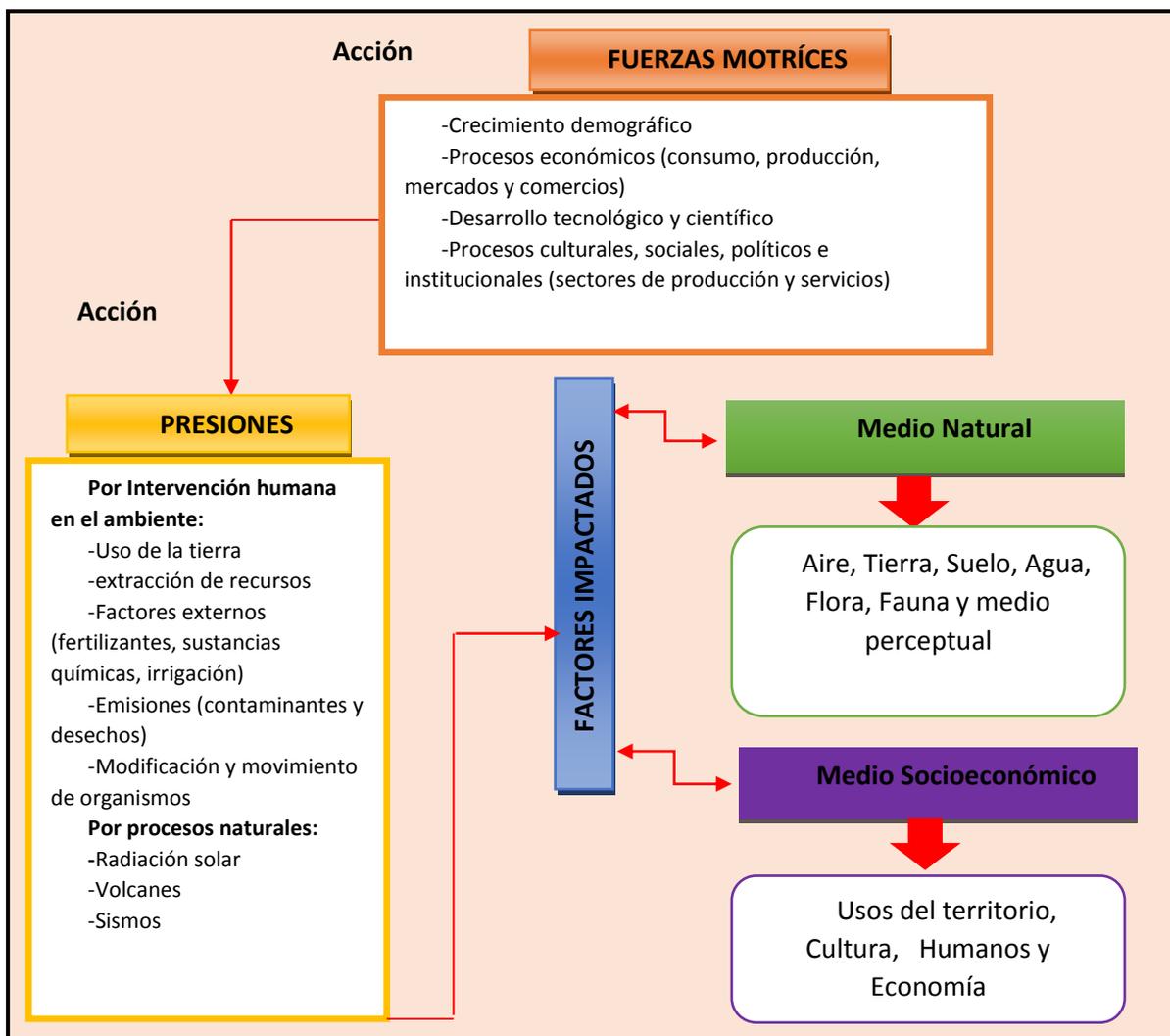


Figura 1. 2. Factores que generan impactos en el ambiente
Fuente: PNUMA, 2010

1.1.1.4. Principales impactos ambientales.

Los impactos negativos que las actividades humanas ocasionan sobre el ambiente son variados. A continuación se describen algunos de los impactos generados por las principales actividades humanas:

1.1.1.4.1. Impactos causados por actividades agrícolas.

La agricultura ha modificado el paisaje natural por la sustitución de bosques nativos por otro tipo de vegetación, en muchas ocasiones por monocultivos (Seoánez, 1998). La producción de monocultivos ha provocado fuertes impactos sobre la biodiversidad de flora y fauna provocando su reducción y sobre el suelo disminuyendo su fertilidad (Altieri, 2009).

Por otro lado, las fuentes naturales de agua son frecuentemente contaminadas por plaguicidas lixiviados, nitratos provenientes de fertilizantes inorgánicos y sales que provienen del agua de riego (FAO, 2002). Finalmente, la emisión de gases de efecto de invernadero, especialmente las de óxido nitroso (N²O), producido en los suelos a partir de los fertilizantes nitrogenados de síntesis y/o abonos orgánicos han provocado otras alteraciones ambientales como el cambio climático (FAO, 2007).

1.1.1.4.2. Impactos causados por actividades ganaderas.

Las actividades ganaderas generan impactos significativos sobre el suelo, el clima, el agua, la biodiversidad y el paisaje (Steinfeld et al., 2006). El reemplazo de ecosistemas naturales por pastizales ha provocado la erosión del suelo, liberación de carbono de depósitos de materia orgánica, disminución de la biodiversidad y alteración del ciclo del agua (Fernández, 2010).

Estas actividades a su vez generan impactos significativos sobre cuerpos de agua (p.ej.: lagos, lagunas), donde la contaminación por estiércol de animales ha provoca el agotamiento de oxígeno disuelto y la muerte de animales acuáticos debido a la eutrofización del agua (Ongley, 1997). Finalmente, la introducción de especies exóticas y la expansión de la ganadería ocasionan la pérdida de especies nativas y alteraciones de la dinámica del paisaje (Steinfeld et al., 2006).

1.1.1.4.3. Impactos causados por la deforestación de bosques.

La fragmentación y degradación de hábitats son consecuencia directa de la deforestación de bosques naturales, y son responsables del cambio estructural y funcional de los ecosistemas (Saunders et al., 1991; Debinski & Holt, 2000). La fragmentación de bosques provoca la reducción de hábitats de especies nativas, generando nuevos hábitats para especies generalistas no autóctonas del lugar (Wilcove et al., 1986; Saunders et al., 1991; Fischer & Lindenmayer, 2007). Además, tanto la fragmentación como degradación de bosques modifica la regeneración y abundancia de especies vegetales (Rojas et al., 2011).

Además de estos impactos, la deforestación ha causado una disminución en la calidad del agua de los ríos andinos y ha modifica la diversidad de estos (Iñiguez et al., 2014).

Por último, la liberación de carbono a la atmósfera debido a la deforestación de áreas tropicales contribuye con aproximadamente 20-29% de las emisiones antropogénicas de gases de invernadero (Fearnside, 2000).

1.1.1.4.4. Impactos causados por el desarrollo industrial y urbano.

Uno de los impactos más importantes del desarrollo industrial es la contaminación del suelo por residuos derivados del petróleo, desechos industriales, residuos comerciales y de servicio y residuos de limpieza en el caso de industrias ubicadas en áreas urbanas (Seoánez, 1998).

Por otro lado las acciones de revestimiento, compactación y ocupación del suelo por la expansión de áreas urbanas y rurales, han provocado graves modificaciones en la flora y fauna original (Seoánez, 1998).

1.1.1.4.5. Impactos causados por el desarrollo de infraestructuras vial.

El desarrollo de infraestructura vial ha modificado el paisaje y a todos sus componentes bióticos y abióticos que lo integran (Trombulak & Frissell, 2000). El resultado de esta modificación viene estrechamente ligada al acceso a nuevos mercados y con ello la explotación de los recursos naturales, la fragmentación del hábitat, la deforestación, la desaparición de tierras y la disminución y pérdida de la vida silvestre (Wilkie et al., 2000).

1.1.2. Infraestructura lineal.

1.1.2.1. Concepto.

Se denomina infraestructura lineal a construcciones humanas que se desarrollan de forma longitudinal sobre la superficie terrestre, tales como: carreteras, autopistas, líneas eléctricas, rutas aéreas, vías de ferrocarril, oleoductos y tuberías de gas (Laurance, Goosem & Laurance, 2009).

1.1.2.2. Principales impactos causados por infraestructura vial.

Si bien uno de los efectos positivos de la construcción de vías es proporcionar conectividad entre sociedades humanas (Coffin, 2007), su construcción tiene efectos negativos sobre el ambiente, modificando y alterando el paisaje natural (Trombulak & Frissell, 2000; Biglin, et al., 2006). A continuación se describen los impactos más importantes:

1.1.2.2.1. En la hidrología y calidad del agua.

Las carreteras pueden actuar como barreras sobre el curso natural del agua cuesta abajo (Jones et al., 2000). Los canales de desfogue de agua presentes a los lados de las vías recogen aguas lluvias e incrementan su velocidad de movimiento (Jones et al., 2000). Cuando las redes de desfogue desembocan directamente en redes acuáticas, dichas aguas

de movimiento rápido incrementan la energía de estas últimas, produciendo la erosión de afluentes o aumentando la probabilidad de inundación aguas abajo (Coffin, 2007).

Por otro lado, ecosistemas acuáticos cercanos a redes viales se ven afectados por la presencia de contaminantes orgánicos tales como dioxinas y bifenilospoliclorados emitidos por vehículos motorizados (Benfenati et al., 1992). Estos contaminantes químicos y el escurrimiento de nutrientes pueden ser graves especialmente para los ríos y humedales cerca de las carreteras, que por acción de fuertes lluvias contaminantes químicos y nutrientes entran en los ecosistemas acuáticos (Pratt & Lottermoser, 2007a). Tales contaminantes pueden tener efectos de gran alcance como por ejemplo, muchos invertebrados acuáticos y vertebrados son sensibles a la contaminación del agua; nutrientes a base de agua pueden promover eutrofización nociva (Trombulak & Frissel, 2000; Pratt & Lottermoser, 2007b).

Cabe agregar que el aumento de sedimentos ocasiona serios impactos en los cuerpos de agua tales como reducción del área de crecimiento de organismos (Ramos & MacDonald, 2007), afectaciones en el desarrollo de huevos y larvas, alteración en la migración de los peces como también en la turbidez del agua disminuyendo la visibilidad límite para la caza y alimentación de los peces (Newcombe, 2003; Marquis, 2005). Adicionalmente, reducción de la cantidad de luz disponible para la fotosíntesis (Ramos & MacDonald, 2007).

1.1.2.2. En la estructura y composición del suelo.

Los impactos negativos más significativos hacia el elemento suelo se relacionan con la modificación de su uso por ocupación del mismo (Arroyave, 2006). Un ejemplo de esto son los caminos forestales que por la remoción del suelo han ocasionado movimientos de masas de tierra, estimulando a cambios en las tasas de erosión del suelo y al aumento de sedimentos por esta última (Laurance, 2009). Por otro lado, la erosión hídrica y eólica del suelo contribuyen a la modificación del drenaje natural del agua y a la pérdida del contenido de oxígeno en el suelo provocando impactos indirectos como la apertura a fuentes de colonización que en el mediano y largo plazo ocasionan la reconversión del suelo y la desaparición de microorganismos (Arroyave, 2006).

Buytaert et al. (2002) manifiesta además que por cambios en el uso del suelo estos ocasionan un efecto de secado en el suelo el cual altera significativamente a las propiedades de retención de agua del suelo, esto también se atribuye a una mayor introducción de drenajes artificiales y a la compactación del suelo (Buytaert et al., 2007).

1.1.2.2.3. En la calidad del aire.

La calidad del aire se ve afectada inicialmente por la emisión de productos químicos derivados del trabajo de actividades de mantenimiento relacionadas con la calzada de las vías, además por las emisiones de CO₂ al aire producidas por vehículos motorizados (US, Environmental Protection Agency, 1996, 2001; Grant et al., 2003), donde la contaminación por plomo de los escapes de automóviles es muy común (García, 1981).

1.1.2.2.4. En la flora y fauna.

Uno de los impactos más significativos ocasionados por proyectos viales es la fragmentación del hábitat (Arroyave et al., 2006). Este impacto provoca a su vez dos efectos, el efecto de barrera, en donde especies migratorias y en estado reproductivo se ven afectadas por la reducción genética entre las poblaciones y la división de poblaciones grandes en sub poblaciones (Johnson & Collinge, 2004) y el efecto de borde, que provoca cambios en las condiciones de temperatura, radiación, susceptibilidad al viento y humedad en inmediaciones a lo largo de la vía (Forman et al., 2003) permitiendo el acceso a especies generalistas que provocan cambios en la distribución y abundancia de las especies como en la oferta de alimento (Goosem, 2002).

Adicionalmente, provoca la disminución de las poblaciones por el atropellamiento de animales (Taylor & Goldingay, 2004). Por otro lado, el incremento de ruido de vehículos provoca la reducción de áreas de actividad por el desplazamiento de las especies, bajo rendimiento reproductivo por alteraciones hormonales, aumento de estrés y comportamiento alterado durante épocas reproductivas (Forman & Alexander, 1998). Se ha registrado además que ciertas especies de aves son sensibles inclusive a niveles bajos de ruido (Reijnen et al., 1996).

Finalmente, el acceso de cazadores, mineros, colonizadores y visitantes turísticos influye en el detrimento de las poblaciones y la composición de las comunidades biológicas (Arroyave et al., 2006).

1.1.2.2.5. En la estructura del paisaje.

Los cambios en la estructura del paisaje por el desarrollo de proyectos viales tienen graves impactos sobre las características y elementos individuales que conforman un territorio natural (Biglin & Dupigny, 2006). Los impactos sobre las características y elementos del paisaje suelen tener mayor importancia si estos poseen alto valor o relevancia (Coffin, 2007).

Uno de los impactos más reconocidos sobre el paisaje es sobre el atractivo visual (Castelli, & Sapallasso, 2007). Este impacto se refiere a la impresión que causa en la comunidad los cambios en la apariencia del paisaje por la obstrucción o degradación que se aprecia en él (Castelli & Spallasso, 2007).

1.1.2.2.6. *En el medio social-económico-cultural.*

Los proyectos viales especialmente en países en desarrollo, han traído consigo algunos efectos positivos para el crecimiento económico de la región, sin embargo la inadecuada gestión de planificación ha ocasionado que actividades como la construcción de carreteras afecten zonas altamente sensibles y con un alto valor cultural derivando en la pérdida de ese patrimonio (PEAE, 2009).

1.1.3. **Humedales.**

1.1.3.1. **Concepto.**

La Convención Ramsar (Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional especialmente como hábitat de Aves Acuáticas) define a los humedales como: “Extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Ramsar, 1971).

1.1.3.2. **Tipos de humedales.**

De acuerdo con la Convención Ramsar los humedales se agrupan en cinco tipos (**Tabla 1. 1**):

Tabla 1. 1. Tipos de humedales, según Ramsar.

Tipo	Definición	Subtipos	Imagen
Marino-costero	Son zonas de extensión litoral, que permanecen inundadas permanentemente o de manera temporal por agua salobre o marina.	-Humedales costeros -Lagunas costeras -Costas rocosas -Arrecifes de coral.	 <p>Tomado de: Flores, et al. (2009).</p>
Estuarino	Son zonas donde los ríos desembocan en el mar y el agua alcanza una salinidad equivalente a la media del agua dulce y salada.	-Deltas -Marismas de marea -Manglares.	

			Tomado de: Calderón, et al. (2009).
Lacustre	Son zonas cubiertas de agua permanentes caracterizadas por una baja circulación.	-Humedales asociados con: lagos, lagunas, lagos glaciales y cráteres de volcanes.	 Foto: Jacob Acevedo García. (2006).
Ribereño	Son las tierras inundadas periódicamente como resultado del desbordamiento de los ríos.	-Humedales adyacentes a ríos y arroyos -Bosques inundables -Llanuras de inundación -Islas fluviales	 Fuente: Marcano, J. (2013)
Palustre	Son áreas que contienen relativamente permanentes.	-Pantanos -Turberas -Ciénagas.	 Fuente: Wikipedia. (2013)

Fuente: Ramsar, 2006.

1.1.3.3. **Importancia de los humedales.**

Los humedales son considerados como uno de los ecosistemas más productivos e importantes del planeta (Blanco, 1999; Mitsch & Gosselink, 2000) otorgando al hombre múltiples y variados beneficios esenciales para su desarrollo y bienestar a nivel global, regional y local (Zamorano et al., 2010). A nivel global los humedales son una fuente importante de suministro de agua dulce y recurso pesquero, beneficiando a cerca de dos tercios de la población y un tercio de las tierras secas (Butler et al., 2005). A nivel regional, los humedales son importantes lugares de descanso y alimentación para especies migratorias de aves acuáticas (Blanco, 1999). A nivel local constituyen un importante reservorio de diversidad biológica, por ser el hábitat y sustento alimenticio de numerosas especies de animales y plantas (Dugan, 1990). Además, constituyen un depósito importante de material genético vegetal (Ramsar, 2013).

De forma más específica, la importancia de los humedales radica en la cantidad de servicios ambientales que otorgan (**Tabla 1. 2**). De acuerdo a la FAO/OAPN (2008) y De Groot et al. (2007) estos servicios pueden agruparse en cuatro categorías: a) servicios de suministro o provisión, b) servicios de regulación, c) servicios culturales y d) servicios de base o soporte.

Tabla 1. 2. Clasificación de los servicios que otorgan los humedales.

Servicios de suministro o provisión	Servicios de regulación	Servicios culturales	Servicios de base o soporte
<ul style="list-style-type: none"> •Alimento •Recursos genéticos •Recursos medicinales •Recursos ornamentales •Recursos forrajeros •Recursos agrícolas •Recursos forestales •Abastecimiento de agua •Recursos minerales, bioquímicos •Materias primas, fibras y combustible 	<ul style="list-style-type: none"> •Regulación de gas •Regulación del clima •Regulación hídrica •Retención de suelos •Tratamiento de residuos •Polinización •Control biológico •Regulación de perturbaciones 	<ul style="list-style-type: none"> •Información estética •Recreación y turismo •Culturales y artísticos •Espirituales e históricos •Ciencia y educación 	<ul style="list-style-type: none"> •Función de refugio •Función de cría •Formaciones de suelo •Ciclado de nutrientes

Fuente: Groot, et al., 2002.

1.1.3.4. Principales amenazas sobre los humedales.

Durante muchos años los humedales fueron vistos como zonas relativamente inútiles y como criaderos de mosquitos, provocando que extensas áreas de humedales fueran drenados para ser modificados por actividades humanas (Astrálaga, 2006).

En la actualidad actividades como la agricultura, el sobre pastoreo, la deforestación, la pesquería y acuicultura, el mal uso de la tecnología y el desarrollo de infraestructuras se encuentran entre las principales causas de su degradación y desaparición (Astudillo et al., 2010).

Las actividades humanas han provocado la pérdida del hábitat, el agotamiento de las reservas de agua, la aceleración de procesos de sedimentación, la introducción de especies invasoras, la contaminación y la carga de nutrientes en estos ecosistemas (Butler et al., 2005).

Adicionalmente, a la degradación de los humedales como consecuencia de actividades humanas específicas hay que incluir el riesgo que estos ecosistemas frágiles enfrentan como consecuencia del calentamiento global lo que supone no solo una mayor degradación de estos ecosistemas sino también a la pérdida de los servicios que prestan al ser humano (Stolk et al., 2006).

1.1.4. Los Humedales en el Ecuador.

1.1.4.1. Aspectos generales.

Tanto la presencia de la cordillera de los Andes como la situación tropical y las corrientes marinas, cálidas y templadas, han permitido que el Ecuador sea poseedor de altos niveles de diversidad a nivel de especie, ecosistemas y genes (Briones et al., 2001). Los humedales forman parte de esta diversidad y se incluyen dentro los siete biomas que forman parte del territorio continental (EcoCiencia, 2002; MAE, 2002).

Los humedales en nuestro país se encuentran distribuidos en todos los pisos climáticos y con representación en las cuatro regiones del país (**Figura 1.**). El primer inventario de humedales en el Ecuador fue realizado por el Dr. Fernando Ortiz en 1986, pero debido a la escasa información existente, no fue posible evaluar la representatividad de los humedales del país en función de los criterios de la Convención Ramsar. En 1991 Ecuador consiente de la importancia de estos ecosistemas, sus beneficios y la necesidad de que sean conservados, se adhiere a la Convención Ramsar (Davis, 1994; Echeverría, 2008).

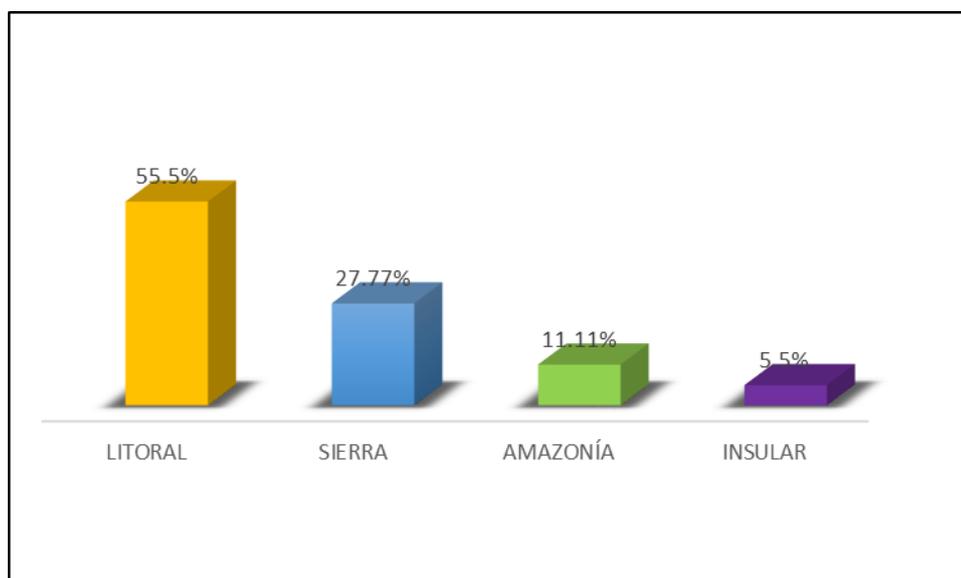


Figura 1. 3. Distribución de sitios Ramsar, Ecuador.
Fuente: Autora

En la actualidad, el 0.78% de los humedales reconocidos como sitios Ramsar se encuentran en Ecuador, lo que representa un total de 18 humedales (**Tabla 1. 3, Figura 1. 3 y Figura 1. 4.**) que cubren una superficie de 286.651 hectáreas (Echeverría, 2008).

Tabla 1. 3. Humedales del Ecuador, distribuidos por provincias y hectáreas

Humedales	Provincia	Extensión (ha)
Reserva Ecológica de Manglares Churute	Guayas y Los Ríos	35.042
Parque Nacional Machalilla (Zona marina)	Manabí	14.430
Reserva Biológica Limoncocha	Sucumbíos	4.613
Abras de Mantequilla	Los Ríos	22.500
La Segua	Manabí	1.836
Isla Santay	Guayas	4.705
Refugio de Vida Silvestre Isla Santa Clara	El Oro	45.7
Laguna de Cube	Esmeraldas	113
Humedales del Sur de Isabela	Galápagos	872
Parque Nacional Cajas	Azuay	29.477
Reserva Ecológica de Manglares Cayapas-Mataje	Esmeraldas	44.848
Complejo de Humedales Ñucanchi Turupamba	Pichincha y Napo	12.290
Complejo Llanganati	Tunguragua y Cotopaxi	30.355
La Tembladera	El Oro	1471
Reserva Ecológica el Ángel	Carchi	17.003
Sistema Lacustre Lagunas del Compadre	Loja	23.962
Sistema Lacustre Yacuri	Loja	27.762
Manglares del Estuario Interior del Golfo de Guayaquil “Don Goyo”	Guayas	15.337

Fuente: Ministerio del Ambiente, Sitios Ramsar Ecuador. (2010).

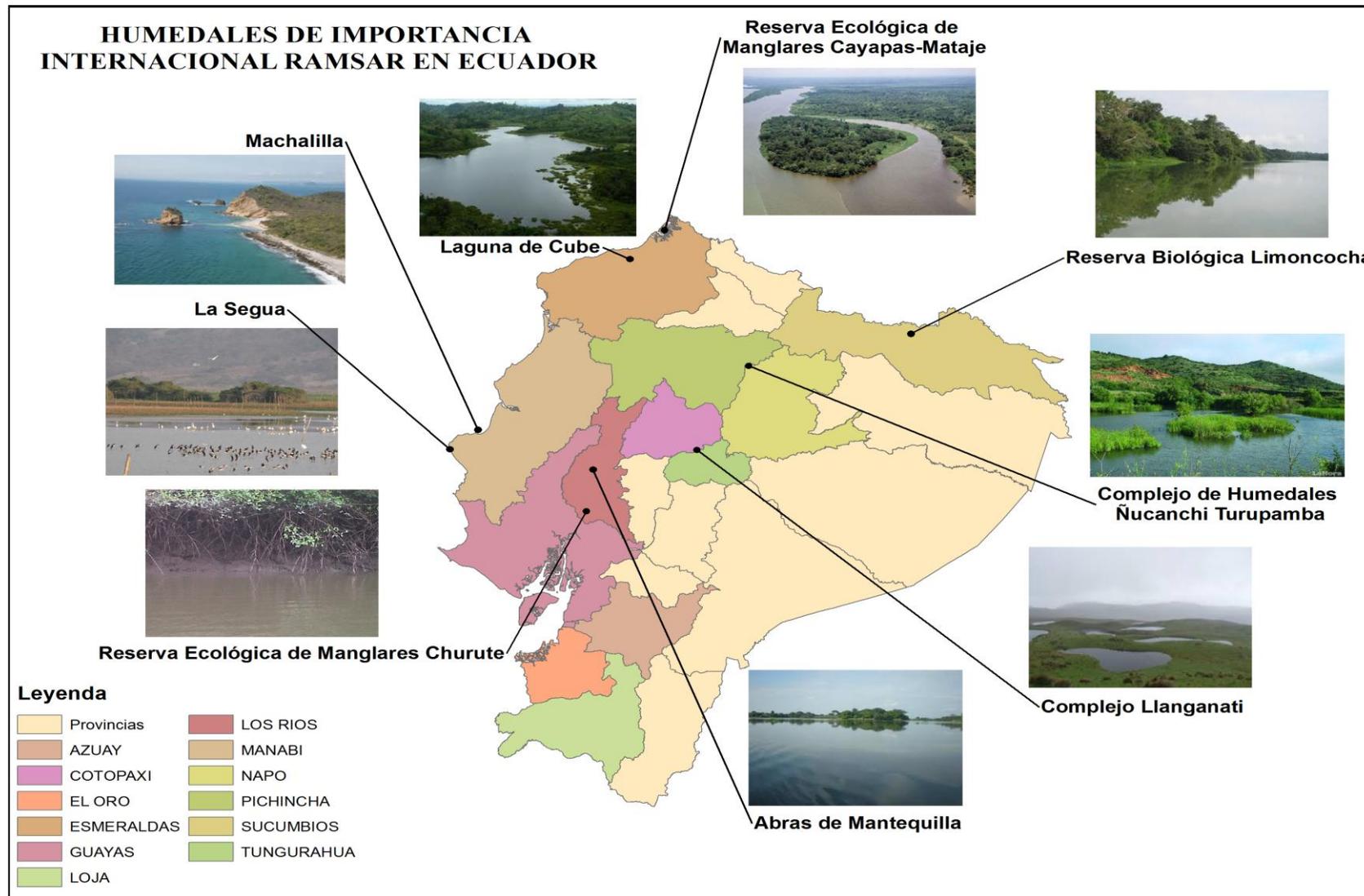


Figura 1. 4. Sitios Ramsar, Ecuador
Fuente: Autora

HUMEDALES DE IMPORTANCIA INTERNACIONAL RAMSAR EN ECUADOR

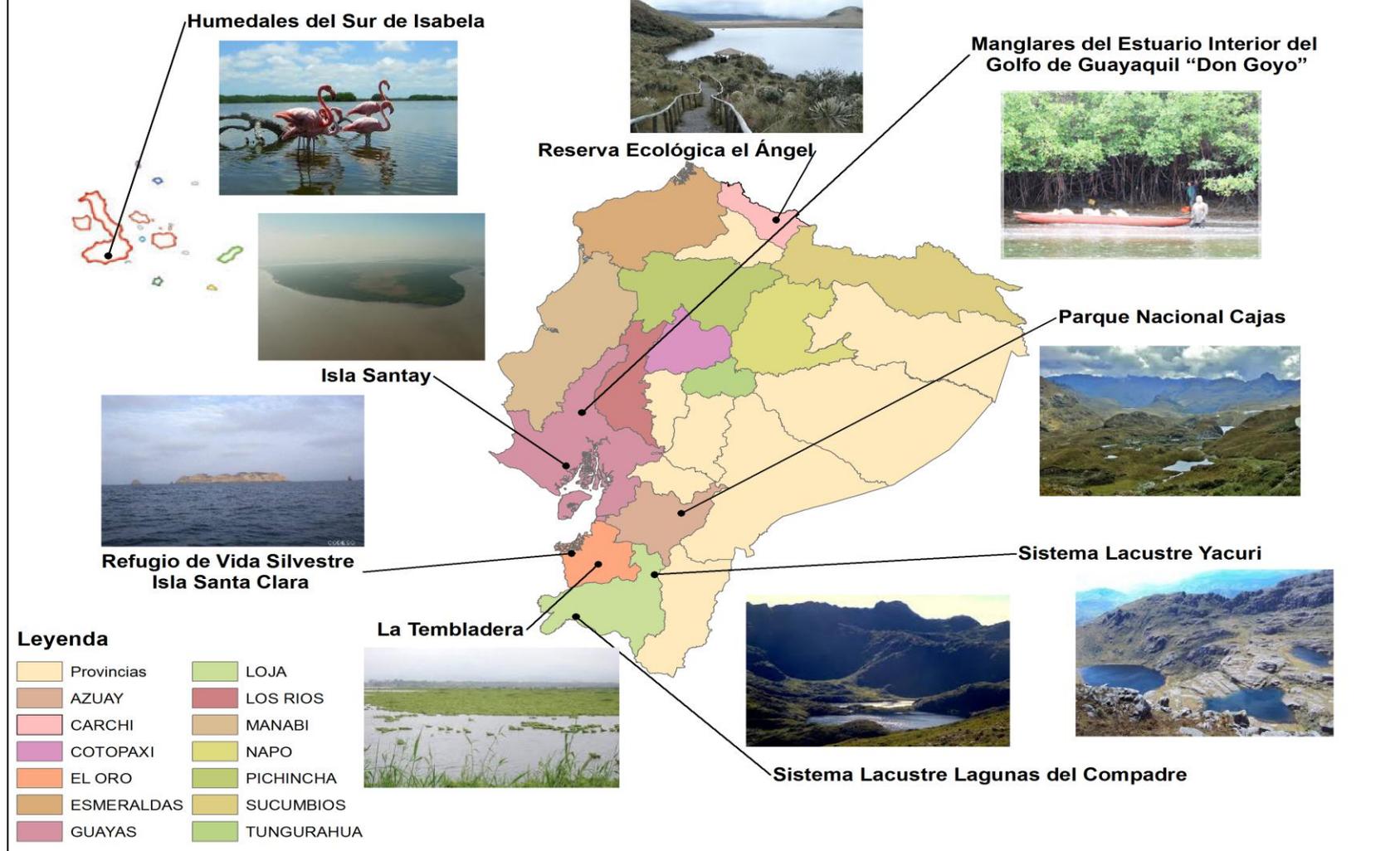


Figura 1. 5. Sitios Ramsar, Ecuador
Fuente: Autora

1.1.4.2. Humedales Alto andinos.

La convención Ramsar incluye a estos humedales dentro de las formaciones lacustres que se encuentran relacionadas a los ecosistemas de páramo, jalca y puna (Ramsar, 2005). En ese mismo sentido Barrera & Peñarreta (2009) definen a estos humedales como formaciones de ecosistemas de alta montaña.

En Ecuador, los humedales alto andinos se encuentran presentes en 10 provincias de la Sierra y cubren un área de alrededor de 671.309 hectáreas. Aproximadamente, del total de 59 humedales 36 son sistemas de humedales y 23 humedales aislados, (PEAE, 2009). Sin embargo solo 4 de los humedales altoandinos del país se encuentran incluidos en la lista de humedales de importancia Ramsar, el complejo de humedales alto andinos del Parque Nacional Cajas, el complejo de humedales Ñucanchi-Turupamba en la Reserva Ecológica Cayambe-Coca, el Sistema Lacustre Lagunas del Compadre y el Sistema Lacustre Yacuri (Izurieta, 2005).

1.1.4.3. Importancia de los Humedales Alto andinos.

La Convención Ramsar reconoce a “los humedales alto andinos como ecosistemas estratégicos” debido a los beneficios y servicios ecosistémicos que otorgan al medio ambiente (flora, fauna y al ser humano) (Ramsar, 2005) (

Figura 1.). En general, estos ecosistemas juegan un rol vital en el desarrollo de las cuencas andinas, así como de otros sistemas hidrográficos, ya que sus aguas fluyen hacia las vertientes de la Amazonía y a las costas del Pacífico (PEAE, 2009). Adicionalmente, mantienen una diversidad biológica única y se caracterizan por presentar un alto nivel de endemismo de plantas y animales, así como también ser refugio y zonas de reproducción para especies con problemas de conservación (López et al., 2008).

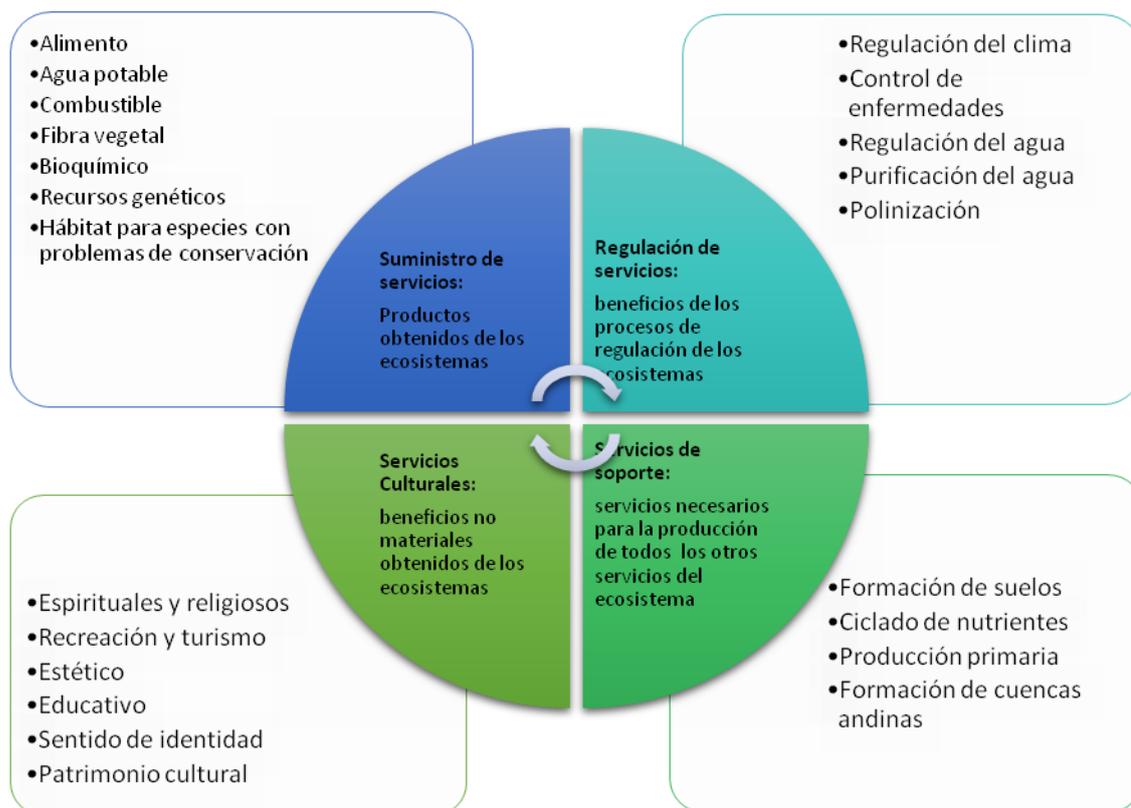


Figura 1. 6. Servicios ecosistémicos de los humedales alto andinos.
Fuente: Ecosistemas del Milenio, Island Press, 2005.

1.1.4.4. Humedales Alto andinos en el Sur del Ecuador.

En el sur del Ecuador entre las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y Azuay, existen importantes humedales alto andinos, algunos de los cuales se encuentran ya protegidos como por ejemplo los ubicados en el Parque Nacional Cajas y los del Parque Nacional Podocarpus (Barrera & Peñarreta, 2009). Sin embargo, existen otros como por ejemplo el Complejo de Humedales integrado por: Tres Lagunas, Laguna Grande y Condorcillo, que aún no cuentan con una protección y que por tanto están expuestos a fuertes presiones humanas.

Este complejo de Humedales localizado entre las provincias de Loja, Azuay y Zamora Chinchipe es fundamental para la regulación del ciclo hidrológico de las tres provincias como también para subcuencas de los ríos Yacuambi y León. A pesar de su gran importancia este complejo aún no ha sido valorado ni estudiado lo suficiente en consecuencia de ello se encuentra enfrentando serias amenazas de origen antrópico entre las más relevantes las actividades mineras y la construcción de la carretera Saraguro-Yacuambi (López, 2008).

CAPÍTULO II

2.1. Materiales y métodos

2.1.1. Área de estudio.

2.1.1.1. Aspectos generales.

El área de estudio (**Figura 2. 1**) se encuentra ubicada en la Región Sur del Ecuador, entre las provincias de Loja (Cantón Saraguro), Azuay (Cantón Oña) y Zamora Chinchipe (Cantón Yacuambi). Parte de la superficie de estudio se encuentra representada por el Complejo de Humedales Saraguro-Oña-Yacuambi, el cual está conformado por varias lagunas de gran tamaño (Condorcillo, Laguna Grande y Tres Lagunas) y aproximadamente 120 lagunas pequeñas sin nombre (Ordoñez et al., 2010).

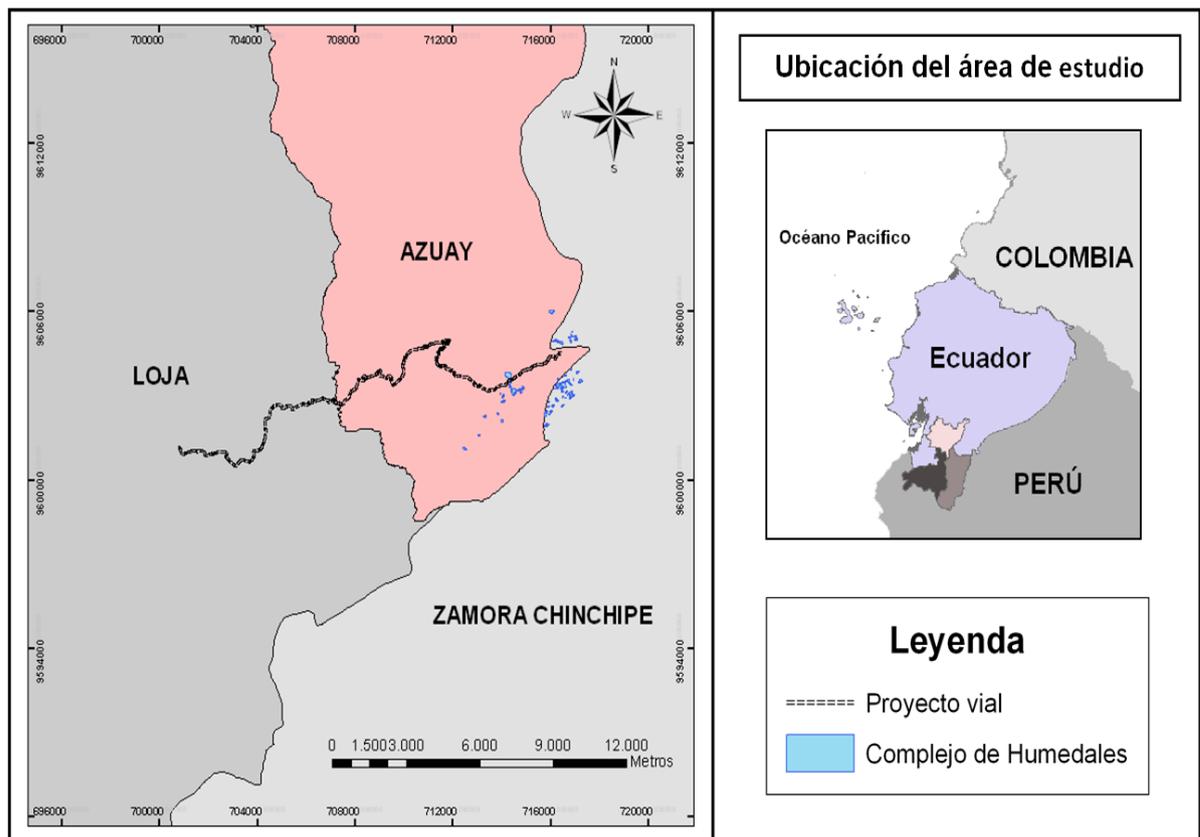


Figura 2. 1. Área de estudio

Fuente: Autora

2.1.1.2. Aspectos ambientales físicos.

2.1.1.2.1. Clima.

La mayor parte del área de estudio es considerada como un sistema alto andino, ocupado en su mayor superficie por páramo. Por lo tanto, está caracterizado por bajas temperaturas con

variaciones climáticas durante el día y una humedad relativa superior al 80% durante todo el año (Calderón, 2010). La temperatura promedio oscila entre los 10°C a 16°C y a lo largo del año se registran precipitaciones con un promedio total de 1414.62 mm³, siendo el mes de marzo el tiempo con los valores máximos de precipitación, hasta 430.08mm/mes (INAMHI, 2010).

2.1.1.2.2. Geología y relieve.

Se caracteriza por presentar una topografía accidentada, irregular, de montañas rocosas y tierra deslizante en las partes media y baja, por otro lado en las partes altas presenta cimas redondeadas, con pendientes que llegan hasta los 45°, esta zona corresponde a un área semiplana formada por coluvios de origen glaciar con suelos orgánicos arcilloso arenoso.

Presenta además pequeños valles y terrazas, con una variabilidad que va desde los 1.000 m.s.n.m (Zona del río Tutupali) hasta los 3.382 m.s.n.m (zona Tres Lagunas) (Castro, 2011). El área está caracterizada por un relieve muy fuerte, con pocas posibilidades de explotación agrícola y aptitud forestal (Barrera & Peñarreta, 2009).

2.1.1.2.3. Sistema hidrológico.

Por el área de estudio atraviesa una importante divisoria de aguas que divide la cordillera andina en el Sistema Hídrico amazónico y en el Sistema Hídrico del Pacífico. Dentro de las unidades hidrográficas que confluyen hacia el Amazonas se encuentra la cuenca del río Santiago y hacia el Pacífico confluye la cuenca del río Jubones (Castro, 2010). Entre los ríos más importantes presentes están Tutupali, Zabala, Yacunchigarri, Garcelán, Cachihuaycu, León, Negro, Ingenio, Yanahurcu, Udushapa, Oña, Betas, Shincata y Chalcay (Barrera & Peñarreta, 2009).

Parte primordial del sistema hídrico de la zona está formado por el Complejo de Humedales Saraguro – Oña – Yacuambi, las cuales se localizan tanto en la vertiente oriental como occidental de la cordillera andina y por lo tanto aportando de forma significativa a los Sistemas Hídricos Amazónico y Pacífico.

2.1.1.3. Aspectos ambientales biológicos.

2.1.1.3.1. Fauna.

De acuerdo a estudios preliminares realizados en el área de estudio, se han registrado 6 especies de mamíferos, 17 especies de aves (una de estas especies endémica y 3 migratorias) (López et al., 2008). La herpetofauna del lugar está representada por un total de

23 individuos, de los cuales 22 son anfibios del orden anuros y 1 corresponde al orden Squamata (reptiles) (Barrera & Peñarreta, 2009).

En el área también han sido registradas especies consideradas como amenazadas para el Ecuador como son: el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) y el tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*) (López et al., 2008).

2.1.1.3.2. Flora.

Está caracterizada por hierbas en penacho que son reemplazadas por arbustos, plantas en roseta y especialmente en los páramos más húmedos por plantas en almohadilla; se han registrado también árboles de pequeña altitud de los géneros *Polylepis*. y *Escallonia* (Sierra, 1999). Las familias más importantes en cuanto a la riqueza vegetal son: Poaceae, Cyperaceae y Jungermaniaceae y en cuanto a la abundancia relativa Plantaginaceae y Xyridaceae (Gortaire, 2010).

Respecto a la cobertura vegetal asociada a toda el área de estudio, se pueden apreciar 5 tipos: Páramo herbáceo, Asociación pasto – cultivo, Matorral denso bajo, Bosque muy denso y Pasto natural (PROMAS-Universidad de Cuenca, 2008).

2.1.1.4. Aspectos ambientales socio-económicos.

2.1.1.4.1. Población.

El número total de habitantes en las tres parroquias antes mencionadas es de 39,601 habitantes (INEC, 2010), de los cuales la mayoría pertenecen al género femenino y una proporción menor al masculino, característica que se puede adjudicar a un proceso migratorio nacional e internacional (Barrera & Peñarreta, 2009). Se ha registrado un tamaño familiar de 3,6 personas/vivienda en la zona (INEC, 2010).

2.1.1.4.2. Actividades económicas.

Según el Censo Nacional Económico del Ecuador (INEC, 2010), los tres cantones en mención poseen altos porcentajes correspondientes a actividades enfocadas al desarrollo de Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas, a actividades de alojamiento, servicio de comidas y a la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca.

Cabe destacar que el cantón Yacuambi se caracteriza actualmente por su creciente sector productivo en actividades agropecuarias destacándose la producción ganadera y de cultivos de ciclo corto, convirtiéndolo así en un sector con altas posibilidad de expandir sus productos al mercado agropecuario de Loja, Cuenca, Machala y Guayaquil.

2.1.2. Descripción general del proyecto vial Saraguro Yacuambi.

La construcción de la red vial Saraguro-Yacuambi surge por iniciativa del GAD Municipal de Saraguro y por el Gobierno Provincial de Zamora Chinchipe. Se encuentra ubicado en la región sur del Ecuador y cuenta con una extensión de 67 kilómetros de longitud aproximadamente desde Saraguro a Yacuambi.

Esta vía (**Figura 2. 2**) tiene como propósito la conexión de los cantones de Saraguro, Oña y Yacuambi, favorece la comercialización e intercambio de productos, la producción agrícola, ganadera, y el turismo. Además de ello, la disminución de tiempos y costos de servicio vehicular para el traslado de los productos de comercialización.



Figura 2. 2. Obra vial Saraguro –Yacuambi
Fuente: <http://www.zamora-chinchipe.gob.ec>

Su construcción se llevó a cabo en dos etapas las cuales se describen a continuación:

Primera etapa.- se encuentra bajo la responsabilidad del GAD Municipal de Saraguro y se localiza desde el cantón Saraguro hacia su límite provincial, cuenta con una extensión de 34 kilómetros. Hasta el momento no existe información acerca del Estudio de Impacto Ambiental (EslA), plan de manejo ambiental y permisos ambientales (licencia ambiental) requeridos por la ley ecuatoriana para la construcción y mantenimiento de esta etapa. Sin

embargo, eso no ha impedido que a partir del 2005 se hayan desarrollado actividades de ensanchamiento y continuidad de la vía. Por tal motivo, el Municipio de Oña ha promulgado demandas en contra del Municipio de Saraguro por la apertura de la vía, responsabilizándolo de antemano por los daños ocasionados dentro de su territorio (Barrera & Peñarreta, 2009).

Segunda etapa.- la responsabilidad de la construcción de esta etapa está a cargo del Gobierno Provincial de Zamora Chinchipe y tiene un recorrido Nor-Oeste, cuyo origen empieza desde el sector de Condorcillo atravesando la parroquia de Tutupali hasta el límite provincial con el cantón Saraguro (**Figura 2. 3**) con una extensión aproximada de 8.08 kilómetros. Previo a su ejecución y a diferencia de la anterior, posee un EsIA el cual se ha desarrollado en base a lo que establece la autoridad ambiental (MAE), respecto al proceso de licenciamiento ambiental. De tal forma que en el año 2013 recibió el respectivo permiso ambiental para su ejecución.

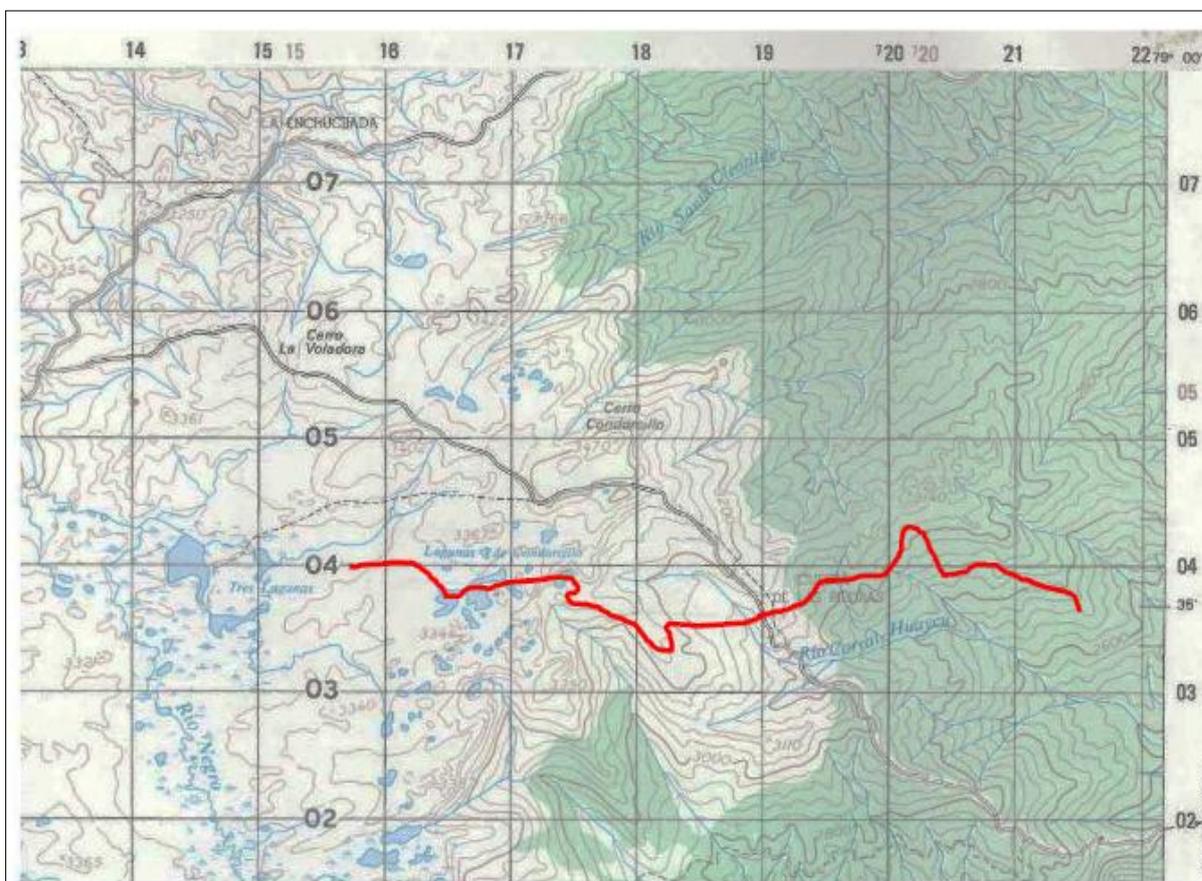


Figura 2. 3. Tramo final de la vial Saraguro –Yacuambi.

Fuente: http://http://issuu.com/zamorach2009/docs/esia_via_yacuambi_saraguro_definitivo. Estudio para la apertura de la vía Yacuambi-Saraguro

2.1.3. Métodos.

La metodología que se utilizó para el análisis espacial del impacto ambiental producido por el desarrollo de la infraestructura vial Saraguro-Oña-Yacuambi se basó en el Método SIAM (Metodología para la Evaluación Espacial de Impactos) propuesto por Antunes et al. (2001) (Figura 2. 4).

Este método considera la dimensión espacial de los impactos ambientales proporcionando índices de impacto asociados a cada uno de los componentes ambientales que podrían ser afectados por un proyecto o actividad.

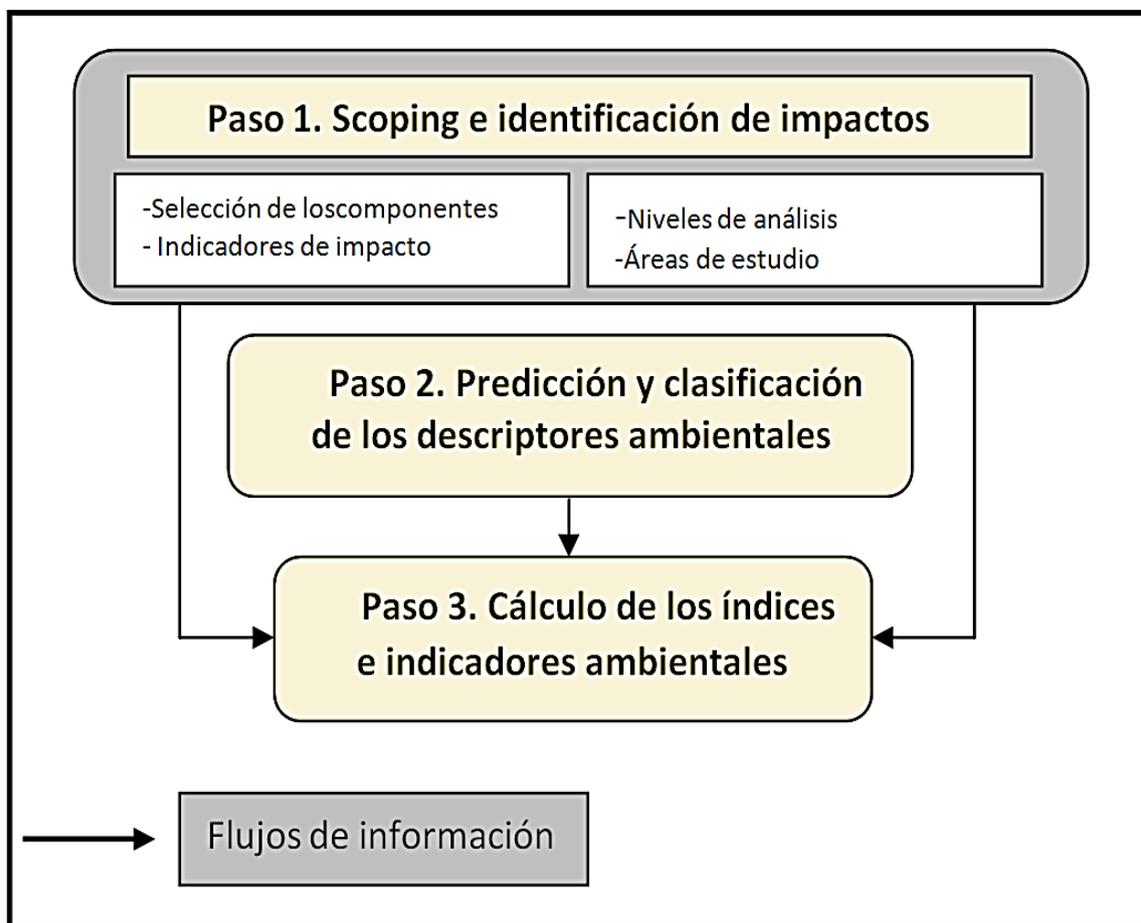


Figura 2. 4. Metodología SIAM.
Fuente: Antunes et al. (2001)

Para esta investigación se evaluó de forma espacial los impactos ambientales causados por la construcción del primer tramo de la vía Saraguro-Yacuambi tomando en cuenta dos alternativas (Figura 2. 5).

Primera alternativa.- ocupa varios tramos del Qapac Ñan conocido también como Camino del Inca, no se trataba de una vía para circulación vehicular pero ha sido utilizada desde

hace muchos años por nuestros antecesores con la finalidad de movilizarse para llevar productos. Esta vía tiene un recorrido más lineal que la segunda alternativa y no pasa por el Complejo de humedales Saraguro – Oña – Yacuambi. Se la consideró como primera alternativa porque al ser ya utilizada pudo ser ampliada y adecuada para el tránsito vehicular, respetando por supuesto sus valores arqueológicos.

Segunda alternativa.- es la vía construida recientemente, la cual atraviesa directamente el complejo de humedales. Es considerada una vía de IV clase de dos carriles, uno por sentido, cuyas características del terreno varían entre ondulado y montañoso. Es importante recalcar que para su construcción no se consideró un EsIA.

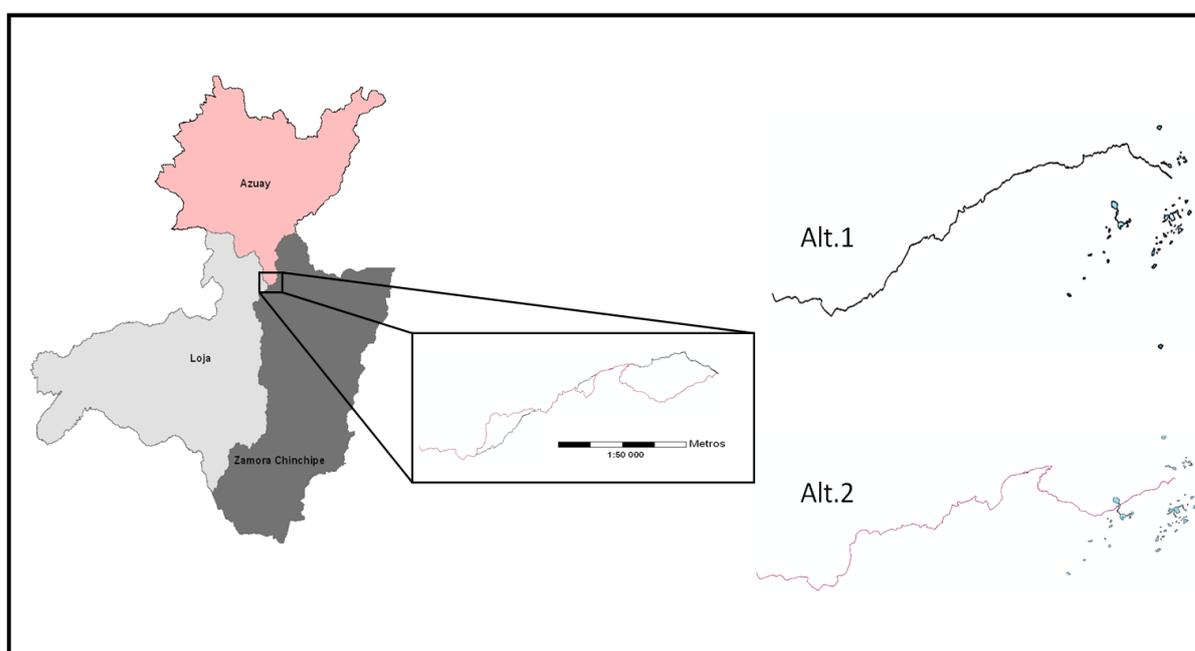


Figura 2. 6. Alternativas viales de análisis
Fuente: Autora

2.1.3.1. Scoping e identificación de impactos causados por el desarrollo de infraestructura vial en el complejo de humedales Saraguro-Oña-Yacuambi.

La etapa del Scoping e identificación de impactos buscó delimitar el alcance del proyecto evaluado y la posible afectación de los factores ambientales. Esta primera etapa resultó de vital importancia dentro de la metodología SIAM porque permitió establecer los componentes que se evaluaron en las siguientes etapas, los indicadores de impacto para cada componente y las áreas de influencia o extensión espacial afectadas por el proyecto.

De forma más específica, los siguientes parámetros fueron levantados durante esta etapa:

2.1.3.1.1. Definición de las áreas de influencia.

Dentro de la evaluación de impactos ambientales se considera como área de influencia (AI) al ámbito espacial donde se manifiestan los posibles impactos ambientales ya sean estos directos o indirectos, ocasionados por la ejecución del proyecto (Garmendia et al. 2005).

Para este estudio en particular, la evaluación de los impactos ambientales causados por la construcción de las dos alternativas de la carretera Saraguro Yacuambi a través del Método SIAM se evaluó a tres escalas.

- **Área del Proyecto (Área de influencia directa):** corresponde al área directamente afectada por las acciones llevadas a cabo dentro del proyecto. Para delimitar esta área se seleccionó un buffer de 250 metros alrededor del proyecto, es decir alrededor de la carretera como tal.
- **Área Local (Área de influencia indirecta):** los componentes ambientales afectados directamente por las actividades del proyecto afectan a su vez a otros componentes. Es así que el área de influencia indirecta se consideró en un radio de extensión de 500metros a cada lado de la vía.
- **Área Supralocal:** corresponde al área fuera del área de influencia directa e indirecta siendo definida por un buffer de 750 metros desde la carretera de estudio.

Se consideró a cada una de estas áreas para cada ambas alternativa del proyecto. La alternativa 1 siguió generalmente la ruta antigua previa al proyecto mientras que la alternativa 2 fue en base al proyecto actual de la vía (**Tabla 2. 1**).

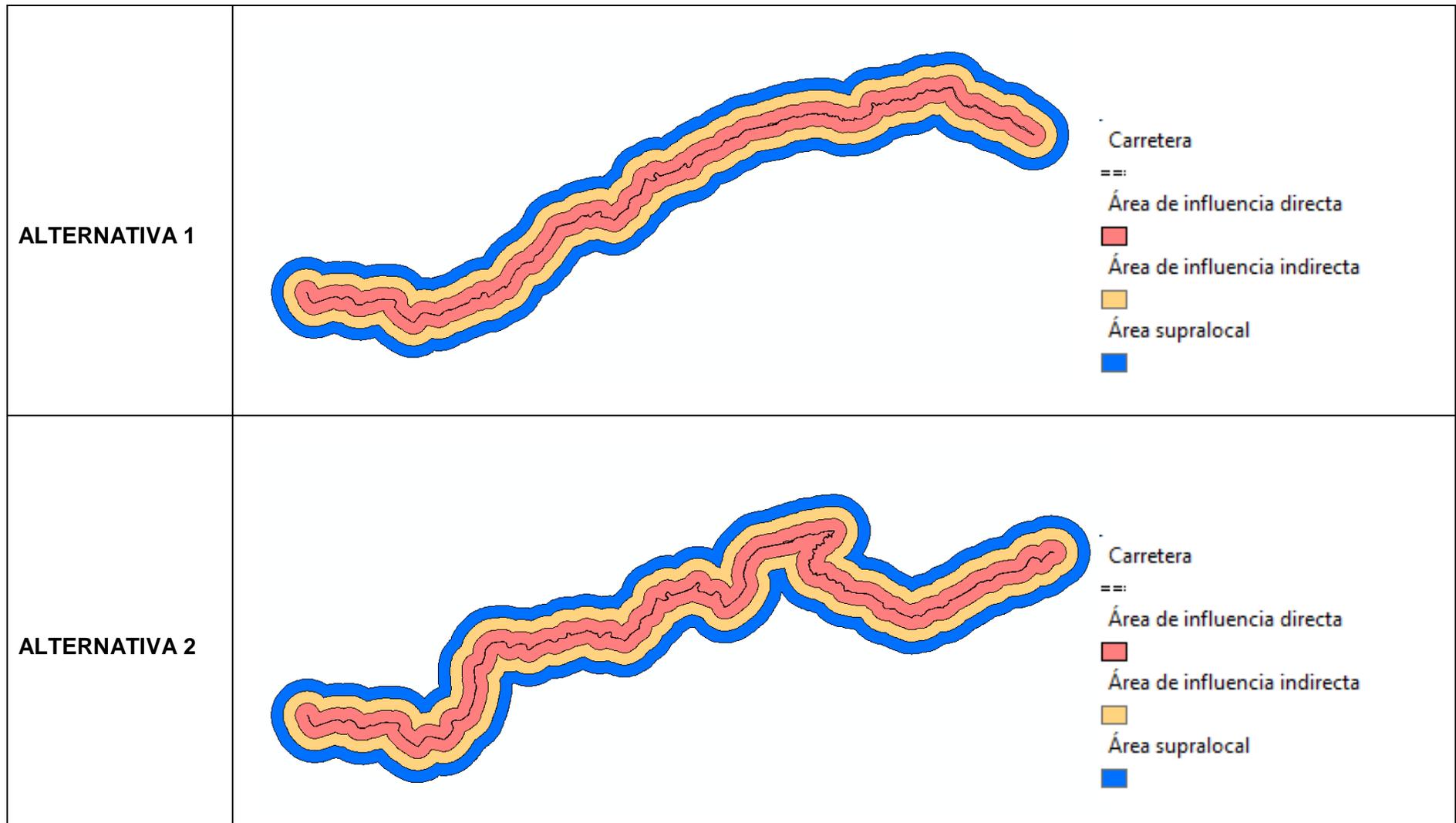


Tabla 2. 1. Áreas de influencia para las dos alternativas viales evaluadas
Fuente: Autora

2.1.3.1.2. Identificación de componentes ambientales y sus indicadores.

Para este estudio se consideró como componente ambiental a todos aquellos posibles factores físicos, bióticos y antrópicos que interactúan entre sí en el medio circundante al proyecto y como indicador ambiental a los factores ambientales que transmiten información sobre el estado de un ecosistema que forma parte o de alguna característica del medio (Garmendia et al. 2005). El primer paso consistió en identificar todos los componentes ambientales que podrían ser afectados por las alternativas del proyecto, con sus respectivos indicadores. Para esto se tomó en cuenta las siguientes consideraciones:

- Todos aquellos componentes físicos, biológicos y sociales que posean un alto, medio o bajo grado de sensibilidad frente al desarrollo del proyecto.
- Que puedan ser medibles o cuantificables a nivel espacial y temporal.
- Que puedan ser evaluados en función de su magnitud y significancia.

Es importante mencionar que durante la etapa del Scoping se buscó identificar cualquier componente ambiental que se vea afectado por el proyecto, sin que esto signifique que luego vaya a ser evaluado. Su evaluación posterior dependió de la factibilidad y disponibilidad de información.

2.1.3.1.3. Obtención de datos geográficos de los componentes ambientales.

Debido a que no siempre hubo disponibilidad de la información geográfica de base para la evaluación espacial de los impactos, fue necesario en algunos casos levantar esta información o preparar la información ya existente como se describe a continuación:

- **Mapas de cobertura y uso del suelo**

Se definieron tres escenarios para obtener la información de cobertura y uso del suelo 1976, 1989 y 2008. Se seleccionaron estos escenarios para poder obtener la información para las dos alternativas del proyecto, tomando en cuenta que la primera de ellas es una vía antigua que ya se encontraba aperturada.

Los dos primeros escenarios se trabajaron a partir de imágenes aéreas de Saraguro y Yacuambi. Estas imágenes fueron obtenidas de la base de datos de la UTPL. Las imágenes a blanco y negro fueron producidas por el I.G.M (Instituto Geográfico Militar) y tienen una escala 1: 60 000.

A partir de las fotografías aéreas se construyeron mosaicos usando Adobe Photoshop CS5. Los mosaicos obtenidos fueron luego georeferenciados en ArcGis 9.3 usando fotografías

áreas ya georreferenciadas. La obtención de las coberturas para estos dos años se realizó a partir de la digitalización de polígonos pertenecientes a cada clase de cobertura.

Para el tercer escenario, se solicitó al SIGTIERRAS (Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica) la información de Ortofotografías a color año 2008 a escala 1:5 000. De igual forma se procedió a la obtención del mosaico del área de estudio utilizando ArcGis 9.3. Estas fotografías fueron utilizadas como referencia para georeferenciar las antiguas. La cobertura de suelo para este último año fue obtenida a través de una clasificación supervisada luego de un proceso de segmentación para agrupar elementos similares dentro de una misma clase.

Para cada año se identificaron 6 tipos de cobertura y usos de suelo (**Tabla 2. 1**). La cobertura plantaciones solo fue identificada en las imágenes actuales debido a que en las antiguas su visualización no fue clara, por lo tanto, esta luego fue incorporada a los mapas más antiguos. Cada clase de cobertura fue luego cuantificada.

Tabla 2. 1. Clases usadas para la elaboración de los mapas de cobertura y uso del suelo

Categorías Identificadas
Actividad antrópica
Cuerpos de agua
Bosque
Páramo
Matorral
Plantaciones

Fuente: Autora

- **Mapa de erosión del suelo**

Para conocer la superficie de suelo erosionado, se identificó aquellos deslizamientos o áreas erosionadas presentes junto a la carretera. Los deslizamientos o áreas erosionadas que no se encontraban al borde de la carretera fueron omitidos puesto que no pueden considerarse como un impacto directo de la misma.

- **Mapa de sensibilidad**

El mapa de sensibilidad se obtuvo a partir de los mismos mapas de cobertura obtenidos en los apartados anteriores a estos mapas se los reclasificó de acuerdo al grado de sensibilidad que presenta cada ecosistema frente a cualquier impacto. Es así que el grado de sensibilidad fue determinado por cuatro categorías: muy alta, alta, media y baja.

- **Mapa de deforestación**

La información de deforestación para cada alternativa se obtuvo a partir de la diferencia de superficie ocupada por vegetación natural en dos períodos diferentes, utilizando álgebra de mapas. La primera diferencia de cobertura fue entre los años de 1989-1976, esta fue utilizada para la primera alternativa (carretera antigua) y la segunda diferencia fue entre los años 2008-1989, de igual forma esta información fue utilizada para la segunda alternativa (carretera nueva).

2.1.3.2. Predicción y clasificación de los descriptores ambientales.

Una vez identificados los componentes evaluados a considerar se procedió a clasificarlos. Cuando se los ha clasificado pasan a ser descriptores ambientales porque demuestran el grado de afectación de cada componente en cada una de las clases de dicho componente. Para ello, cada componente fue clasificado de acuerdo a sus características y a cada una de estas clases fue asignada a una escala de valor 1-10, siendo los valores más bajos los de menor grado de afectación o sensibilidad. Más adelante esta valoración sirvió como el valor de clase para cada descriptor. Cabe recalcar que al momento de la valoración se asume cierta subjetividad de acuerdo a la metodología propuesta por Antunes et al. (2001).

2.1.3.3. Cálculo de los índices e indicadores ambientales.

2.1.3.3.1. Indicadores de impacto.

Los indicadores de impacto son el reflejo de la magnitud del impacto de la construcción de cada alternativa sobre cada una de las diferentes clases de cada componente ambiental en cada una de las áreas de influencia analizada. Para ello, los diferentes descriptores ambientales fueron resumidos de acuerdo al siguiente formato aplicado en Excel (**Tabla 2. 2**).

Tabla 2. 2. Formato aplicado para los indicadores de impacto.

ALTERNATIVA 1				ALTERNATIVA 2			
Carretera antigua				Carretera nueva			
	250m	500m	750m		250m	500m	750m
Clase	-	-	-	Clase	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	-	-	Total	-	-	-

Fuente: Autora.

2.1.3.3.2. Cálculo de los índices de impacto ambiental.

Se calcularon índices de impacto para cada componente ambiental (**Ecuación 1**) usando la información resumida de la tabla anterior. El índice de impacto ambiental total fue el resultado de la agregación de los índices de impacto para cada componente ambiental en cada una de las escalas de análisis.

Ecuación 1

$$EI_j = \sum_{k=1}^m \left[n \left(\sum_{i=1}^n Q_{i,k} \frac{I_{k,i,j} - I_{k,i,0}}{IT_k} \right) \right]$$

Donde,

j es el índice de impacto ambiental, considerado en la zona de estudio,

m es el número de indicadores del impacto considerado en el componente ambiental;

n es el número de clases que fueron consideradas en la escala de calidad ambiental adoptada;

$Q_{i,k}$ es el valor de la clase i en la escala de calidad ambiental del indicador de impacto k ;
 $I_{k,i,j}$, es el valor (área) del indicador k , clasificado con la calidad ambiental i , para la alternativa j .

$I_{k,i,0}$, es el valor para la situación sin proyecto, dentro del área de estudio;

IT_k , es el valor total del indicador k dentro del área de estudio.

2.1.3.3.3. Representación de los índices de impacto a través de mapas.

Los índices de impacto resultantes fueron agregados a cada una de las categorías en las que fueron clasificados los descriptores ambientales. Luego cada capa temática fue transformada a ráster y utilizando la calculadora ráster se aplicó una ecuación matemática que se basó en la agregación de los índices de impacto de cada descriptor y para cada buffer aplicado para este estudio. Un ejemplo de ello se muestra a continuación (**Ecuación 2**):

Ecuación 2

$$[\text{descriptor 1}] + [\text{descriptor 2}] + [\text{descriptor 3}]$$

CAPÍTULO III

3.1. Resultados

3.1.1. Scoping e identificación de impactos causados por el desarrollo de infraestructura vial en el complejo de humedales Saraguro-Oña-Yacuambi.

3.1.1.1. Definición de las áreas de influencia.

En base a la aplicación de la metodología propuesta por Antunes et al. (2001), se pudo obtener las siguientes áreas de influencia (**Figura 3. 1**):

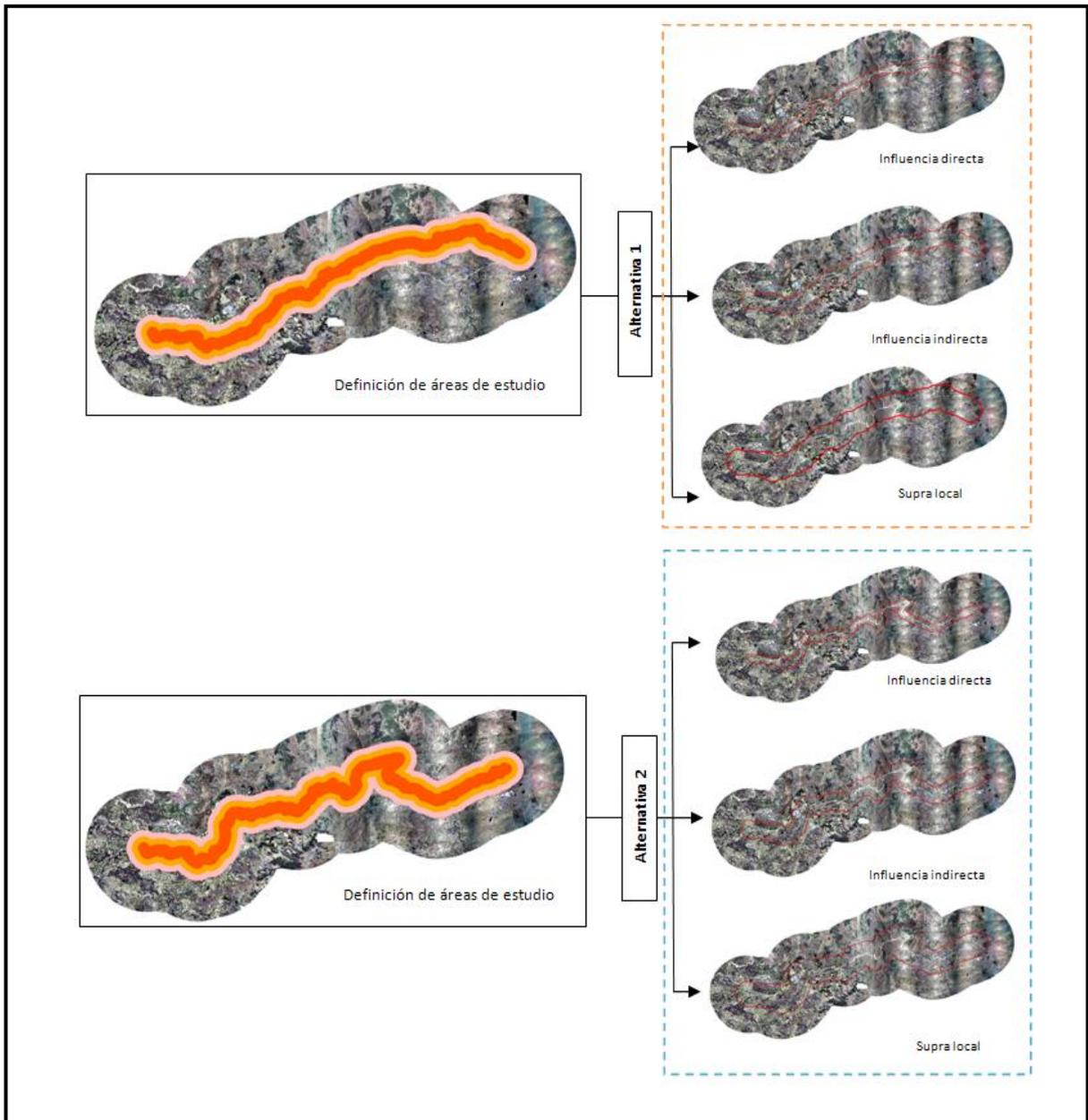


Figura 3. 1. Delimitación de áreas de influencia
Fuente: Autora.

3.1.1.2. Identificación de componentes ambientales y sus indicadores.

De acuerdo a los criterios planteados para la selección de los componentes ambientales afectados y sus indicadores en las diferentes áreas de influencia del proyecto se identificaron los siguientes (Tabla 3. 1):

Tabla 3. 1. Componentes ambientales y sus respectivos indicadores identificados en el área de estudio

Componentes ambientales	Indicadores de impacto
Suelo	Superficie de suelo erosionado (ha.)
	Área y extensión de suelo ocupado (ha.)
	Porcentaje de cambio de uso de suelo
Agua	Cantidad de agua para riego
	Nº de flujos re direccionados
	Cantidad de escurrimiento
	Presencia y ausencia de caudales superficiales
Biodiversidad y hábitat	Superficie de vegetación deforestada (ha.)
	Grado de sensibilidad ecológica
	Superficie ocupada (ha.) de cobertura vegetal
	Nº de especies protegidas
	Nº de especies sensibles a cambios ambientales
	Fragmentación y cambios en el tamaño de hábitat
	Presencia y abundancia de especies
Socioeconómico	Accesibilidad (tiempo de viaje)
	Producción agrícola y forestal
	Crecimiento y densidad poblacional

Fuente: Autora.

3.1.1.2.1. Selección de componentes ambientales y sus indicadores.

Se seleccionaron únicamente aquellos componentes e indicadores fáciles de obtener y cuya información geográfica se encontraba disponible para este análisis (**Tabla 3. 2**).

Tabla 3. 2. Selección de componentes e indicadores ambientales

Componente ambiental	Indicador ambiental
Suelo	Superficie de suelo erosionado
Bosque	Superficie de vegetación deforestada
Ecosistema	Grado de sensibilidad

Fuente: Autora.

3.1.1.3. Obtención de datos geográficos de los componentes ambientales.

A continuación se muestran los resultados de la generación de la información geográfica para cada componente ambiental y sus respectivos indicadores: mapas de cobertura y uso del suelo, erosión del suelo, sensibilidad ecosistémica y deforestación (**Figura 3. 2; Figura 3. 3; Figura 3. 4; Figura 3. 5; Figura 3. 6; Figura 3. 7; Figura 3. 8; Figura 3. 9; Figura 3.10**).

3.1.1.3.1. Mapas de cobertura y uso del suelo.

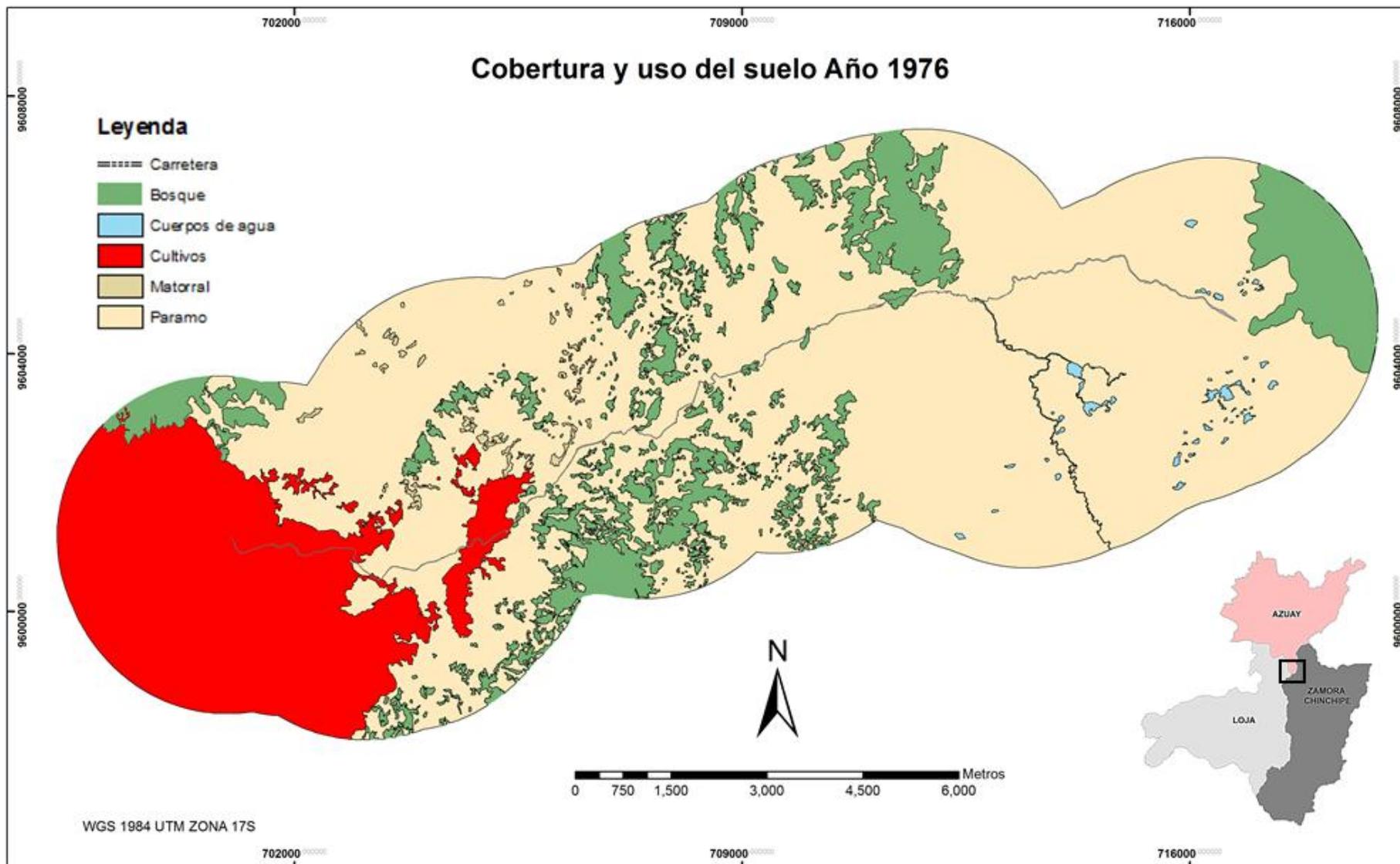


Figura 3. 2. Mapa de cobertura y uso del suelo, 1976

Fuente: Autora.

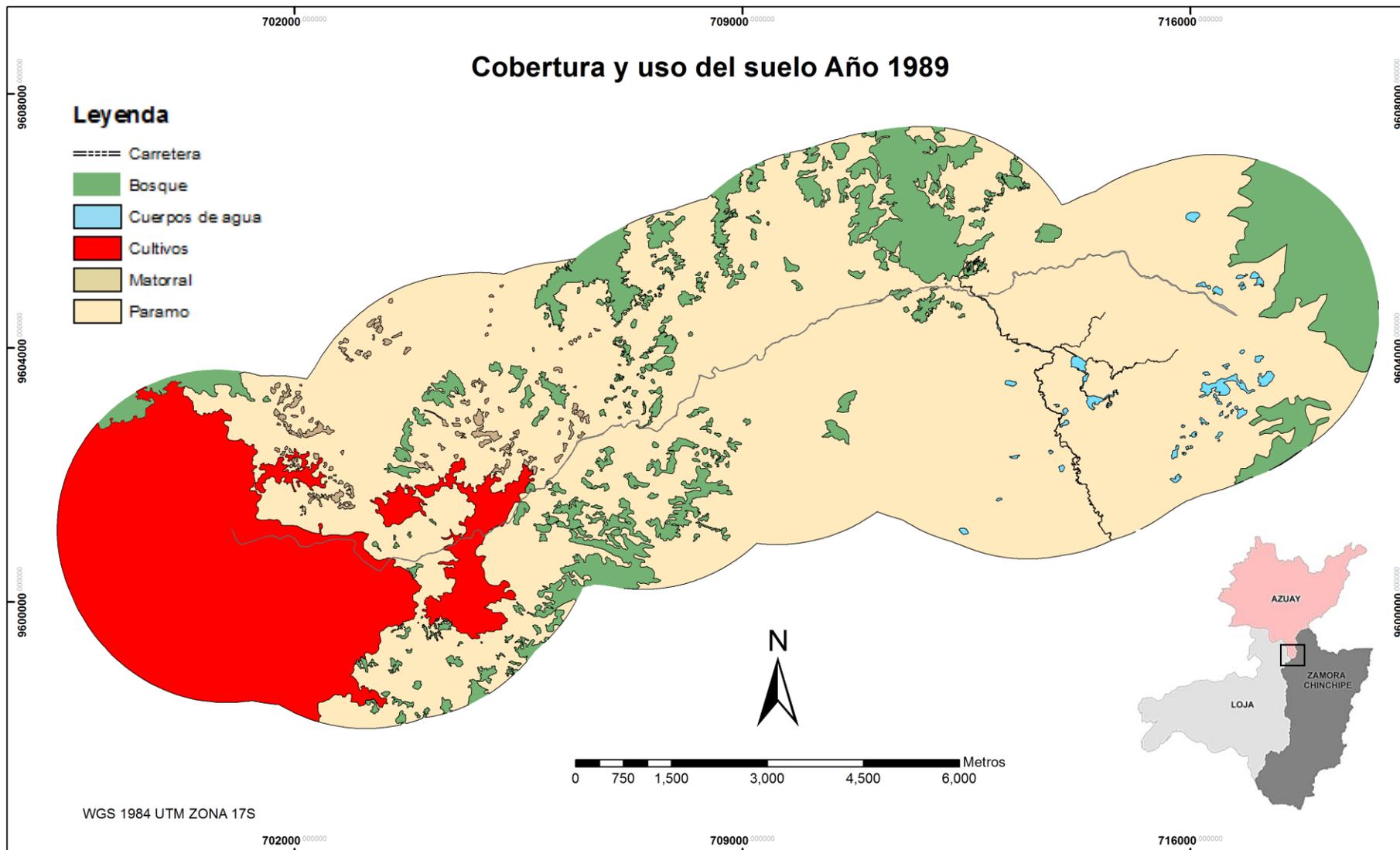


Figura 3. 33. Mapa de cobertura y uso del suelo, 1989
Fuente: Autora.

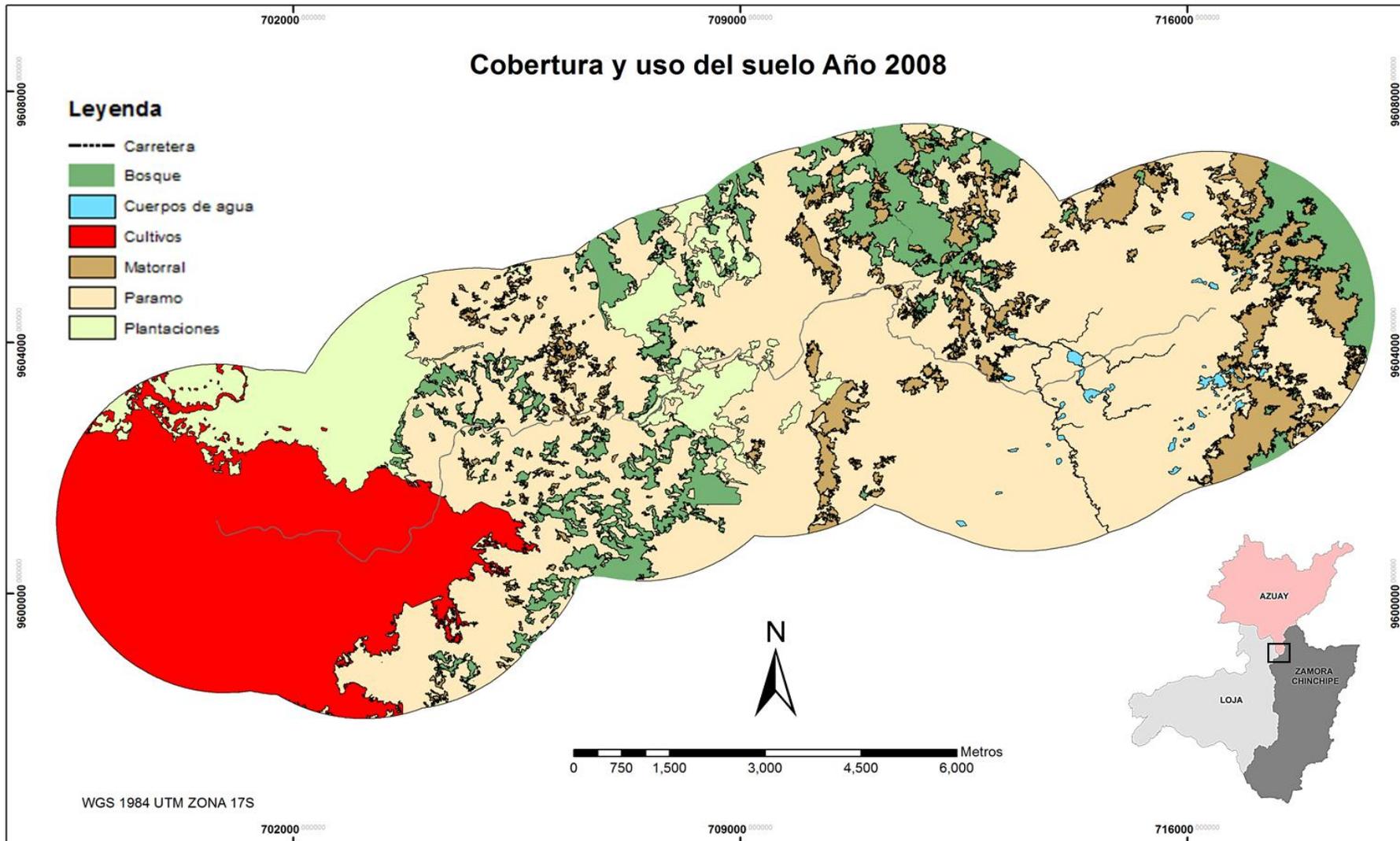


Figura 3. 4. Mapa de cobertura y uso del suelo, 2008
Fuente: Autora.

3.1.1.3.2. Mapas de erosión del suelo.

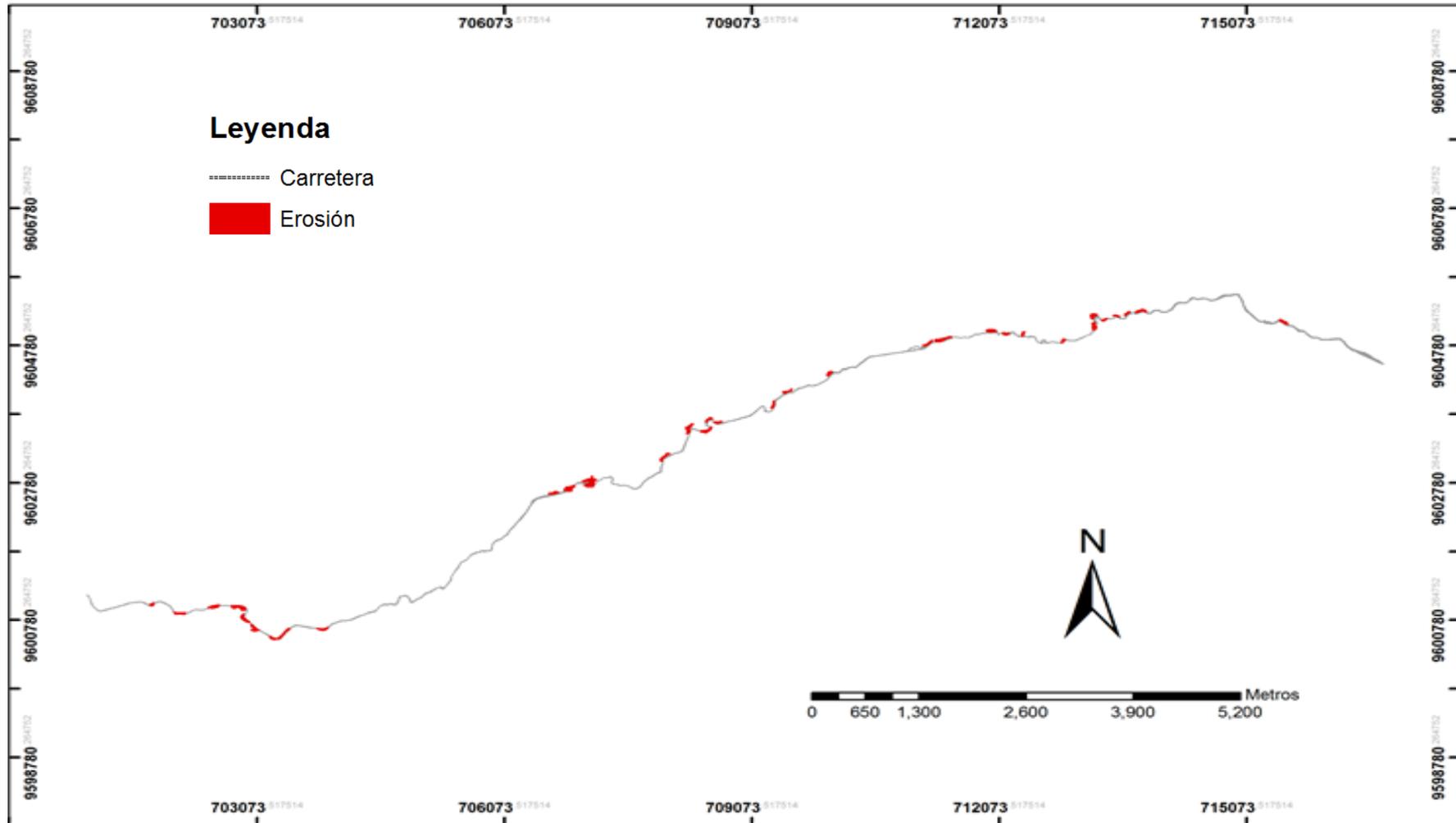


Figura 3.5. Mapa de erosión del suelo para la alternativa N°1
Fuente: Autora.

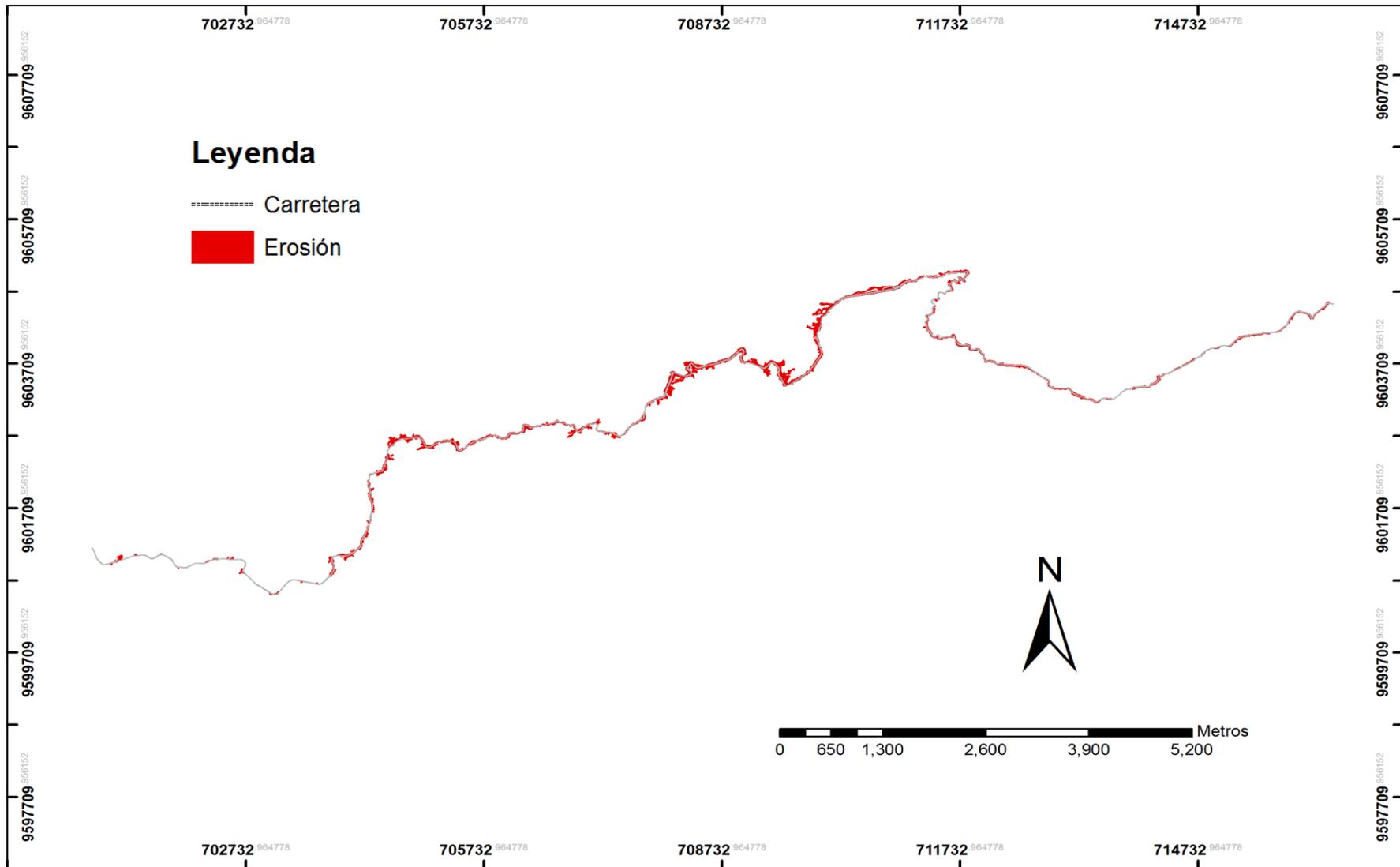


Figura 3.6. Mapa de erosión del suelo para la alternativa N°2
Fuente: Autora.

3.1.1.3.3. Mapas de sensibilidad.

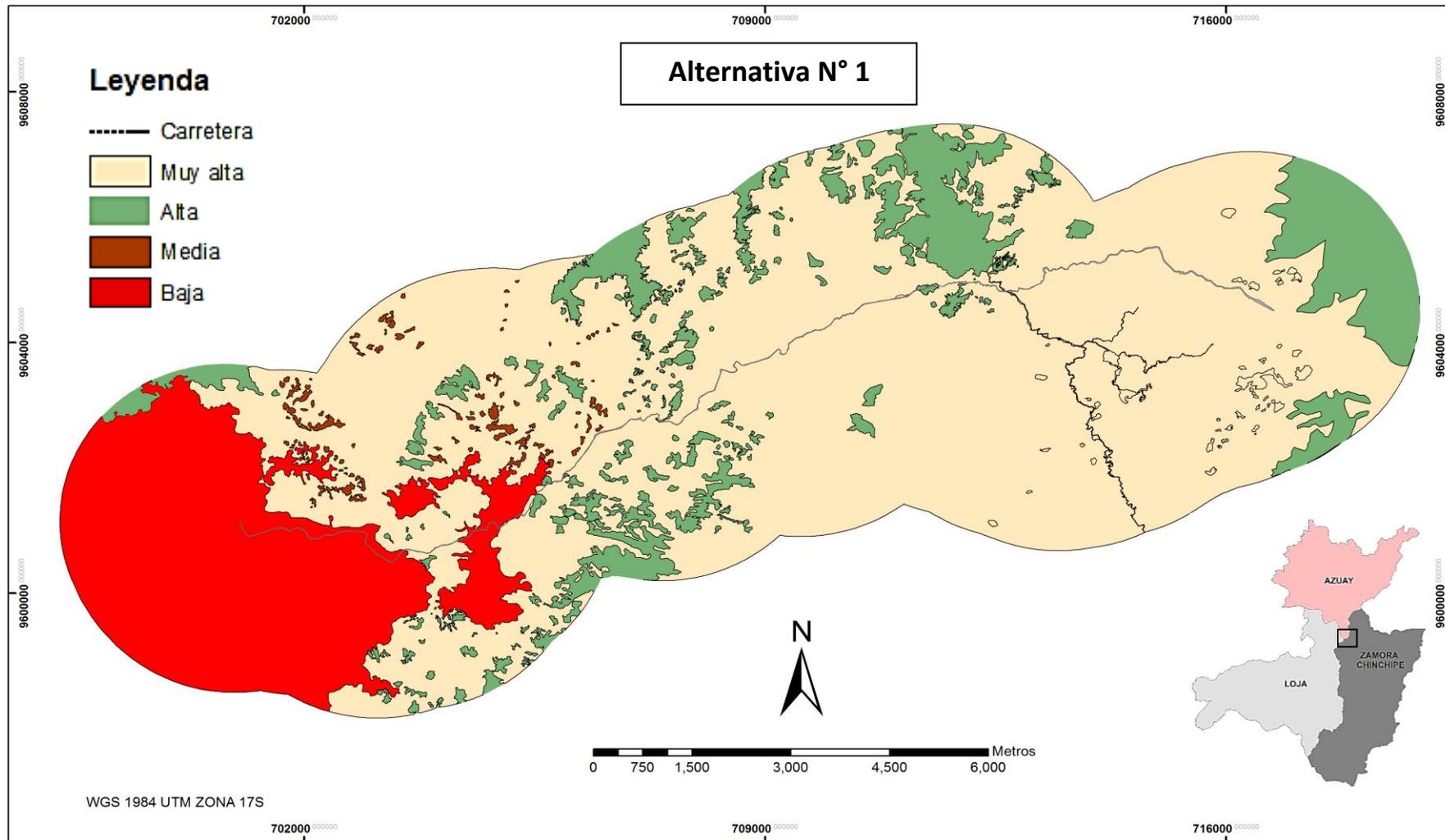


Figura 3.7. Mapa de sensibilidad para la alternativa N°1
Fuente: Autora.

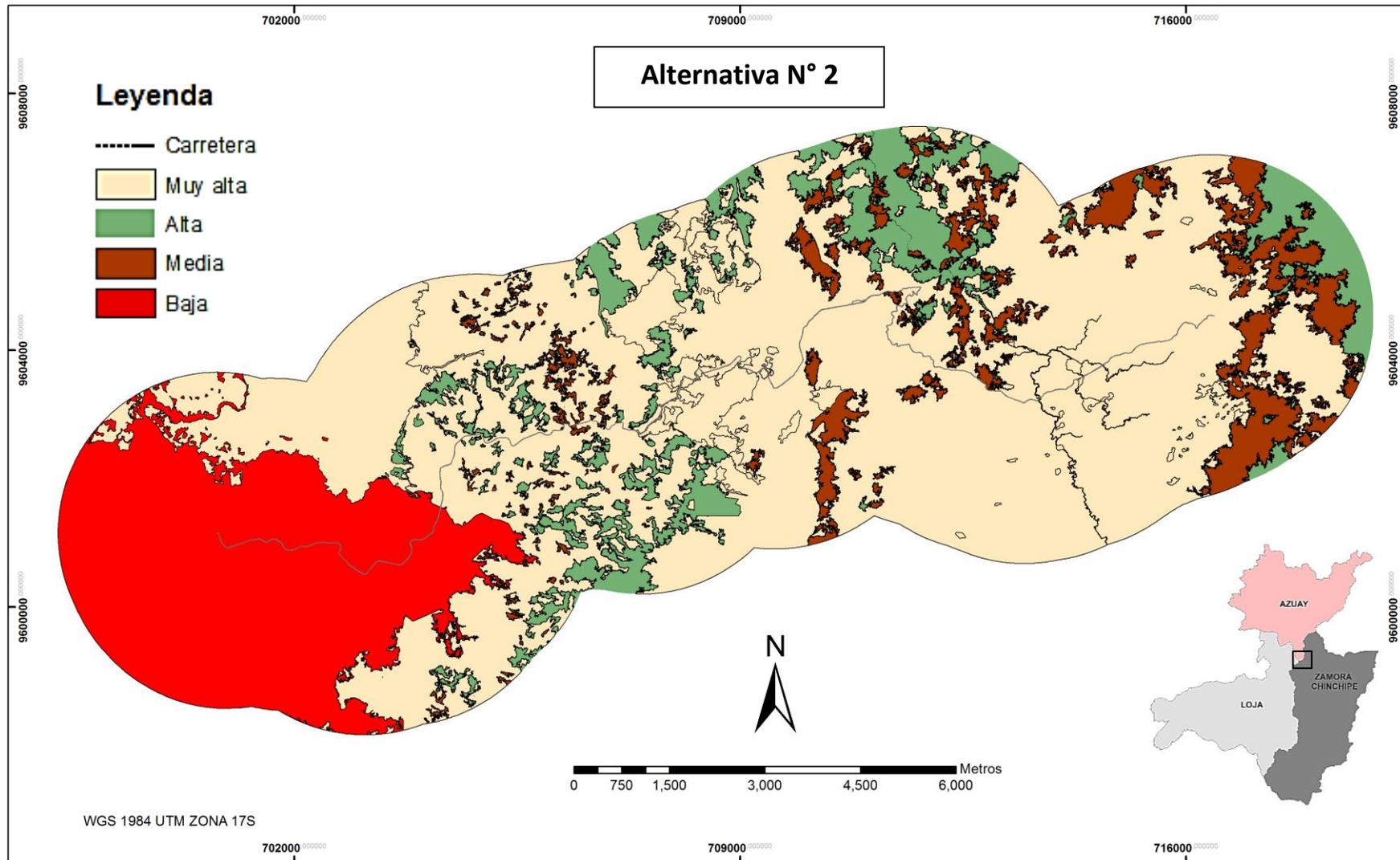


Figura 3.8. Mapa de sensibilidad para la alternativa N°2
Fuente: Autora.

3.1.1.3.4. Mapas de deforestación.

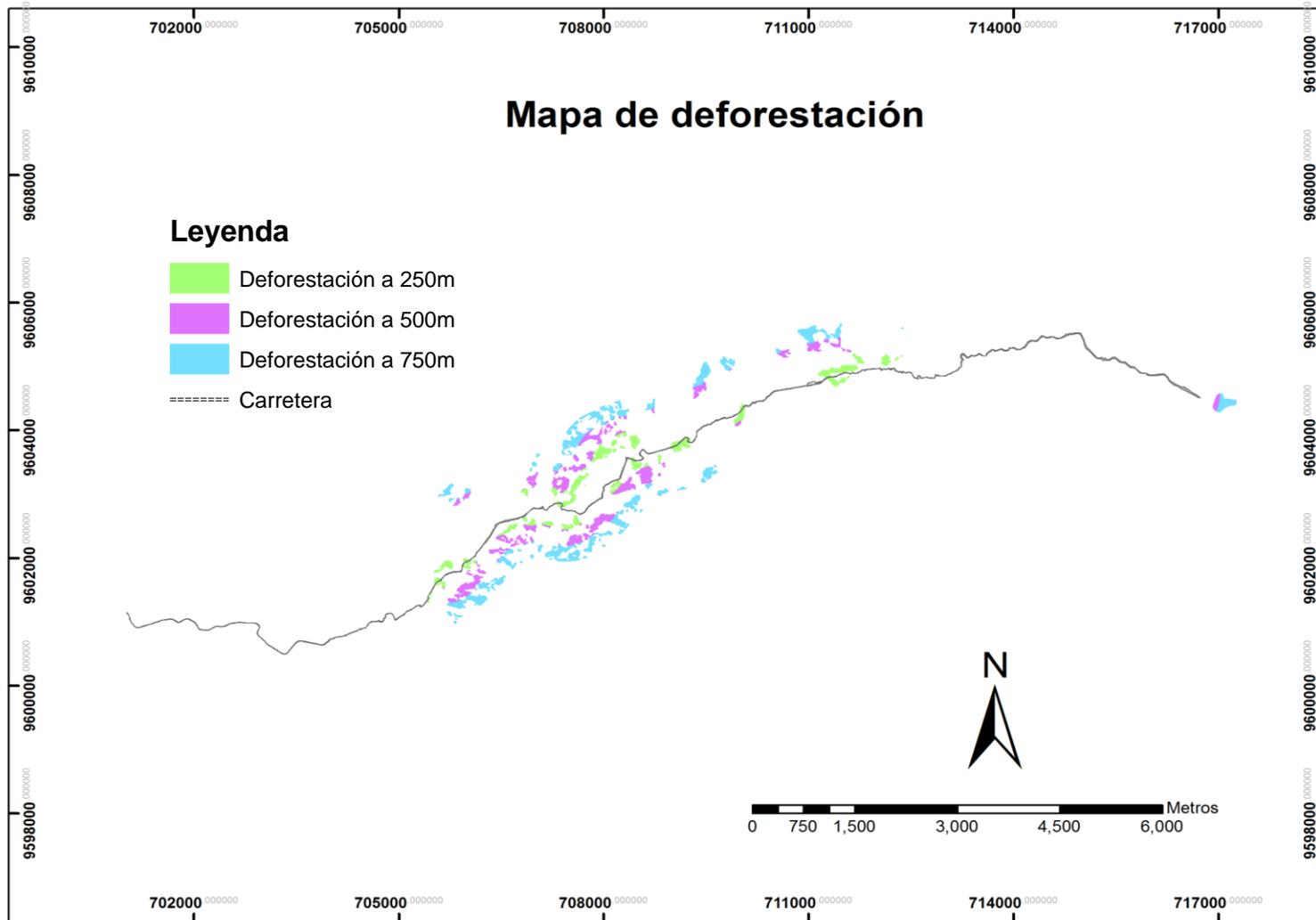


Figura 3.9. Mapa de erosión del suelo para la alternativa N°1
Fuente: Autora.

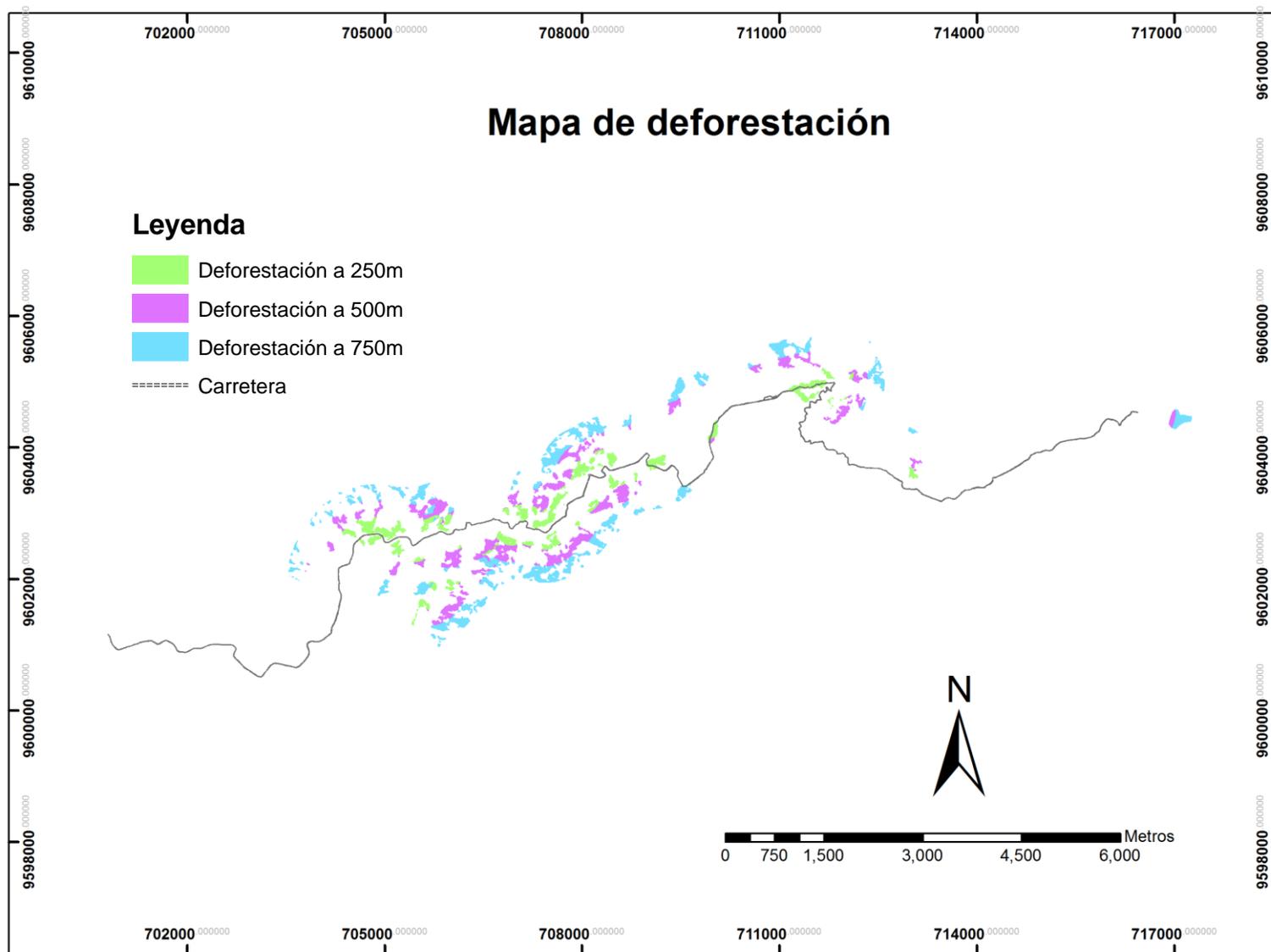


Figura 3.10. Mapa de erosión del suelo para la alternativa N°2
Fuente: Autora.

3.1.2. Predicción y clasificación de los descriptores ambientales.

Una vez identificados los componentes ambientales evaluados para este estudio se procedió a clasificarlos. Para ello, cada componente fue clasificado de acuerdo a sus características y a cada una de estas clases fue asignada a una escala de valor 1-10, siendo los valores más bajos los de menor grado de afectación o sensibilidad.

De esta forma, se presenta a continuación el valor de la clase asignados para cada descriptor ambiental (**Tabla 3. 3**). Cabe recalcar que el componente páramo incluye a los cuerpos de agua, en este caso a las lagunas por formar parte adherente a este ecosistema.

Tabla 3. 3. Valores asignados para cada descriptor ambiental

Área deforestada (ha)	Clase
0-1	3
1-5	5
>5	7
Grado de sensibilidad	Clase
Actividad antrópica	1
Matorral	5
Bosque	8
Páramo	10
Superficie de suelo erosionado (ha)	Clase
0-1	1
1-4	5
>4	9

Fuente: Autora

En cuanto al descriptor sensibilidad ecosistémica, al ecosistema páramo se le asignó la máxima vulnerabilidad por su valor ecosistémico, sus características ecológicas y su fragilidad ante cualquier perturbación.

3.1.3. Cálculo de los índices e indicadores de impacto.

3.1.3.1. Indicadores de impacto.

- **Deforestación**

La **Tabla 3. 4** muestra la superficie total deforestada para cada clase y para cada una de las áreas de influencia.

Tabla 3. 4. Superficie deforestada por alternativas y para cada área de influencia

ALTERNATIVA 1				ALTERNATIVA 2			
Carretera Antigua				Carretera Nueva			
	250 m	500 m	750 m		250 m	500 m	750 m
Clase	ha	ha	ha	Clase	ha	ha	ha
3	44	106	139	3	80	174	343
5	9	22	38	5	9	25	30
7	1	1	2	7	0	0	2
TOTAL	54	129	179		89	199	375

Fuente: Autora

De acuerdo a estos resultados se evidencia una mayor área deforestada con la alternativa número 2, proyecto actual de la vía. Para ambas alternativas existen pocas áreas extensas deforestadas en la clase 7, en cambio es notable que para ambos casos la mayor cantidad de superficie deforestada está caracterizada por claros menores a 1 ha (clase 3).

- **Grado de sensibilidad**

La **Tabla 3. 5** muestra el área total calculada para cada clase de sensibilidad y para cada una de las áreas de influencia.

Tabla 3. 5. Área calculada por ecosistemas para cada alternativa y área de influencia

ALTERNATIVA 1				ALTERNATIVA 2			
Carretera Antigua				Carretera Nueva			
	250 m	500 m	750 m		250 m	500 m	750 m
Clase	ha	ha	ha	Clase	ha	ha	ha
10	751	1483	2194.20	10	823	1550	2214
8	31.09	103.09	191.17	8	34	100.35	186
5	6	12	21.02	5	41	76.39	142
1	215	379	567	1	247.01	494	756.14
TOTAL	1003	1977	2973		1145	2220,23	3298

Fuente: Autora

De acuerdo a estos resultados, para ambas alternativas existe una poca presencia de matorrales (clase 5) a diferencia del páramo (clase 10) que es el ecosistema de mayor extensión observándose además que en la alternativa número 2 su presencia es mayor.

- **Erosión del suelo**

La **Tabla 3. 6** nos muestra la superficie de suelo erosionado para cada alternativa y únicamente para el área de influencia directa. Cabe recalcar que lo que se presenta a continuación es una estimación de lo que se pudo obtener para este descriptor ambiental.

Tabla 3. 6. Superficie de suelo erosionado por alternativas y para cada área de influencia

ALTERNATIVA 1				ALTERNATIVA 2			
Carretera Antigua				Carretera Nueva			
Con la Carretera				Con la Carretera			
	250 m	500 m	750 m		250 m	500 m	750 m
Clase	ha	ha	ha	Clase	ha	ha	ha
1	43	0	0	1	241	0	0
5	0	0	0	5	5	0	0
9	0	0	0	9	1	0	0
TOTAL	43	0	0		247	0	0

Fuente: Autora

De esta forma la mayor superficie de suelo erosionado corresponde a la alternativa 2 proyecto actual de la vía.

3.1.3.2. Cálculo de los índices de impacto ambiental.

Los índices de impacto para cada descriptor ambiental resultantes de la aplicación de la Ecuación 1, se muestran a continuación en la Tabla 3. 7.

Tabla 3. 7. Tabla de índice de impactos

Deforestación							
ALTERNATIVA 1				ALTERNATIVA 2			
Carretera Antigua				Carretera Nueva			
Buffer	250 m	500 m	750 m		250 m	500 m	750 m
Clase				Clase			
3	2.43	2.46	2.31	3	2.67	2.61	2.73
5	0.8	0.85	1.05	5	0.5	0.6	0.4
7	0.12	0.049	0.077	7	0	0	0.035
Grado de sensibilidad							
ALTERNATIVA 1				ALTERNATIVA 2			
Carretera Antigua				Carretera Nueva			
Buffer	250 m	500 m	750 m		250 m	500 m	750 m
Clase				Clase			
10	7.4	7.5	7.3	10	7.1	6.9	6.7
8	0.24	0.4	0.48	8	0.16	0.32	0.4
5	0.025	0.02	0.03	5	0.15	0.15	0.2
1	0.21	0.19	0.19	1	0.21	0.22	0.22
Erosión							
ALTERNATIVA 1				ALTERNATIVA 2			
Carretera Antigua				Carretera Nueva			
Buffer	250 m	500 m	750 m		250 m	500 m	750 m
Clase				Clase			
1	1	0	0	1	0.97	0	0
5	0	0	0	5	0.1	0	0

9	0	0	0	9	0.036	0	0
---	---	---	---	---	-------	---	---

Fuente: Autora

De los resultados obtenidos, para el primer descriptor deforestación, es evidente que para ambas alternativas la clase 3 presentó un mayor grado de impacto. En la alternativa número 1 el mayor grado de impacto se encuentra en el área de influencia indirecta y es para la clase 3 mientras que el de menor grado de impacto se encuentra de igual forma en el área indirecta para la clase 7. Por otro lado, el índice de mayor impacto para la alternativa número 2 es para el área de influencia supralocal la clase 3 y menor grado de impacto se encuentra en la clase 7 para las áreas de influencia directa e indirecta.

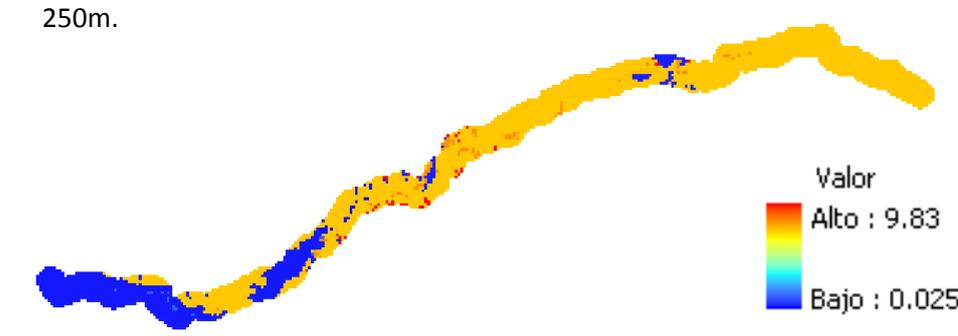
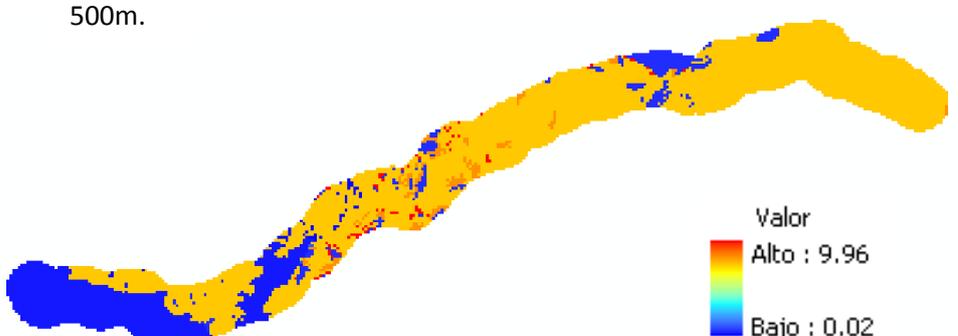
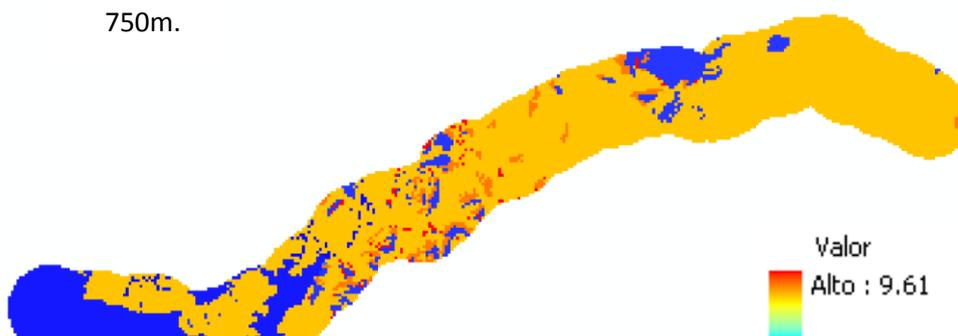
De acuerdo con el grado de sensibilidad para ambas alternativas el páramo (clase 10) fue la superficie con mayor grado de impacto. Para la alternativa número 1 y 2 la clase 5 fue la de menor impacto.

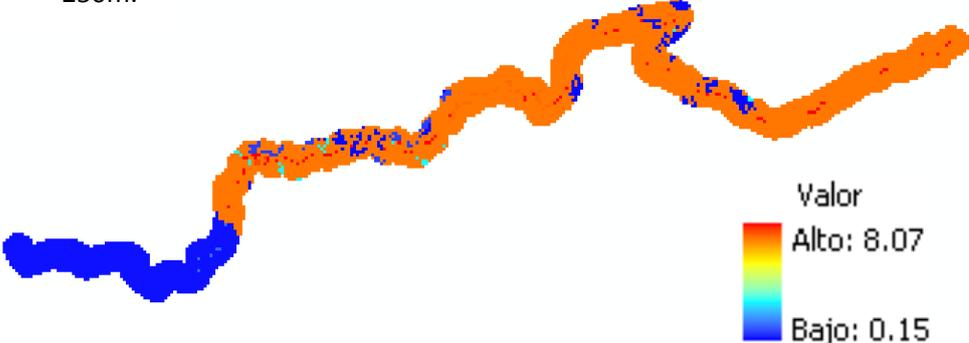
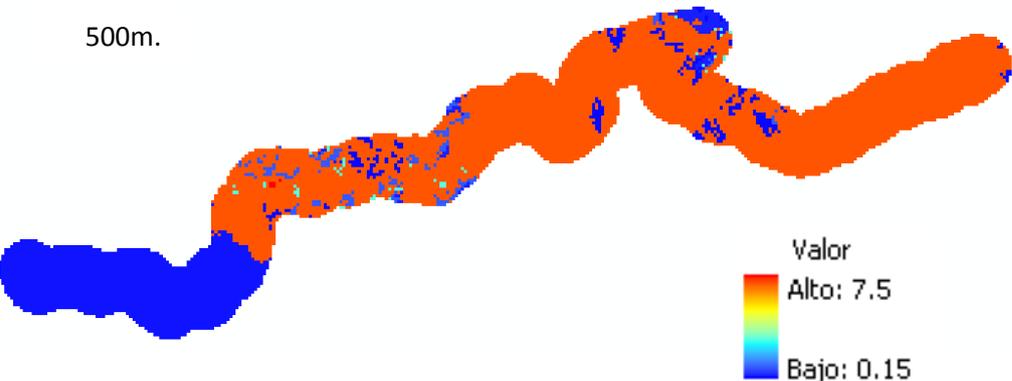
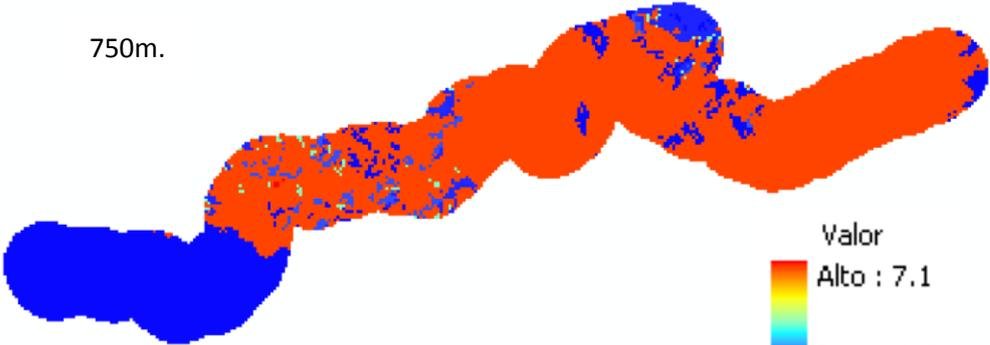
Finalmente para el descriptor erosión el mayor grado de afectación fue para la alternativa 2 siendo el área de influencia directa la mayor afectada.

3.1.3.3. Representación de los índices de impacto a través de mapas.

Usando la **ecuación 2** se especializó la información obteniendo los siguientes mapas (**Tabla 3. 8**). De esta forma se pudo visualizar las zonas mayormente impactadas con cada una de las alternativas considerando los descriptores ambientales: deforestación, erosión y sensibilidad. De esta forma, la alternativa 1 presentó un mayor índice de impacto sobre las tres escalas de análisis, convirtiendo a esta área como la zona de mayor grado de afectación.

Tabla 3. 8. Representación espacial de los impactos

Alternativa 1	Visualización de los mapas
	<p>250m.</p>  <p>Valor Alto : 9.83 Bajo : 0.025</p>
	<p>500m.</p>  <p>Valor Alto : 9.96 Bajo : 0.02</p>
	<p>750m.</p>  <p>Valor Alto : 9.61 Bajo : 0.03</p>

Alternativa 2	Visualización de los mapas
	<p data-bbox="507 338 587 367">250m.</p>  <p data-bbox="1187 539 1378 703"> Valor Alto: 8.07 Bajo: 0.15 </p>
	<p data-bbox="507 837 587 866">500m.</p>  <p data-bbox="1161 1050 1334 1196"> Valor Alto: 7.5 Bajo: 0.15 </p>
	<p data-bbox="531 1408 611 1438">750m.</p>  <p data-bbox="1209 1592 1382 1742"> Valor Alto : 7.1 Bajo : 0.2 </p>

Fuente: Autora

3.2. Discusión

El área de estudio correspondió a un ecosistema de páramo conformado por lagunas, quebradas, y riachuelos. Este ecosistema se encuentra enfrentando varias presiones humanas, siendo el desarrollo del primer tramo de la carretera Saraguro-Yacuambi la principal presión evaluada para este estudio. Es evidente que por la construcción de esta carretera se presenten impactos hacia el medio circundante, sin embargo EslA realizados para este proyecto demuestran lo contrario. Cabe recalcar que para este primer tramo no se encontraron los EslA y únicamente los hay para el segundo tramo que a pesar de ello la información presentada no justifica una técnica de análisis profunda para corroborar sus resultados que en consecuencia permitieron la construcción de la carretera omitiendo de esta forma los posibles impactos a este ecosistema.

Por otra parte, para la realización de este estudio se aplicó el modelo propuesto por Antunes et al. (2001) con la ayuda de SIG's, siendo el objetivo principal demostrar que la importancia de los impactos ambientales dependen en cierta medida de la distribución espacial de los efectos y del ambiente afectado. Gómez et al. (2013) manifiesta que la identificación de los impactos a nivel espacial es una alternativa de análisis válida de aplicar para la prevención y mitigación de los impactos ambientales. Vanderhaegen & Muro (2004) señalan que las EIA con frecuencia se basan en el análisis espacial de los datos, pero a menudo este potencial espacial no es explotado al máximo.

Otro aspecto importante a considerar dentro de esta metodología es que no necesariamente se tuvo familiaridad directa con el área afectada por el proyecto y con la naturaleza del mismo. En contraste con ello, técnicas de análisis cuantitativas como las matrices de causa y efecto requieren necesariamente familiarizarse con el área de estudio siendo sumamente importante esta etapa para la identificación rápida de los posibles impactos (Espinoza, 2007). Esta diferencia se ve reflejada en la calidad y precisión de los resultados finales, por ello si ambas técnicas son aplicables para la identificación de los impactos es preciso tratar de conjugarlas para que de esta forma se pueda obtener una mejor evaluación y transparencia de los resultados.

Con respecto a la información base que se requirió para este estudio, esta información represento ser muy compleja de obtener presentando algunas desventajas en este paso como el sesgar y la inclusión de la información¹. Caso similar ocurrió con un estudio

¹El sesgo de la información consistió en dejar fuera a componentes ambientales que no podían ser evaluados para este estudio mientras que la inclusión de la información se basó en la introducción del componente agua en el páramo.

realizado por Van (2002), en el cual señala que la parte más difícil de su estudio con la aplicación de SIAM fue en el procesado de los datos que se iban a manipular.

Posteriormente, en base a los resultados obtenidos, la selección de los componentes ambientales fue realizada en base a la disponibilidad de la información y por el grado de afectación o sensibilidad que el componente ambiental tendría con las dos alternativas de análisis. La asignación de los valores fue realizado de forma subjetiva tal como en el estudio de Antunes et al. (2001), utilizando la selección arbitraria como la parte más subjetiva para esta metodología dependiendo directamente del conocimiento del evaluador. Caso similar ocurre para la mayoría de los métodos convencionales de EIA y EsIA en donde la interpretación final de la base de datos suele ser subjetiva (Rapaport & Snickars, 1998; Agrawal & Dikshit, 2002). En consecuencia estas valoraciones serán difíciles de validar o replicar para estudios futuros.

De acuerdo a los indicadores de impacto, el primero indicador correspondió a la superficie deforestada, esta presenta una mayor superficie deforestada para la alternativa 2, es probable que por las actividades de desbroce que se han realizado para la construcción de la carretera haya reducido significativamente la cobertura vegetal en esta zona. En efecto, Delgado (2012) señala que esta actividad de desbroce es sin duda la principal acción que se realiza previo a la construcción de la vía.

Un segundo indicador de impacto fue la erosión, los resultados obtenidos únicamente para la alternativa 2 están reflejados por el hecho de que la primera alternativa es una vía que en la actualidad es utilizada como chaquiñán (palabra quechua que significa sendero), en cambio la alternativa 2 ha presentado alteraciones desde el año 2005 que fue el inicio de los trabajos de apertura para esta vía. Baihua, et al. (2009), manifiestan que las tasas de erosión de los caminos para circulación vehicular es mucho mayor que el de laderas inalteradas adyacentes. Esto puede ser corroborado por Madej (2001) el cual ha manifestado que los trabajos en algunos tramos de las carreteras y cruces de cauces excavados pueden ocasionar indicios de fallos en movimiento de masas, formación de cárcavas, erosión de las orillas e incisión de canales. Otros estudios realizados por Tsunokawa & Hoban (1997) han demostrado que por el simple hecho de alterar las condiciones naturales por la construcción de carreteras, este marca el inicio de los procesos erosivos que incluso pueden resultar en impactos acumulativos que pueden ser afectados en un intervalo de tiempo desde 12 años atrás.

El tercer indicador de impacto corresponde a la sensibilidad ecosistémica, de los cuales el páramo presenta mayor sensibilidad y a pesar de su fragilidad este ecosistema muestra un

alto ritmo de destrucción. Iñiguez et al. (2013) y López (2008) sostienen que desde la década de 1950 este ecosistema altoandino ha sido afectado por presiones de migración y construcción de senderos. En la construcción de la alternativa 2 este ecosistema no fue valorado ni tampoco recibió una adecuada gestión ambiental especialmente para el Complejo de Humedales Saraguro-Oña-Yacuambi colocándolo en un estado de vulnerabilidad y desequilibrio ante cualquier impacto.

Finalmente el cálculo de índices de impacto realizado a través de la agregación de los 3 descriptores de impacto antes mencionados y a través de la utilización de los SIG permitió obtener los mapas de impacto en los cuales se visualiza que la mayor superficie impactada para cada alternativa y para cada nivel de análisis es el páramo. De esta forma se puede reconocer la contribución positiva que presenta la metodología SIAM para este estudio que fue el de plasmar a través de mapas la agregación de los impactos y poder visualizar la magnitud de los efectos en el área de estudio.

CONCLUSIONES

El desarrollo de infraestructura vial, es una actividad que ocasiona impactos ambientales, no solamente a una escala local sino también lo hace a una escala supralocal.

Para la alternativa número 2, los mayores niveles de impacto son hacia el ecosistema de páramo, por ser este un ecosistema sensible y por estar conformado además por el conjunto de humedales, lo cual lo vuelven aún más sensible y vulnerable a cualquier tipo de alteración o desequilibrio en su estructura.

La aplicación del modelo SIAM, fue ajustable a los descriptores de análisis que se presentaron para este estudio, de tal forma que puede ser aplicada para diferentes tipos de análisis de estudio en donde implique conocer a nivel espacial los impactos que no se pueden apreciar a simple vista.

La aplicación de esta metodología en términos de tiempo no fue lo bastante accesible por la cantidad de información base requerida para sus análisis.

Referente en términos de costos, esta metodología no presenta costo alguno.

Los mapas que se obtuvieron a través de la aplicación de los índices de impacto utilizando en ArcGis como herramienta de análisis, presentaron claramente que el mayor índice de impacto es a escala local.

Las evaluaciones espaciales resultan muy significativas a la hora de toma de decisiones tanto para las evaluaciones como para los estudios de impacto ambiental.

La utilidad de los SIG para este estudio, permitieron demostrar la alta potencialidad que estos pueden brindar para la toma de decisiones, al momento de identificar impactos negativos o en caso contrario positivos. Su aplicabilidad permite prevenir por adelantado efectos significativos hacia el ambiente.

RECOMENDACIONES

- Al momento de trabajar con información espacial para estudios o evaluaciones de impacto ambiental es necesario contar con información base de la cobertura de suelo bastante detallada y a una sola escala espacial para mejor entendimiento de la realidad del sistema ecológico a tratar.
- Establecer ordenanzas que exijan a todas las empresas constructoras e instituciones públicas la correcta identificación y evaluación de las externalidades que ocasionan los proyectos viales sobre los ecosistemas circundantes.
- Mejorar el rendimiento de los Estudios de Impacto Ambiental utilizando Sistemas de Información Geografía, como herramientas de planificación y mitigación de impactos.
- Se recomienda asumir una política ecológica como componente de desarrollo, asumiendo el desarrollo de nuevas metodologías que sirvan en la identificación de los impactos ambientales ocasionados por actividades humanas.
- Se sugiere antes de asignar una valoración se conozca con detalle el área de estudio y la magnitud de los impactos sobre cada componente y de esta forma poder minimizar la subjetividad.

BIBLIOGRAFÍA

- ARROYAVE, M.P.; GÓMEZ, C.; GUTIÉRREZ, M.E.; MÚNERA, D.P.; ZAPATA, P.A.; VERGARA, I.C.; ANDRADE, L.M.; RAMOS, K.C. (2006). Impactos de las Carreteras sobre la Fauna Silvestre y sus Principales Medidas de Manejo. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia).Revista EIA. ISSN 1794-1237 núm. 5, p. 45-57.
- ANTUNES, P.; SANTOS, R.; JORDÃO, L. (2001). The Application of Geographical Information Systems to Determine Environmental Impact Significance. Elsevier, Environmental Impact Assessment Review, núm. 21, p.511-535.
- AGRAWAL, M.L.; DIKSHIT, A.K. (2002). *Significance of Spatial Data and GIS for ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF HIGHWAY PROJECTS*. Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Kharagpur (W.B.).
- ALTIERI, M. (2009). Desiertos verdes: monocultivos y sus impactos sobre la biodiversidad. Universidad de California, Berkeley. Sociedad científica de Latino América de Agroecología. P.55.
- ASTUDILLO, D.; LÓPEZ, F.; RODAS, M.D. (2010). Valoración socioeconómica de los Humedales Altoandinos. Modulo I: Introducción al estudio de los humedales. Guía didáctica. Loja- Ecuador.
- ASTRÁLAGA, M. (2006). La importancia de los humedales para la biodiversidad y su incorporación dentro del convenio Ramsar. Colombia.
- BAIHUA, FU.; LACHLAN, T.A.; C.E. RAMOS. S. (2009). A review of surface erosion and sediment delivery models for unsealed roads. Journal ELSEVIER, Environmental Modelling & Software 25 (2010) 1–14.
- BATTERBURY, S.; FORSYTH, T.; THOMSON, K. (1997). Environmental Transformation in Developing Countries: Hybrid Research and Democratic Policy. The Geographical Journal. Vol. 163, núm. 2, p. 126-132.
- BARRERA W.; PEÑARRETA. J. (2009). Propuesta para la conservación de los humedales tres lagunas, laguna grande y condorcillo y los ecosistemas adyacentes localizados en Oña, Nabón, Saraguro y Yacuambi en el sur del Ecuador. U.T.P.L. Loja-Ecuador. p. 86
- BATZER, D.P.; BALDWIN, A.H. (2012). Wetland Habitats of North America: Ecology and Conservation Concerns. WETLANDS, Journal of the Society of Wetlands Scientists. ISSN: 0277-5212.

- BENFENATI, E.; VALZACCHI, S.; MARIANI, G.; AIROLDI, L.; FANELLI, R. (1992). PCDD, PCDF, PCB, PAH, Cadmium and lead in roadside soil: relationship between road distance and concentration. *Instituti di Farmacologiche Mario Negri*. Milano, Italy.
- BIGLIN, K.; DUPIGNY, L.A. (2002). Mapping the Road-Effect Zone to Assess Impacts of Proposed Road Segments. *Journal of Conservation Planning*, Vol 2, pp: 1-16.
- BOWEN J.L.; VALIELA I. (2001). THE ECOLOGICAL EFFECTS OF URBANIZATION OF COASTAL WATERSHEDS: Historical Increases in Nitrogen Loads and Eutrophication of Waquoit bay estuaries. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58(8). Pp: 1489–1500
- BUTLER, C.; CAMPBELL-LENDRUM, D.; CONFALONIERI, U.; LEITNER, K.; LEWIS, N.; PATZ, J.; POLSON, K.; SCHERAGA, J.; WOODWARD, A.; YOUNES, M. (2005). Ecosistemas y bienestar humano: síntesis sobre salud. Un informe de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM).
- BRUCE, J.; NEALE, A.; WADE, T.; WICKHAM, J.; CROSS, C.; EDMONDS, C.; LOVELAND, T.; NASH, M.; RIITERS, K. & SMITH, E. The Consequences of Landscape Change on Ecological Resources: An Assessment of the United States Mid-Atlantic Region, 1973-1993. *Ecosystem Health*, Vol. 7, N° 4, p. 229-242.
- BLANCO, D. E. (1999). Los humedales como hábitat de aves acuáticas. Montevideo, Uruguay: Oficina Regional de Ciencia y Técnica para América Latina y el Caribe.
- BRIONES, E.; GÓMEZ, J.; HIDALGO, A.; TIRIRA, D.; FLACHIER, A. (2001). Inventario de Humedales del Ecuador. Segunda parte: Humedales Interiores de la Provincia del Guayas- Tomo II. Convención Ramsar, INEFAN, EcoCiencia, Quito, Ecuador.
- BUYTAERT, W.; DECKERS, J.; DERCON, G.; DE BIÈVRE, B.; POESEN, J.; GOVERS, G. (2002). Impact of land use changes on the hydrological properties of volcanic ash soils in South Ecuador. *Soil Use Manage.* 18, 94–100.
- BUYTAERT, W.; IÑIGUEZ, V.; DE BIÈVRE, B. (2007). The effects of afforestation and cultivation on water yield in the Andean páramo. *Ecol. Manage.* 251 (1–2), 22–30.
- CHOMITZ, K.M.; GRAY, D.A. (1996). Road, land use, and deforestation: A spatial Model applied to Belize. *The World Bank Economic Review*, Vol. 10, No. 3, 487-512.
- CANADAY, C. (1996). Loss of insectivorous birds along a gradient of human impact in Amazonia. *Biological Conservation* 77, 63–77.
- CASTRO, M. (2010). Una valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en los bofedales de los Páramos Ecuatorianos- la experiencia en Oña-Nabón-Saraguro-

Yacuambi y el Frente Suroccidental de Tungurahua. EcoCiencia/Wetlands International/ UTPL/MAE. Quito.

CALDERÓN, M. (2010). Estudio de calidad del agua de formación de los humedales del Frente Sur Occidental de Tungurahua. Proyecto Creación de Capacidades para la Valoración Socioeconómica de Humedales AltoAndinos. Wetlands International / EcoCiencia. Documento sin publicar.

CALDERÓN, C.; O. ABURTO, E. EZCURRA. (2009). El valor de los manglares. CONABIO. Biodiversitas 82, pp.:1-6.

CASTELLI, L.; SAPALLASSO, V. (2007). Planificación y conservación del paisaje: herramientas para la protección del patrimonio natural y cultural. Naturaleza para el futuro. Primera edición, Buenos Aires-Argentina.

CONESA. F. V. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Editorial: Mundi Prensa., Madrid, p: 224.

COFFIN, A.W. (2007). From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. Departamento de Geografía, Universidad de Florida P.O. Estados Unidos.

CONTRERAS, F.; WARNER, B.G. (2004). Ecosystem characteristics and management considerations for coastal wetlands in Mexico. Hydrobiologia, 511, pp: 233-245.

DAVIS T.J. (1994). The Ramsar Convention Manual. Guide to the Convention of Wetlands of International Importance Especially as Weterfowl Habitats. Ramsar. Suiza.

DUGAN, P. J. (1990). Wetland Conservation: A Review of Current Issues and Required Action. IUCN. Gland, Switzerland.

DELGADO. S, V. (2012). La responsabilidad civil extracontractual por el daño ambiental causado en la construcción u operación de las carreteras. Revista de Derecho, Vol. XXV- N° 1.

DEBINSKI, D.M.; HOLT, R.D. (2000). A survey and overview of habitat fragmentation experiments. Conservation Biology 14(2): 342-355.

DE GROOT, R.; STUIP, M.; FINLAYSON, M.; DAVIDSON, N. (2007). Valoración de los Humedales. Lineamientos para valorar los beneficios derivados de los servicios de los ecosistemas de humedales. Informe Técnico Ramsar. Número 3. Número 27 de la serie de publicaciones técnicas del CDB.

- ECHEVERRIA, H. (2008). La Convención Ramsar en el Ecuador. Guía sobre la conservación y uso racional de los humedales. Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental. Quito, Ecuador.
- ECOCIENCIA, MAE. (2002). Inventario Nacional de Humedales. Ecociencia y Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito-Ecuador. Documento en CD.
- ESPIÑOZA. G. (2007). Gestión y Fundamento de Evaluación de Impacto Ambiental. Banco Internacional de desarrollo- BID, Centro de estudios para el desarrollo- CED. Santiago-Chile.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2002). Agricultura mundial: hacia los años 2015/2013. Informe resumido. Departamento de economía y desarrollo social. Roma.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2007). La agricultura y el medio ambiente: es hora de intervención mundial. Departamento de Agricultura y protección del consumidor. Roma.
- FAO/OAPN, (2008). Informe del grupo de trabajo sobre marco conceptual de la evaluación de los ecosistemas del milenio, 2003.
- FERNANDEZ, E. (2010). Metodologías para la evaluación y mejora del impacto ambiental de los sistemas ganaderos: análisis comparado y posible de aplicación en el sector de los pequeños rumiantes Andalucía. Trabajo de Fin de Tesis de Zootecnia.
- FEARNSIDE, P.M. (2000). Global warming and tropical land-use change: Green-house gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. *Climatic Change* 46, 1-2. Pp: 115-158.
- FISCHER, J.; D.B. LINDENMAYER. (2007). Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global Ecology and Biogeography* 16: 265-280.
- FORMAN, R. T.; ALEXANDER. I. E. (1998). Roads and their major ecological effects. En: *Annual Review of Ecology and Systematics*. Pp: 207-231.
- FORMAN, R.T.T.; SPERLING, D.; BISSONETTE, J.A.; CLEVINGER, A.P.; CUTSHALL, C.D.; DALE, V.H.; FAHRIG, L.; FRANCE, R.; GOLDMAN, C.R.; HEANUE, K.; JONES, J.A.; SWANSON, F.J.; TURRENTINE, T.; WINTER, T.C. (2003). *Road Ecology: Science and Solutions*. Island Press, Washington.
- FLORES DE G.E.; GALLARDO, M.; NÚÑEZ, E. (2009). Centro regional Ramsar para la capacitación e investigación sobre humedales para el hemisferio occidental. Inventario de los humedales continentales y costeros de la República de Panamá, p: 255.

- GARMENDIA, A.; SALVADOR, A.; CRESPO, C.; GARMENDIA, L. (2005). Evaluación de impacto ambiental. Editorial: Pearson educación, S.A., Madrid. Capítulo 1, pp: 24-30.
- GARCIA, M. J. (1981). Lead and zinc levels and chemical fractionation in road-side soils of Caracas, Venezuela, *Water Air Soil Pollut.* 15, pp: 285–297.
- GÓMEZ, D. (1999). Evaluación del impacto ambiental. Editorial Agrícola Española, S.A.
- GÓMEZ, D.; GÓMEZ, M.T. (2013). Evaluación del impacto ambiental. Ediciones Nobel, S.A.
- GOOSEM, M. (2002). Effects of tropical rainforest roads on small mammals : fragmentation, edge effects and traffic disturbance. En: *Wildlife Research* 29: 277-289.
- GOOSEM, M. (2007). Fragmentation impacts caused by roads through rainforests, *Curr. Sci.* 93, 1587–1595
- GORTAIRE, E. (2010). Caracterización florística de las Turberas y Bofedales del Sistema de Humedales de OñaNabón-Saraguro-Yacuambi Provincias de Loja, Azuay y Zamora Chinchipe, Ecuador. Proyecto Creación de Capacidades para la Valoración Socioeconómica de Humedales AltoAndinos. Wetlands International. EcoCiencia. (Documento sin publicar).
- GLIGO, N.; LAGOS, C.; CASTRO, G. (autores principales) (2010). Perspectivas del medio ambiente: América Latina y el Caribe. PNUMA Capítulo I, p.p 27-49.
- GRANT, S.B.; REKHI, N.V.; PISE, N.R.; REEVES, R.L.; MATSUMOTO, M.; WISTROM, A.; MOUSSA, L.; BAY, S.; KAYHANIAN, M.A. (2003). Review of the contaminants and toxicity associated with particles in stormwater runoff. CTSW-RT-03-059.73.15. Caltrans, California Department of Transportation, Sacramento, CA.
- GTP, Grupo de trabajo de páramos del Ecuador. (2004). Páramos y obras de infraestructura. EcoCiencia, Quito-Ecuador.
- HAIG SM., MEHLMAN DW., ORING LW. (1998). Avian movements and wetland connectivity in landscape conservation. *Conservation. Biol.* Vol, 4. núm. 12. Pp: 749–758.
- HALPIN P.M. (2000). Habitat use by an intertidal salt-marsh fish: trade-offs between predation and growth. *Ecol. Prog. Ser.* 198. Pp: 203–214.
- HOLLAND C.C, HONEA J, GWIN SE, KENTULA ME. (1995). Wetland degradation and loss in the rapidly urbanizing area of portland, oregon. *Wetlands*, vol, 15. núm. 4 .pp: 336–345.

- IÑIGUEZ, V.; HELSLEY, J.; AMMON, J.; PINNEL, S.; LÓPEZ, F.; WENDLAND, K. (2013). Gobernanza basada en la colaboración de la comunidad para un sistema de humedales transfronterizo al sur del ecuador: oportunidades y retos de un potencial sitio Ramsar. Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Ciencias Naturales; Idaho, Departamento de Ciencias Sociales para la Conservación.
- IÑIGUEZ-ARMIJOS C, LEIVA A, FREDE H-G, HAMPEL H, BREUER L .(2014). Deforestation and Benthic Indicators: How Much Vegetation Cover Is Needed to Sustain Healthy Andean Streams? PLoS ONE 9(8): e105869. doi:10.1371/journal.pone.0105869.
- IZURIETA, X. (Ed.). (2005). Turberas Alto andinas. Espacios frágiles de vida y cultura. Proyecto Peatland in the Tropical Andes. Global Peatlands Initiative/NC-UICN/ECOPAR/GRUPO PARAMO. Quito, Ecuador.
- INEC, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS. (2010). Censo Nacional Económico- Ecuador. Base de datos de los resultados del Censo Nacional Económico. Variables de establecimiento Económico. Clasificación CIU 4.0 Actividad Primaria.
- JOHNSON, W.C.; COLLINGE, S.K. (2004). Landscape effects on black-tailed prairie dog colonies. *Biological Conservation* 115, pp: 487–497.
- LEOPOLD, LUNA B.; CLARKE, FRANK E.; HANSHAW, BRUCE B.; BALSLEY, JAMES R. (1971). A Procedure for Evaluating Environmental Impact. Geological Survey Circular 645. Washington: U.S. Geological Survey.
- LÓPEZ, F.; ORDOÑEZ L.; VALLE D. ARMIJOS D.; CABRERA O. (2008). Evaluación Ecológica Rápida del Sector de los Páramos del Cantón Oña y Yacuambi, Provincia del Azuay, Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. Documento no publicado. Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), Fundación Avina y Fundación Ecológica Arcoiris. Loja – Ecuador. UTPL. 29 pp.
- LAURANCE, W.; GOOSEM, M.; LAURANCE, S. (2009). Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Tree*-1149., p.11.
- MARQUIS, P. (2005). Turbidity and suspended sediment as measures of water quality. *Streamline Watershed Management Bulletin* 9:21–23. http://www.forrex.org/sites/default/files/publications/articles/streamline_vol9_no1_art4.pdf (Accessed June 2012).
- MARCUCCI, D. (2000). Landscape history as a planning tool. *Landscape and Urban Planning*, 49,67-81.

- MADEJ, M.A. (2001). Erosion and sediment delivery following removal of forest roads. *Earth Surf. Process. Landforms* 26, 175-190.
- MAE, Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2013). Sitios Ramsar.2013. Disponible en Web: <http://www.ambiente.gob.ec/userfiles/50/Resumen%20Sitios%20Ramsar%20Ecuador.pdf>.
- MITSCH, W.J.; GOSELINK, J.G. (1993). *Wetlands*. van nostrand reinhold, Nueva York. 2a. edición.
- NEWCOMBE, C. (2003). Impact assessment model for clear water fishes exposed to excessively cloudy water. *Journal of the American Water Resources Association* 39:529–544
- ONGLEY, E.D. (1997). Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. (Estudio FAO riego y Drenaje-55). GEMS/Water Collaborating CentreCanada Centre for Inland Waters Burlington, Canadá.
- ORTEGA, K.; CAPEN, D.E. (1999). Effects of Forest Roads on Habitat Quality for Ovenbirds in a Forested Landscape. *The Auk*, vol, 4. núm. 116, p. 937-946.
- ORDOÑEZ, L.; VALLE, D.; VEINTIMILLA, D. (2010). Evaluación Ecológica Rápida del sistema lacustre Saragurpo-Oña-Yacuambi, Provincias de Loja, Azuay yZamora Chinchipe. *Andes Tropicales del Sur del Ecuador*. (Reporte no publicado).
- PRATT, C.; LOTTERMOSER, B.G. (A). (2007) Trace metal uptake by the grass *Melinis repens* from roadside soils and sediments, tropical Australia, *Environ. Geol.* 52, pp: 1651–1662.
- PRATT, C.; LOTTERMOSER, B.G. (B). (2007). Mobilisation of traffic derived trace metals from road corridors into coastal stream and estuarine sediments, Cairns, northern Australia, *Environ. Geol.* 52, pp: 437–448.
- PEAE. (2009). Política de ecosistemas andinos de ecuador. Acuerdo Ministerial No.064-Registro oficial No. 60-5 noviembre 2009.
- PEÑA. (2007). Efectos ecológicos de los cambios de cobertura y usos del suelo en la Marina Maiza (Alicante). Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante- España.
- PRIMACK, R. (1998). *Essentials of Conservation Biology*. Sinaeur,Ed.2, p. 659.
- PROMAS – Universidad de Cuenca. (2008). Inventario de Recursos Hídricos en la cuenca Alta y Media del Río León. Universidad de Cuenca. Cuenca – Ecuador. P.121.

- RAMOS-SCHARRON, C.; MACDONALD, L. (2007). Runoff and suspended sediment yields from an unpaved road segment, St John, US Virgin Islands. *Hydrological Processes* 21:35–50.
- RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT. (2004). *The Ramsar Convention manual: a guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971)*. Ramsar Convention Secretariat, Gland Switzerland, p.75.
- RAMSAR, Convención sobre los humedales de Importancia Internacional especialmente como hábitat de Aves Acuáticas. (2005). Novena Reunión de la conferencia de las partes contratantes en la convención sobre los humedales (Ramsar, Irán, 1971). Suiza.CONDENSAN Y TNC-Chile.
- RAMSAR CONVENTION SECRETARIA. (2006). *Manual de la Convención de Ramsar. Guía la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)*. ed. 4.
- RAMSAR. (2008). *Estrategia regional para la conservación y uso sostenible de Humedales Alto andinos*. Gobiernos de Ecuador y Chile,
- RAMSAR. Convención sobre los humedales de Importancia Internacional especialmente como hábitat de Aves Acuáticas. (1971). *Acta final de la conferencia internacional sobre la conservación de los humedales y las aves acuáticas*. Irán: Gobierno Imperial de Irán.
- RAMSAR. Convención sobre los humedales de Importancia Internacional especialmente como hábitat de Aves Acuáticas. (2013). *Manual de la convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los humedales*. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza): Ramsar, Irán. 1971, 6ta. edición.
- REIJNEN, R.; FOPPEN, R.; MEEUWSEN, H. (1996). The effects of traffic on the density of breeding birds in dutch agricultural grasslands. *En: Biological Conservation* 75:255-260.
- RODRÍGUEZ, H. (2008). *Estudios de Impacto Ambiental. Guía Metodológica*. Editorial: Escuela Colombiana de Ingeniería, Segunda edición.
- ROJAS, I.; BECERRA, P.; GÁLVE, N.; LAKER, J.; BONACIC, C.; HESTER, A. (2011). Relationship between fragmentation, degradation and native and exotic species richness in an Andean temperate forest of Chile. *Gayana Bot.* [online]. Vol.68, n.2, pp.: 163-175.

- SAUNDERS, D.A.; HOBBS, R.J.; MARGULES, C.R. (1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. *Conservation Biology* 5: 18-32.
- STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES, M.; HAAN, C. (2006). *Livestock's long shadow. Environmental issues and options.*
- SEOÁNEZ, M. (1998). *Medio ambiente y desarrollo: Manual de gestión de los recursos en función del medio ambiente. Manual para responsables, gestores y enseñantes. Soluciones a los problemas medio ambientales.* España: Editorial Mundi-Prensa.
- SIERRA, R. 1999. *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental.* Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL). Loja – Ecuador.
- STOLK, M.; VERWEIJ, P.A.; STUIP, M.; BAKER, C.J.; OOSTERBERG, W. (2006). *Valoración Socioeconómica de los Humedales en América Latina y el Caribe.* Wetlands International. Países Bajos.
- TROMBULAK, S.; FRISSELL, C. (2000). Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. *Conservation Biology* 14:19-29.
- TAYLOR, B. D.; GOLDINGAY R. L. (2004). Wildlife road kills on three major roads in North-Eastern New South wales. *En: Wildlife Research* 31:83-91.
- TSUNOKAWA. K; HOBAN. C. (1997). *Roads and the Environment. A Handbook.* Washington, D.C. 20433, U.S.A.
- RAPAPORT, E.; SNICKARS. F. (1998). *GIS-Based Road Location in Sweden: Geographical and Planning.* Springer Verlag, Berlin, pp: 136-153.
- VAN. T. (2002). *Application of Geographical Information Systems to Identify Environmental Impact from Agricultural Pesticide Usage Along the US-Mexico Border in Imperial County, California.* Texas A&M Universit. Departament of Civil Engineering.
- VITOUSEK P.M.; MOONEY H.A.; LUBCHENCO J.; MELILLO, J.M. (1997). Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science*, p.227- 494.
- US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (1996). *Indicators of Environmental Impacts of Transportation: Highway, Rail, Aviation, and Maritime Transport.* EPA 230-R-96-009. Government Printing Office, Washington,DC.

- MEDINA, G.; VÁSCONEZ, P. M. (2001). Los páramos en el Ecuador. In: Los páramos del Ecuador (ed. by P. M. Vásconez, G. Medina & R. Hofstede), 1–24. Proyecto Páramo Quito.
- VANDERHAEGEN. M.; MURO. E. (2004). Contribution of a European spatial data infrastructure to the effectiveness of EIA and SEA studies. Environmental Impact Assessment Review. Volume 25, Issue 2, Pag. 123–142.
- WESTERN, D. (2001). Human-modified ecosystems and future evolution. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Wildlife Conservation Society, vol.98 no.10., Nairobi, Kenya.
- WILKIE, D.; SHAW, E.; ROTBERG. F.; MORELLI, G.; AUZEL, P. (2000). Roads, Development, and Conservation in the Congo Basin. *Conservation Biology*. Vol 14, núm.6, p. 1614-1622.
- WILCOVE, D.S., C. MCLELLAN., A.P. DOBSON. (1986). Habitat fragmentation in the Temperate Zone. In: M.E. Soulé (ed.), *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA. p. 237-256.
- ZAMORANO, C. CUNAZZA, C., BENOIT, I., ARAYA, P., CHONG, E., Y TORRES, P. (2010). Programa nacional para la conservación de humedales insertos en el sistema nacional de áreas silvestres protegidas del estado: Gerencia de Areas Silvestres Protegidas Departamento de Conservación de la Diversidad Biológica. Chile.