

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ESCUELA DE GEOGRAFÍA

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERA EN CIENCIAS GEOGRÁFICAS Y DESARROLLO
SUSTENTABLE CON MENCIÓN EN ORDENAMIENTO
TERRITORIAL

TÍTULO DE LA DISERTACIÓN
“ESTUDIO DEL CAMBIO EN EL HÁBITAT Y SU INFLUENCIA EN LAS
DECLINACIONES DE ANFIBIOS EN EL PARQUE NACIONAL CAJAS
Y EL BOSQUE PROTECTOR MAZÁN MEDIANTE UN SISTEMA DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA ”

NOMBRE:
MARÍA BELÉN BAUS AGUILERA

DIRECTORA: SHEIKA ARAGUNDI LEÓN, PhD.

QUITO, 2011

A la vida
y su exquisita complejidad

AGRADECIMIENTOS

Especialmente a Sheika Aragundi por dirigir ésta investigación de la manera más dedicada, pero principalmente por ser un ejemplo de excelencia y mostrarme a través de su amor a las plantas el fin del conocimiento. Gracias a ella ésta idea y a la vez idea sueño es hoy una realidad. A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador por financiar el Proyecto “Reservas de Agua del Ecuador: Contribución al Desarrollo y Vulnerabilidad al Cambio Climático:” del cual se derivó éste trabajo. Al Museo de Zoología de la Universidad Católica por permitirme el libre acceso a la colección de anfibios. A Patricio Solis y Jorge Campaña por sus valiosos comentarios y correcciones de éste documento. A Eduardo Toral y Gabriela Maldonado por su valiosa y desinteresada ayuda en el campo, por compartir sus datos y experiencias sobre monitoreo de anfibios en el área de estudio. A Luis Coloma, Juan Guayasamín, Italo Tapia, Morley Read por asesorar muchas de las decisiones técnicas sobre las especies de anfibios de interés para éste estudio. A Pablo Menéndez por creer en mí y enseñarme tantas cosas. A Josúe López por su enorme ayuda en el trabajo de campo y su increíble amistad. A todas las personas que amo, a mi madre, padre, hermano, abuelos, a toda mi familia y a mis amigos por que sin su energía y confianza nada de ésto hubiera sido posible.

TABLA DE CONTENIDOS

RESÚMEN

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	3
1.3 Hipótesis.....	3
1.4 Objetivo general.....	4
1.5 Objetivos específicos.....	4

2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 Marco teórico.....	5
2.2 Marco conceptual.....	6
2.2.1 Registros de distribución de anfibios.....	6
2.2.2 Hábitat.....	6
2.2.3 Cambios en el hábitat: pérdida, degradación y fragmentación.....	6
2.2.4 Indicador biológico.....	7
2.2.5 Declinaciones de anfibios.....	7

3. ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Ubicación y superficie.....	8
3.2 Caracterización biofísica.....	8

4. MATERIALES

4.1 Especies de anfibios seleccionadas para el estudio.....	10
4.2 Registros de distribución.....	12
4.3 Coberturas de vegetación de 1961 y de 2009 del área de interés.....	35

5. MÉTODOS

5.1 Recolección de información	36
5.1.1 Selección de especies idóneas para el estudio.....	36
5.1.2 Recolección y depuración de registros de distribución.....	37
5.1.3 Recopilación de información bibliográfica sobre hábitat de las especies de anfibios seleccionadas.....	38
5.1.4 Recolección de información de campo sobre hábitat de las especies de anfibios seleccionadas.....	38
5.2 Procesamiento de información	40
5.2.1 Generación de mapas de distribución probable de las especies de anfibios seleccionadas.....	40
5.2.2 Estructuración del Sistema de Información Geográfica para el estudio.....	42
5.3 Análisis	44
5.3.1 Declinación de anfibios y cambio en el hábitat	44
5.3.2 Los anfibios como indicadores de cambio en los recursos naturales de alta montaña.....	49

6. RESULTADOS

6.1 Declinación de anfibios y cambio en el hábitat.....	51
6.2 Los anfibios como indicadores de cambio en los recursos naturales de alta montaña.....	59

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Declinación de anfibios y cambio en el hábitat.....	60
7.2 Los anfibios como indicadores de cambio en los recursos naturales de alta montaña.....	61

8. REFERENCIAS.....

9. ANEXOS.....

RESÚMEN

En los altos Andes del Sur del Ecuador, las declinaciones de anfibios son muy conocidas y una prioridad de investigación, sin embargo la influencia de la pérdida, degradación y fragmentación de los ecosistemas en éstas, no ha tenido suficiente consideración. El objetivo de ésta investigación es explorar si existe correlación entre las declinaciones de anfibios en el Parque Nacional Cajas y el Bosque Protector Mazán y los cambios en el hábitat ocurridos en las cinco últimas décadas (1961-2009), mediante la integración en un Sistema de Información Geográfica de áreas de distribución probable de las especies y coberturas de cambio de la vegetación derivadas de fotografía aérea histórica y reciente. Con el propósito de evidenciar una posible relación espacial entre los cambios en el paisaje y la ocurrencia de las especies (ausencia-presencia), se estimaron tres variables la proximidad del cambio a las áreas de distribución probable de las especies (derivadas de registros e información de preferencia de hábitat), la naturaleza del cambio y la pendiente entre las áreas de distribución probable y los cambios en el paisaje. Se observó que en los 80's la quema fué el cambio más severo que afectó a las especies y en el 2000 lo fueron las plantaciones de especies no nativas de pino y eucalipto. Se concluye que existe una relación positiva entre el grado de afectación en el paisaje y las desapariciones y declinaciones poblacionales de anfibios en el Bosque Protector Mazán. Así también se comprueba la efectividad del uso de bases de registros de distribución de anfibios en la predicción de cambios complejos en el uso del suelo.

Palabras clave:

Declinaciones de anfibios, cambio en el hábitat, Sistema de Información Geográfica, indicador biológico, recursos naturales de alta montaña

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Las extinciones y declinaciones poblacionales de anfibios son severas a escala global. Según Mendelson *et al.* (2006), cerca de un tercio (32%) del total de especies de anfibios del mundo se encuentran amenazadas de extinción, y al menos el 43% sufren declinaciones poblacionales. El Ecuador, con 480 especies descritas, es el tercer país con mayor diversidad de anfibios después de Brasil y Colombia, y presenta además un notable endemismo (75%) en la región andina (Coloma *et al.* 2009). Desafortunadamente el 30.5% de estas especies están amenazadas (Lista Roja de los Anfibios de Ecuador, Ron *et al.* 2008), siendo los altos Andes la región biogeográfica con la proporción más alta de especies En Peligro (EN) o Críticamente en Peligro (CR).

Estudios sobre este fenómeno de desaparición de anfibios en todo el mundo han sido reportados desde inicios de la década de los 90's (Barinaga, 1990; Wake, 1991; Blaustein, 1994). Así también, en los Andes ecuatorianos se reportan declinaciones poblacionales y extinciones de anfibios desde inicios de los 90's (Vial & Saylor, 1993; Coloma, 1995; Stebbins & Cohen, 1995; Coloma *et al.* 2000; Coloma, 2002; Ron *et al.* 2003; Bustamante *et al.* 2005). En el año 2000 se reporta por primera vez en el Ecuador la presencia de un hongo quitridio (*Batrachochytrium dendrobatidis*) en cinco especies de anfibios de los Andes del Ecuador (Ron & Merino-Viteri, 2000). A partir de este trabajo son varias las investigaciones que se suman, atribuyendo a la quitridiomycosis la causa principal de las declinaciones de anfibios (Cf. Ron *et al.* 2003, Merino-Viteri *et al.* 2005, Stuart *et al.* 2008) y minimizando otras posibles causas que podrían estar actuando sinérgicamente.

La pérdida y degradación de hábitat son probablemente las causas más importantes de las extinciones de anfibios y sus declinaciones poblacionales a nivel global (Collins & Storfer, 2003; Gardner *et al.* 2007). De hecho, según el reporte de la evaluación global de anfibios del 2004 (UICN, SSC, CI, NS), la extensa pérdida de hábitat que ha tenido lugar en el Chocó y la región Andina es uno de los factores que estaría explicando las declinaciones de anfibios en los últimos años en el Ecuador. Cambios en hábitats altoandinos como la pérdida y degradación no han sido investigados de manera profunda en el Ecuador. Existen apenas tres estudios que evalúan la pérdida y fragmentación de hábitat, efectos de borde y cambio en el uso del suelo sobre algunas

especies de anfibios (Marsh & Pearman, 1997, Toral et al. 2002, Menéndez-Guerrero, 2008).

Los Sistemas de Información Geográfica¹ (SIG) y la percepción remota o teledetección² (PR) han mostrado tener gran potencial para la evaluación rápida y eficiente del cambio en grandes superficies de terreno (Lo & Shipman, 1990; Kerr & Ostrovsky, 2003; Roughgarden, 1991; Turner *et al.* 2003), particularmente cuando la información generada por estas dos herramientas se combina para análisis en un Sistema de Información Geográfica Integrado (SIGI)³. La PR permite estimar la superficie remanente de los ecosistemas y evaluar su estado de conservación a través de un proceso de recolección, procesamiento e interpretación de imágenes provenientes de sensores localizados en plataformas aéreas. La fotografía aérea es una forma de percepción remota que permite detectar el cambio en la cobertura vegetal a una escala espacial y radiométrica muy fina; de igual manera su resolución temporal provee información espacial histórica para la evaluación del cambio (Morgan, 2010).

En este escenario, este estudio utiliza información de cambio de la cobertura vegetal derivada de fotografía aérea en un SIGI y registros de distribución de especies de anfibios para explorar la relación potencial entre el deterioro del hábitat y las declinaciones de anfibios en los Andes del sur del Ecuador.

¹ SIG: capturan, almacenan, procesan, analizan y despliegan datos georeferenciados. Así también los SIG integran la información geográfica en cualquier formato de representación (Fonseca, 2002).

² Se refiere a la medición de la radiación electromagnética emitida, reflejada o dispersada desde la superficie terrestre a través de sensores remotos montados en plataformas como aviones y satélites (Roughgarden, 1991). Las fotografías aéreas e imágenes satelitales son productos de este proceso.

³ Sistema que integra datos espaciales tipo vector y raster.

1.2 Justificación

Los anfibios prestan varios servicios a los seres humanos, cumplen varios roles ecológicos importantes en los diferentes ecosistemas donde habitan y son indicadores de cambio ambiental. Como consumidores regulan poblaciones de insectos, evitando el proliferación de plagas de cultivos y la transmisión de enfermedades; y como presas son fuente de alimento para otras especies en la cadena trófica. Debido a su ciclo bifásico de vida, los anfibios pueden ser utilizados como bioindicadores de cambios que pudieran estar ocurriendo tanto en hábitats terrestres como acuáticos (Beiswenger, 1988; Welsh & Ollivier, 1998).

Sabiendo que los anfibios son altamente sensibles a regímenes de humedad (Qian *et al.* 2007; Tyler, 1994), la evaluación y monitoreo de su distribución y abundancia puede contribuir a revelar el estado y conservación de los ecosistemas y particularmente del agua. Los distintos tipos de cobertura vegetal poseen distintas capacidades de rendimiento hídrico, por lo que la detección de cambios en las superficies y la evaluación del deterioro de estos ecosistemas es de vital importancia para comprender la disponibilidad de dicho recurso para el ser humano.

En este contexto, el presente trabajo investiga la posible relación entre las declinaciones de anfibios en el Parque Nacional Cajas y el Bosque Protector Mazán y los cambios de hábitat ocurridos en las cinco últimas décadas (1961-2009), mediante la integración en un Sistema de Información Geográfica de registros de anfibios y coberturas de vegetación derivadas de fotografía aérea histórica y reciente. Este trabajo también explora el potencial de los anfibios como indicadores biológicos de cambio y/o deterioro de ecosistemas altoandinos.

1.3 Hipótesis

Existe una clara relación causal entre cambio en el hábitat -entendido como pérdida, degradación y fragmentación-, y las declinaciones de anfibios en los altos Andes, por tanto éste grupo taxonómico constituye un indicador biológico de cambio y/o degradación de ecosistemas alto Andinos.

1.4 Objetivo general

Determinar la correlación entre disturbio de hábitat y la declinación de anfibios en el Parque Nacional Cajas y el Bosque Protector Mazán para el periodo comprendido entre 1961 y el 2009, y concluir sobre el potencial de los anfibios como indicadores biológicos en los altos Andes.

1.5 Objetivos específicos

- Disponer de una base de registros de distribución de las especies de anfibios de interés para las localidades -Tres Cruces, Laguna Toreadora, Laguna Llaviuco y Bosque Protector Mazán- y período de interés comprendido entre 1961 y el 2009.
- Disponer de dos mapas de distribución probable de las especies para los periodos de interés 80's y 2000, para ser analizados con las coberuras de vegetación de 1961 y 2009 (Aragundi, 2010) del área de estudio.
- Proveer una evaluación de la efectividad del uso de los registros de distribución de las especies de anfibios de interés en la detección de cambios en los recursos naturales de alta montaña.

2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 Marco Teórico

El uso de indicadores biológicos, i.e. especies indicadoras⁴, para el monitoreo y evaluación de las condiciones ambientales tiene una larga tradición firmemente establecida en varias ramas de las ciencias ambientales (Noss, 1990).

Los anfibios son organismos altamente sensibles a cambios en el ambiente, sus ciclos de vida complejos los desarrollan en hábitats terrestres y acuáticos, por lo que pueden ser utilizados como excelentes indicadores de cambio en estos hábitats (Beiswenger, 1988; Welsh & Ollivier, 1998). En cada estadio de su desarrollo los anfibios cumplen varios roles ecológicos en los distintos microhábitats que ocupan. Como renacuajos muestran una gran diversidad morfológica habitando en una amplia variedad de microhábitats (Altig & Johnston, 1989), y en éstos son importantes modificadores de recursos: reducen los sedimentos orgánicos e inorgánicos, alteran la estructura de las comunidades de algas e influyen a otros consumidores regulando la disponibilidad de alimento (Altig *et al.* 2007; Ranvestel *et al.* 2004). Como adultos contribuyen con energía al depositar huevos en los riachuelos, controlan e influyen la disponibilidad de presas para insectos, y son también importante fuente de alimento para varios depredadores terrestres (Whiles *et al.* 2006).

Se ha sugerido que los anfibios son particularmente sensibles a cambios en el hábitat como la pérdida, degradación y fragmentación debido a que muestran alta fidelidad a los sitios de reproducción (Mann *et al.* 1991), escasa vagilidad (Carr & Fahrig, 2001; Kolozsvary & Swihart, 1999) y sus ciclos de vida complejos implican desplazamientos entre hábitats acuáticos y terrestres (Dodd & Cade, 1998; Joly, 2003). De hecho, las declinaciones de anfibios a nivel mundial se han atribuido a la destrucción y alteración del hábitat, el cambio climático global (i.e. incremento en la radiación UV-B⁵), las enfermedades (i.e. patógenos como *Batrachochytrium dendrobatidis*, *Saprolegnia ferax*, *Ambystoma tigrinum*), los contaminantes, la introducción de especies, así como interacciones complejas entre varios de estos factores (Blaustein & Kiesecker, 2002).

La aplicación de los sistemas de información geográfica integrados (SIGI) en la detección de cambio en la cobertura vegetal y/o hábitats ha sido ampliamente reconocida

⁴ Sistema que integra datos espaciales tipo vector y raster.

⁵ UV-B se refiere a la radiación ultravioleta comprendida entre las longitudes de onda de 290 a 320 nm.

(Ehlers *et al.* 1989, Lo & Shipman, 1990, Mattikalli, 1994). Estos sistemas integran datos espaciales en formatos de representación tipo raster (i.e. imágenes provenientes de sensores remotos) y vector para facilitar análisis integrales de paisaje. Imágenes provenientes de sensores remotos como las fotografías aéreas combinan una alta resolución espacial con una amplia cobertura temporal y espacial, que permite una efectiva detección y cuantificación de los patrones y dinámicas de cambio de la vegetación (Kadmon & Harari-Kremer, 1999) y/o cambios en el hábitat. Además estos sistemas permiten el desarrollo de análisis espaciales complejos donde de manera inductiva se exploran patrones y anomalías o de manera deductiva se explora la comprobación o negación de hipótesis basadas en teoría (Goodchild, 1992).

Así, a partir de la integración de información sobre cambio en la vegetación y/o cambios en el hábitat con registros de distribución de especies, este estudio pretende utilizar técnicas de análisis espacial para explorar correlaciones espaciales entre los cambios en los ecosistemas y cambios en la ocurrencia y abundancia de las especies.

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Registros de distribución de anfibios

Dato asociado a un espécimen de determinada especie observado o colectado en su hábitat, que se encuentra almacenado en una base de datos (Peláez & Tipantuña, 2010)

2.2.2 Hábitat

Lugar que ocupa el organismo o la población. Es la suma total de las condiciones ambientales características de un sitio específico ocupado adecuado a las demandas de la población (Sarmiento, 2001).

2.2.3 Cambios en el hábitat: pérdida, degradación y fragmentación

La **pérdida** es un cambio extremo en el hábitat que imposibilita el mantenimiento de más de una fracción de sus especies y funciones originales. Los impactos de la destrucción del hábitat son tan severos que todas o casi todas las especies se encuentran afectadas y el tiempo que necesitan para recuperarse es demasiado extenso (Groom *et al.* 2006).

La **fragmentación** es la ruptura de un hábitat, ecosistema o categoría espacial de uso en pequeñas parcelas y es considerada uno de varios procesos espaciales en la transformación de la tierra. (Forman,1995)

La **degradación** es la pérdida en la calidad de un área provocada por actividades antrópicas. Los impactos de la degradación afectan temporalmente a varias pero no a todas las especies, sin embargo muchos impactos pueden afectar a las especies a largo plazo en niveles bajos y medios de intensidad (Groom *et al.* 2006).

2.2.4 Indicador biológico

Los indicadores biológicos son aquellos que permiten estimar las características medibles de estructura (i.e. genética, población, hábitat, y patrón del paisaje), de composición (i.e. genes, especies, poblaciones, comunidades y tipos de paisajes), o de función (i.e. genética, historia demográfica, ecosistema y procesos de disturbio en el paisaje) de los sistemas ecológicos (Niemi & McDonald, 2004). Los indicadores biológicos pueden ser utilizados tanto para evaluar las condiciones ambientales como para diagnosticar las causas de problemas ambientales (Dale & Beyeler, 2001).

2.2.5 Declinaciones de anfibios

Se entiende por declinaciones de anfibios, disminución poblacional de especies y/o pérdida del número de especies, i.e. diversidad alfa, en este grupo taxonómico. El término fue empleado por primera vez por Wake (1991) para describir extinciones y declives poblacionales en el mundo (Cf. Wake, 1991).

3. ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Ubicación y superficie

El área de estudio se ubica en el flanco oriental de la cordillera occidental de los Andes del sur del Ecuador y comprende las microcuencas del Río Llaviuco, Mazán y la cabecera de la microcuenca del Río Tomebamba . El área se encuentra dentro de los límites de dos áreas protegidas el Parque Nacional Cajas y el Bosque Protector Mazán y posee una superficie de 15 537 hectáreas con un rango altitudinal que va desde los 2768 hasta los 4562 msnm. El diseño del área consideró la localización de cuatro sitios de muestreo de anfibios que han sido monitoreados en las cuatro últimas décadas, i.e. Tres Cruces, Laguna Toreadora, Laguna Llaviuco o Zurucucho y Bosque Protector Mazán, y también rasgos fisiográficos como las divisorias de agua para su delimitación (Anexo 1).

3.2 Caracterización biofísica

El clima en el área de estudio se ve influenciado por el choque de masas de aire provenientes del Pacífico y del oriente en las partes mas altas del area de estudio (Rivera, 2007). El promedio anual de temperatura está alrededor de 7°C cuya variación entre el día y la noche es alta, el promedio de máximas es de 13,2°C y el promedio de mínimas de 4,6°C (Buytaert, 2004). La precipitación media anual estimada, correspondiente al período 1965 –1990, es de 1.072 mm, con un valor mínimo de 829 mm y un máximo de 1.343 mm (Guzmán, 2005).

Con respecto a la cobertura vegetal del área, según Rivera (2007) se distinguen cuatro unidades de vegetación: bosque de neblina montano, bosque siempre verde montano alto, páramo herbáceo y herbazal lacustre montano. Dentro de la unidad páramo herbáceo se contemplan las subunidades páramo de almohadilla y bosque de Polylepis. La formación bosque siempre verde montano alto se encuentra en Llaviuco y Mazán, el páramo herbáceo se distribuye ampliamente en el parque y el herbazal lacustre se puede distinguir en los bordes de las lagunas (Rivera, 2007).

Los suelos más comunes son los Inceptisoles (subórdenes Hydrandepts y Dystrandeps), en menor medida lo son los Oxisoles y Ultisoles (McLean, 1988a; ETAPA, 2008). La geomorfología del lugar fue modelada en el Pleistoceno por una intensa actividad glacial. El desplazamiento de lenguas glaciares movilizaron depósitos morrénicos o tilitas que provocaron procesos de erosión fluvio glacial en el fondo de los valles y modelaron circos, lagunas glaciares, valles en “U” y colgados (Coltorti & Ollier,

2000). Otras morfologías de relieve que predominan en el área son horns, aristas, cuchillas, artesas y cubetas. El sistema lacustre se compone por 235 lagunas y abundantes humedales (charcos estacionales y ciénegas; ETAPA, 2008). Según su origen geomorfológico las lagunas pueden ser de tipo circo o pasternóster ; y según su estado trófico pueden ser hiperoligotróficas, oligotróficas, mesotróficas, eutróficas (ETAPA, 2008).

En el área de estudio se identifican tres formaciones geológicas: Pisayambo (andesitas a riolitas, piroclastos), Macuchi (andesitas basálticas, hornblenda y andesitas plagioclásicas, con areniscas volcanoclásticas, lutitas y tobas) y Tarqui (areniscas rhyodacíticas y volcanoclásticas con lavas y lutitas volcánicas; Coltorti & Ollier, 2000; McLean, 1988b).

4. MATERIALES

4.1 Especies de anfibios seleccionadas para el estudio

Las especies de anfibios consideradas para este estudio fueron seleccionadas según los criterios mencionados en el capítulo Métodos (numeral 5.1.1) y son las siguientes:

Atelopus exiguus Boettger (1892) CR⁶

Especie endémica del sur del Ecuador. Se distribuye en una zona alta de la Cordillera Occidental de los Andes, en la provincia de Azuay. Se conoce solo de la localidad tipo⁷ y alrededores. La localidad tipo es "Zurucuchu, W.-Anden von Cuenca", Provincia de Azuay, Ecuador". Habita el páramo, subpáramo (Coloma *et al.* 2000), y el bosque montano (Read, 1988); entre los 3150 y los 3850 msnm (Coloma *et al.* 2000) .

Atelopus nanay Coloma (2002) CR

Especie endémica del sur del Ecuador. Se distribuye en una zona alta de la Cordillera Occidental de los Andes, en la provincia de Azuay. Se conoce solo de la localidad tipo y alrededores. La localidad tipo es "Las Tres Cruces (4 km W of Laguna Toreadora; 2° 46' S, 79° 14' W; Parque Nacional del Cajas; 4000 msnm), Provincia de Azuay, Ecuador". Habita el páramo herbáceo (Coloma 2002).

Centrolene buckleyi Boulenger (1882) CR

Se distribuye a lo largo de los Andes de Colombia y Ecuador, llegando al norte del Perú (Huacambamba, Departamento de Piura; Duellman y Wild 1993; Ruiz-Carranza *et al.* 1996). La localidad tipo es "Intac" y "Paitanga" (= Pallatanga), Ecuador. Habita el bosque siempreverde montano bajo, el bosque de neblina montano primario y secundario, y pastos; entre los 2050 y los 3070 msnm (Guayasamin *et al.* 2006).

Gastrotheca litonedis Duellman & Hills (1987) EN⁶

Especie endémica del Ecuador. Se distribuye en los valles interandinos de los Andes del sur del Ecuador en las provincias de Cañar, Azuay y Loja. Se conoce de ocho localidades. La localidad tipo es " 10 km (por la carretera) al noreste de Girón, 2750 msnm (03°05'S, 79°06'O), Provincia de Azuay, Ecuador." Habita el subpáramo, páramo

⁶ Lista roja de anfibios, Ron *et al.* (2008). Según la IUCN (2010) las categorías de la Lista Roja son: Extinta (EX), Extinta en la naturaleza (EW), En peligro crítico (CR), En peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi amenazada (NT), Preocupación menor (LC), Datos deficientes (DD) y No evaluada (NE).

⁷ Es aquella localidad donde fue colectado el espécimen tipo de la especie, es decir, el espécimen utilizado para la descripción taxonómica de la especie.

herbáceo y potreros subhúmedos (Duellman & Hillis, 1987); entre los 3000 y los 3600 msnm (Frost, 2011).

Hyloxalus anthracinus Edwards (1971) CR

Especie endémica del Ecuador. Se distribuye en la Cordillera Oriental (Cordillera Real o Central) y el Río Mazán en el sur de Ecuador. Se conoce de seis localidades. La localidad tipo es "Páramo de Raranga, 12 km S Cutchil, Morona-Santiago Province, Ecuador, 3400 msnm". Habita el bosque muy humedo montano, bosque humedo montano bajo (Coloma, 1995) y riachuelos en el páramo (Read, 1988); entre los 2710 y los 3500 msnm (Coloma, 1995).

Hyloxalus vertebralis Boulenger (1899) EN

Especie endémica del sur del Ecuador. Se distribuye en los valles interandinos y las estribaciones occidentales de los Andes del sur de Ecuador. La localidad tipo es "Cañar, 8400 feet altitude", Cañar, Ecuador. Habita el bosque muy humedo montano, bosque humedo montano bajo, páramo y áreas disturbadas, entre los 1770 y los 3500 msnm (Coloma, 1995).

Pristimantis cryophilus Lynch (1979) EN

Especie endémica del Ecuador. Se distribuye al este y oeste de Cuenca (Morona-Santiago, Ecuador). La localidad tipo es "6 km W San Vicente, Provincia Morona-Santiago, Ecuador, 3110 msnm". Habita el subpáramo, páramo (Lynch, 1979), bosque primario, bosque de *Polylepis* y riachuelos (Read, 1988); entre los 2835 y los 3384 msnm (Lynch, 1979).

Telmatobius niger Barbour y Noble (1920) CR

Especie endémica del Ecuador. Se distribuye en ambas estribaciones de los Andes ecuatorianos desde Cuenca (en la provincia del Azuay) al norte de Juan Benigno Vela (en la provincia de Tungurahua). Se conoce en más de diez localidades. La localidad tipo es "el desierto de Palmira, Ecuador"; equiparada a los alrededores inmediatos de Palmira, Provincia de Chimborazo. Habita el páramo cerca de ríos y afluentes (Trueb, 1979) y "presumiblemente se encuentra a través del valle de Mazán y el páramo cerca de riachuelos" (Read, 1988); entre los 2496 y los 4000 msnm (Frost, 2011).

4.2 Registros de distribución

Se utilizaron un total de 191 registros de distribución de las especies de anfibios (Tabla 1) obtenidos del Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (QCAZ), de bibliografía científica, reportes, guías de anfibios, tesis y catálogos de campo de expertos (Duellman, 1959-1994; Read, 1986; Toral & Frenkel, 2007). Cada registro incluye los siguientes campos asociados: (1) Género y Especie, (2) Localidad, (3) Coordenadas, (4) Altura, (5) Fecha, (6) Información Ecológica, (7) Colector y (8) Referencia.

Tabla 1. Registros de distribución de las especies de anfibios de interés para las localidades -Tres Cruces (TC), Laguna Treadora (LT), Laguna Llaviuco (LLI) y Bosque Protector Mazán (BPM)- y períodos de interés (80's, 90's, 2000).

N°	Sp. ¹	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
1	Sp1	LLI		3100	1978		Fernando Ortiz	Museo de Zoología, Puce
2	Sp1	LLI		3200-3410	1993	En un potrero junto a la laguna Llaviuco, luego de una lluvia	Stephan Lotters, Alex Widmer	Museo de Zoología, Puce
3	Sp1	BPM		3100	1986	Encontrado debajo de piedras en el sendero.	Morley Read	Read, 1988
4	Sp1	BPM		3100	1986	Encontrado debajo de piedras en el sendero.	Morley Read	Read, 1988
5	Sp1	BPM		3100	1986	Encontrado debajo de piedras en el sendero.	Morley Read	Read, 1988
6	Sp1	BPM		3100	1986	Encontrado debajo de piedras en el sendero.	Morley Read	Read, 1988
7	Sp1	BPM		3100	1986	Encontrado debajo de piedras en el sendero.	Morley Read	Read, 1988
8	Sp1	BPM		3100	1986	Encontrado debajo de piedras en el sendero.	Morley Read	Read, 1988
9	Sp1	BPM		3150	1992	En el sendero.	Richard Leschen	Museo de Zoología, Puce
10	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995

N°	Sp. ¹	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
11	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
12	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
13	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
14	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
15	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995

N°	Sp. ¹	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
16	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
17	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
18	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
19	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
20	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995

N°	Sp.¹	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
21	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
22	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
23	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
24	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
25	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995

N°	Sp. ¹	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
26	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
27	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
28	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
29	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
30	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995

N°	Sp. ¹	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
31	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
32	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
33	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
34	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
35	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995

N°	Sp.1	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
36	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
37	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
38	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
39	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
40	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995

N°	Sp.1	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
41	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
42	Sp1	BPM			1995	A lo largo del sendero principal y en el afluente del Río Mazan que esta a la margen derecha a pocos metro de la regleta.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
43	Sp1	BPM	707169.22 9681887.16	3211	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
44	Sp1	BPM	708452.22 9682020.16	2986	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
45	Sp1	BPM	708712.22 9682169.16	3106	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
46	Sp1	BPM	707783.22 9681987.16	3144	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
47	Sp1	BPM	707784.22 9681989.16	3144	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
48	Sp1	BPM	707831.22 9681976.16	3140	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
49	Sp1	BPM	707752.22 9681996.16	3147	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
50	Sp1	BPM	707856.22 9681976.16	3140	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
51	Sp1	BPM	707791.22 9681989.16	3146	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
52	Sp1	BPM	707860.22 9681968.16	3138	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007

N°	Sp.¹	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
53	Sp1	BPM	707830.22 9681962.16	3135	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
54	Sp1	BPM	707783.22 9681989.16	3144	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
55	Sp1	BPM	707854.22 9681971.16	3141	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
56	Sp1	BPM	707784.22 9681992.16	3151	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
57	Sp1	BPM	707832.22 9681976.16	3140	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
58	Sp1	BPM	707836.22 9681963.16	3136	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
59	Sp1	BPM	707860.22 9681967.16	3060	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
60	Sp1	BPM	707859.22 9681970.16	3139	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
61	Sp1	BPM	707074.22 9681899.16	3209	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
62	Sp1	BPM	707071.22 9681897.16	3208	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
63	Sp1	BPM	707065.22 9681904.16	3137	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
64	Sp1	BPM	707064.22 9681904.16	3147	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
65	Sp1	BPM	707082.22 9681899.16	3207	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
66	Sp1	BPM	707079.22 9681897.16	3207	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
67	Sp1	BPM	707077.22 9681897.16	3208	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007

N°	Sp.1	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
68	Sp1	BPM	707036.22 9681887.16	3208	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
69	Sp1	BPM	707084.22 9681897.16	3061	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
70	Sp1	BPM	707080.22 9681899.16	3208	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
71	Sp1	BPM	707081.22 9681899.16	3208	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
72	Sp1	BPM	707018.22 9681891.16	3126	2006		Eduardo Toral, Caty Frenkel	Toral & Frenkel, 2007
73	Sp1	BPM	707794.33 9681985.9	3062	2009	Zona rocosa, sendero	Gabriela Maldonado	Tesis Maldonado, 2010
74	Sp1	BPM	707780.21 9681985.92	3062	2009	Zona rocosa, sendero	Gabriela Maldonado	Tesis Maldonado, 2010
75	Sp1	BPM	708919.21 9682330.87	3062	2009	Bosque secundario	Gabriela Maldonado	Tesis Maldonado, 2010
76	Sp1	BPM	707525.28 9681940.88	3184	2009	Bosque secundario	Gabriela Maldonado	Tesis Maldonado, 2010
77	Sp1	BPM	707089.3 9681887.85	3099	2009	Bosque secundario	Gabriela Maldonado	Tesis Maldonado, 2010
78	Sp1	BPM	707780.21 9681985.92	3062	2009	Bosque secundario, sendero	Gabriela Maldonado	Tesis Maldonado, 2010
79	Sp1	BPM	707920.12 9682002.06	3195	2009	Pastizal, Bosque secundario	Gabriela Maldonado	Tesis Maldonado, 2010
80	Sp1	BPM	708167.08 9681929.1	3181	2009	Pastizal	Gabriela Maldonado	Tesis Maldonado, 2010
81	Sp1	BPM	708979.12 9682321.04	3140	2009	Bosque secundario	Gabriela Maldonado	Tesis Maldonado, 2010
83	Sp1	BPM	708919.21 9682330.87	3164	2009	Bosque secundario	Gabriela Maldonado	Tesis Maldonado, 2010

N°	Sp. ¹	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
84	Sp1	BPM	707928 9681979.64	3139	2010	Bosque montano secundario en vegetación riberina, debajo de una piedra junto al sendero cerca del río.	Eduardo Toral	Datos no publicados
85	Sp1	BPM	707946.57 9681979.43	3189	2009	Bajo piedra, en una zona pedregosa con cavidades bajo las piedras.	Ernesto Arbeláez, Luis Coloma, Robin Moore, Santiago Ron, Italo Tapia	Museo de Zoología, Puce
86	Sp2	TC	695992.12 9693649.49	4000	1989		Felipe Campos, Luis Coloma, Stela de la Torre	Museo de Zoología, Puce
87	Sp2	TC			2007		Danilo Minga	Datos no publicados
88	Sp3	BPM		3100	1986	En acequias rodeadas de pasto que alcanzaba 50cm de alto.	Morley Read	Read, 1988
89	Sp3	BPM		3100	1986	En helechos durante el día.	Morley Read	Read, 1988
90	Sp3	BPM		3100	1986	En pasto corto afectado por pastoreo.	Morley Read	Read, 1988
91	Sp4	LLI		3200	1984	En vegetación baja a lo largo de una acequia, en pasto pantanoso.	William Duellman, David Hillis, Patricia Burrowes	Field Catalogues Duellman, 1959-1994

N°	Sp. ¹	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
92	Sp4	BPM		3100	1986	En Río Mazán, cerca de CasaBlanca cerca de la entrada principal	Morley Read	Read, 1988
93	Sp4	BPM		3100	1986	En el sendero.	Morley Read	Read, 1988
94	Sp4	BPM		3100	1986	En Río Mazán, páramo.	Morley Read	Read, 1988
95	Sp4	BPM		3100	1986		Morley Read	Read, 1988
96	Sp4	BPM			2004		Zoologico Amaru	Arbeláez & Vega, 2008
97	Sp5	BPM		3100	1986	En riachuelos de 20cm de ancho, pasto denso cubría los riachuelos formando túneles.	Morley Read	Read, 1988
98	Sp5	BPM		3100	1986	En riachuelos de 20cm de ancho, pasto denso cubría los riachuelos formando túneles.	Morley Read	Read, 1988
99	Sp5	BPM		3100	1986	En riachuelos de 20cm de ancho, pasto denso cubría los riachuelos formando túneles.	Morley Read	Read, 1988
100	Sp5	BPM		2700	1986		Gustavi Orcés, Ana Almendáriz	Almendáriz & Orcés , 2004
101	Sp5	BPM			1995	En pequeños riachuelos y acequias debajo de piedras, muy bien camuflados.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995

N°	Sp. ¹	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
102	Sp5	BPM			1995	En pequeños riachuelos y acequias debajo de piedras, muy bien camuflados.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
103	Sp5	BPM			1995	En pequeños riachuelos y acequias debajo de piedras, muy bien camuflados.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
104	Sp6	LLI		3100	1978		Fernando Ortiz	Museo de Zoología, Puce
105	Sp6	LLI		3200	1984	En un pantano en el día.	Patricia Burrowes, David Hillis	
106	Sp6	LLI			2003		Ernesto Arbeláez	Arbeláez & Vega, 2008
107	Sp6	BPM		3100	1986	En suelo pantanoso cerca del río.	Morley Read	Read, 1988
108	Sp6	BPM		3100	1986	En suelo pantanoso cerca del río.	Morley Read	Read, 1988
109	Sp6	BPM		3100	1986	En suelo pantanoso cerca del río.	Morley Read	Read, 1988
110	Sp6	BPM		3100	1986	En suelo pantanoso cerca del río.	Morley Read	Read, 1988
111	Sp6	BPM		3100	1986	En suelo pantanoso cerca del río.	Morley Read	Read, 1988
112	Sp6	BPM		3100	1986	En suelo pantanoso cerca del río.	Morley Read	Read, 1988
113	Sp6	BPM		3100	1986	En suelo pantanoso cerca del río.	Morley Read	Read, 1988
114	Sp6	BPM		3100	1986	En suelo pantanoso cerca del río.	Morley Read	Read, 1988

N°	Sp.¹	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
115	Sp6	BPM		3100	1986	En suelo pantanoso cerca del río.	Morley Read	Read, 1988
116	Sp6	BPM		3100	1986	En suelo pantanoso cerca del río.	Morley Read	Read, 1988
117	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
118	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
119	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
120	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
121	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
122	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
123	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
124	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988

N°	Sp. ¹	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
125	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
126	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
127	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
128	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
129	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
130	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
131	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
132	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
133	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
134	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988

N°	Sp. ¹	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
135	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
136	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
137	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
138	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
139	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
140	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
141	Sp6	BPM		3100	1986	En pozas o riachuelos con corrientes lentas	Morley Read	Read, 1988
142	Sp6	BPM		2700	1986		Gustavi Orcés, Ana Almendáriz	Almendáriz & Orcés , 2004
143	Sp7	LT		3920	1986		Gustavi Orcés, Ana Almendáriz	Almendáriz & Orcés , 2004
144	Sp7	LT		4192	2007	Colectado en el suelo entre pajonales en páramo herbáceo.	Silvia Aldás, Edwin Carrillo	Museo de Zoología, Puce

N°	Sp. ¹	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
145	Sp7	LT			2010		Ernesto Arbeláez, Chelsea Korfel	Centro de Conservación del Anfibios del Parque Nacional Cajas
146	Sp7	BPM		3200	1986	En páramo.	Morley Read	Read, 1988
147	Sp7	BPM		3200	1986	En Bosque de Polylepis, en la ladera norte del valle a través del río desde el campamento de la cima	Morley Read	Read, 1988
148	Sp7	BPM		3200	1986	En sendero.	Morley Read	Read, 1988
149	Sp7	BPM		3200	1986	En el borde del bosque primario sobre quebrada Quinualoma	Morley Read	Read, 1988
150	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
151	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
152	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995

N°	Sp.¹	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
153	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
154	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
155	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
156	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
157	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
158	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
159	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995

N°	Sp. ¹	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
160	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
161	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
162	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
163	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
164	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
165	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
166	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995

N°	Sp. ¹	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
167	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
168	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
169	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
170	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
171	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
172	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
173	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995

N°	Sp. ¹	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
174	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
175	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
176	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
177	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
178	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
179	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
180	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995

N°	Sp. ¹	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
181	Sp7	BPM			1995	Encontrándose en páramo, chaparro, bosque primario y secundario.	Eduardo Toral, Manuel Morales	Toral & Morales, 1995
182	Sp7	BPM	708547.1 9682069.83	3115	2007	Sendero junto al Río Mazan hacia la laguna de Osohuaico.	Luis Coloma, Santiago Ron, Italo Tapia, Ernesto Arbelaez, Robin Moore	Museo de Zoología, Puce
183	Sp7	TC		4000	1989		Stella de la Torre, Felipe Campos	Museo de Zoología, Puce
184	Sp7	TC		4240	1999		Luis López	Museo de Zoología, Puce
185	Sp7	TC		4100	2010		Ernesto Arbeláez, Amanda Vega	Centro de Conservación del Anfibios del Parque Nacional Cajas
186	Sp7	TC	695534.94 9692573.85	4186	2007	Bajo piedras (a 200m más abajo, por el sendero de herradura). Recorrido entre la carretera, a lo largo de sendero de herradura que va a la población de Patul	Luis A. Coloma, Santiago R. Ron, Italo G. Tapia, Ernesto Jose Arbelaez, Robin Moore	Museo de Zoología, Puce

N°	Sp. ¹	Loc.	Coord.	Alt.	Fecha	Información ecológica	Colector	Ref.
187	Sp8	BPM		3100	1986	Encontrado debajo de una roca que cubría una pequeña zanja a través de la cual corría un hilo de agua.	Morley Read	Read, 1988
188	Sp8	BPM		3100	1986	Encontrado en la noche durante una tormenta, en el sendero. 8 metros lejos de Quebrada Huashipamba	Morley Read	Read, 1988
189	Sp8	TC		4000	1989		Stella de la Torre, Luis López, Luis Coloma	Museo de Zoología, Puce
190	Sp8	TC			1991		Luis Coloma	Arbeláez & Vega, 2008
191	Sp8	TC			1992		Luis Coloma	Arbeláez & Vega, 2008
Sp.¹ Sp1. <i>Atelopus exiguus</i> , Sp2. <i>Atelopus nanay</i> , Sp3. <i>Centrolene buckleyi</i> , Sp4. <i>Gastrotheca litonedis</i> , Sp5. <i>Hyloxalus anthracinus</i> , Sp6. <i>Hyloxalus vertebralis</i> , Sp7. <i>Pristimantis cryophilus</i> , Sp8. <i>Telmatobius niger</i> .								

4.3 Coberturas de vegetación de 1961 y de 2009 del área de interés

Se utilizaron las coberturas de vegetación de 1961 y 2009 (Anexos 2 y 3 respectivamente) generadas por Aragundi (2010) a partir de la interpretación de fotografía aérea de 1961, 2004 y 2008 y una toma IKONOS 2004.

5. MÉTODOS

5.1 Recolección de información

5.1.1 Selección de especies idóneas para el estudio

Las especies fueron seleccionadas mediante los siguientes criterios: **distribución geográfica, disponibilidad de registros para el periodo de interés, endemismo, especificidad de hábitat y categoría de amenaza**. La distribución geográfica y la disponibilidad de registros fueron considerados para averiguar la viabilidad de la investigación. Los criterios de endemismo y especificidad de hábitat fueron seleccionados, asumiendo que las especies con distribuciones geográficas restringidas y comportamientos especialistas serían las más susceptibles a cambios en sus hábitats. La categoría de amenaza fue un indicador del estado actual de conservación y declinación de cada especie.

Los criterios de **distribución geográfica y disponibilidad de registros para el periodo de interés** fueron verificados mediante la revisión de bases de datos tanto de museos como de entrevistas a expertos -i.e. Eduardo Toral, Luis Coloma, Juan Guayasamin, Morley Read y Gabriela Maldonado- y de bibliografía científica. De esta manera se obtuvo una lista tentativa de especies que ocurrían en el área de estudio y que han sido monitoreadas en el tiempo de interés. Se obtuvo la información de endemismo, especificidad de hábitat y categoría de amenaza para cada una de las especies de la lista. El **endemismo** y **especificidad de hábitat** fueron derivados de las publicaciones científicas especificadas en la Tabla 2, dando prioridad a las que trataban sobre descripciones de las especies, y la **categoría de amenaza** para cada especie fue consultada en la Lista Roja de Anfibios (Ron *et al.* 2008).

Tabla 2. Hábitat bibliográfico y distribución probable de las especies de anfibios de interés en el área de estudio.

Especie	Hábitat bibliografía científica	Distribución probable²
<i>Atelopus exiguus</i>	Páramo, subpáramo (Coloma <i>et al.</i> 2000), bosque montano y en el Río Mazán y sus afluentes (Read, 1988).	Bosque altoandino, páramo de pajonal y páramo arbustivo
<i>Atelopus nanay</i>	Páramo herbáceo (Coloma, 2002).	Páramo de pajonal
<i>Centrolene buckleyi</i> ¹	Bosque siempreverde montano bajo y bosque de neblina montano, primarios y secundarios y en pastos (Guayasamin <i>et al.</i> 2006)	Bosque altoandino y uso humano
<i>Gastrotheca litonedis</i> ¹	Subpáramo, potreros subhúmedos y páramo herbáceo (Duellman & Hillis 1987)	Páramo arbustivo, páramo de pajonal y uso humano
<i>Hyloxalus anthracinus</i>	Bosques muy húmedos montanos y bosques húmedo montano bajo (Coloma, 1995) y en riachuelos en el páramo (Read, 1988).	Bosque altoandino y páramo de pajonal
<i>Hyloxalus vertebralis</i> ¹	bosques muy húmedos montanos y bosques húmedos montanos bajos, paramos y áreas disturbadas (Coloma, 1995)	Bosque altoandino, páramo de pajonal, páramo arbustivo y uso humano
<i>Pristimantis cryophilus</i>	Subpáramo y páramo (Lynch, 1979) y en bosque primario, bosque de <i>Polylepis</i> y riachuelos (Read, 1988).	Bosque altoandino, páramo de pajonal, páramo arbustivo y bosque de <i>Polylepis</i>
<i>Telmatobius niger</i>	Páramo cerca a ríos y afluentes (Trueb, 1979) y “presumiblemente se encuentra a través del valle” (Mazán) (Read, 1988).	Bosque altoandino y páramo de pajonal, cuerpos de agua.

¹ A pesar de que éstas especies han sido registradas en áreas disturbadas como se muestra en la bibliografía, éstas áreas siempre han estado cercanas a los hábitats naturales de las especies, es por esta razón que fueron incluidas en el estudio. Observaciones Luis Coloma y Juan Guayasamin. ² Para todas las especies se asumen las categorías lagos y ciénagas como hábitats de distribución probable para su reproducción (excepto *Pristimantis*)

Una vez analizada toda ésta información se seleccionaron 8 especies que reunieron todos los criterios deseados, éstas fueron: *Atelopus exiguus*, *Atelopus nanay*, *Centrolene buckleyi*, *Gastrotheca litonedis*, *Hyloxalus anthracinus*, *Hyloxalus vertebralis*, *Pristimantis cryophilus* y *Telmatobius niger*.

5.1.2 Recolección y depuración de registros de distribución

Los registros de distribución de especies fueron obtenidos de la colección de anfibios del Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (QCAZ), de bibliografía científica, reportes, guías de anfibios, tesis y catálogos de campo de expertos (Tabla 1). Todos los registros de interés verificados en la selección de especies (numeral 5.1.1 de este documento) fueron exportados a una base de datos. Se procedió entonces a depurar cada registro de la base de datos con el fin de seleccionar campos de interés y generar nuevos campos relevantes para el estudio. Cada registro

contó con los siguientes campos: (1) Género y Especie, (2) Localidad, (3) Coordenadas, (4) Altura, (5) Fecha, (6) Información Ecológica, (7) Colector y (8) Referencia.

En los campos **Género y Especie** se revisaron los sinónimos en Frost (2011), dados los cambios en la nomenclatura por nuevas revisiones taxonómicas. En el campo **Localidad**, se identificaron cuatro localidades de interés en función de la disponibilidad de registros en el tiempo: Bosque Protector Mazán, Laguna Llaviuco o Zurucuchu, Laguna Toreadora y Las Tres Cruces. El campo **Coordenadas** contaba con datos en distintas proyecciones cartográficas, por lo tanto fueron exportados al programa ArcGIS v. 9.3 (ESRI Inc., 2008) para su transformación a la proyección UTM WGS84 17S y la verificación de su correcta localización. En vista de algunos errores a cada coordenada se le aplicó una ecuación de corrección.

En el campo **Altura** constan los metros sobre el nivel del mar del sitio donde fue colectado el registro y en **Fecha** el año de colección. El campo **Información Ecológica** es una descripción del lugar donde fue colectado u observado el espécimen, aquí consta la información original del hábitat de cada registro. El campo **Colector** se refiere a la persona responsable de la colección del espécimen o de su observación y el de **Referencia** contiene la fuente de información bibliográfica del registro. Así, se obtuvo una base con 191 registros de distribución (Tabla 1).

5.1.3 Recopilación de información bibliográfica sobre hábitat de las especies de anfibios seleccionadas

Se equiparó la información del hábitat derivada de bibliografía científica que se menciona en el capítulo Materiales numeral 4.1 de éste documento, con las categorías de las coberturas de vegetación que se menciona en el capítulo Materiales numeral 4.3; para determinar la distribución probable de cada especie en el área de estudio (Tabla 2).

5.1.4 Recolección de información de campo sobre hábitat de las especies de anfibios seleccionadas

Se realizaron cuatro salidas al campo a las localidades Tres Cruces, Laguna Toreadora, Laguna Llaviuco o Zurucuchu y Bosque Protector Mazán con el propósito de identificar y validar la información bibliográfica del hábitat de las especies de anfibios en el campo y observar los sitios dónde se registraron las especies junto a los expertos

Gabriela Maldonado, Eduardo Toral, Katy Frenkel y Chelsea Korfel. Así se obtuvo la Tabla 2 donde se establece la distribución probable de cada una de las especies de interés para este estudio.

En las Tres Cruces se recorrió el sendero que va desde la carretera Cuenca-Molleturo-Naranjal hacia la comunidad de Patul. Se identificaron los hábitats y los sitios de colecciones anteriores para *Atelopus nanay*, *Pristimantis cryophilus* y *Telmatobius niger*.

En la Laguna Toreadora se recorrió el sendero alrededor de la laguna. Se identificaron los hábitats y los sitios de colecciones anteriores para *Pristimantis cryophilus*.

En la Laguna de Llaviuco se realizó un transecto altitudinal desde los 3017 a los 3665 msnm en la ladera sureste del valle y se recorrió el sendero desde la laguna en el fondo del valle a 3017 msnm hasta la laguna Mamamag a 3632 msnm. Se identificaron los hábitats y los sitios de colecciones anteriores para *Atelopus exiguus*, *Gastrotheca litonedis*, *Hyloxalus vertebralis*.

En el Bosque Protector Mazán, se realizó un transecto altitudinal desde los 3052 a los 3505 msnm en la ladera norteste del valle y se recorrió el sendero junto al Río Mazán en el fondo del valle hasta la cascada Mazán. Se identificaron los hábitats y los sitios de colecciones anteriores para *Atelopus exiguus*, *Centrolene buckleyi*, *Gastrotheca litonedis*, *Hyloxalus anthracinus*, *Hyloxalus vertebralis*, *Pristimantis cryophilus* y *Telmatobius niger* junto a los expertos Eduardo Toral, Katy Frenkel, Chelsea Korfel y se observó un individuo juvenil de *Atelopus exiguus* y un individuo de *Gastrotheca pseustes*.

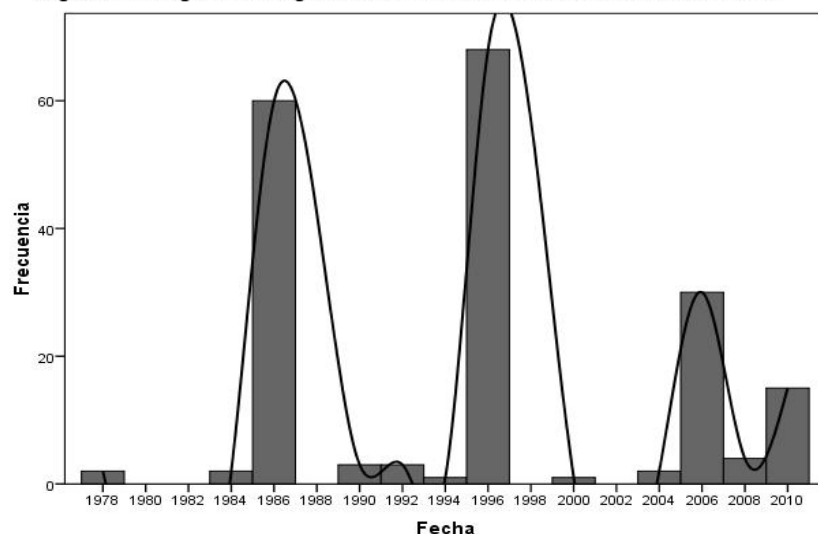
5.2 Procesamiento de información

5.2.1 Generación de mapas de distribución probable de las especies de anfibios seleccionadas

En el programa SPSS Statistics v. 17.0 (IBM Inc., 2008) se analizaron las frecuencias de distribución de los registros en el tiempo, con el fin de determinar periodos de interés para los registros, que puedan ser relacionados con las coberturas de vegetación de 1961 y del 2009.

El histograma de frecuencias de los registros en el tiempo mostró que en los años 1986, 1995 y 2006 se concentran el mayor número de registros (60, 68 y 30 registros respectivamente; Figura 1); por tanto se establecieron tres periodos alrededor de éstos años; el primer periodo entre 1978 y 1989, el segundo periodo entre 1990 y 1999 y un tercer periodo entre el 2000 y el 2010. Sabiendo que la cobertura de vegetación de 1961 (Aragundi, 2010) fue construida a partir de información de la década de los 60's, y la cobertura de vegetación del 2009 (Aragundi, 2010) con información de la década del 2000; el primer y tercer periodos determinados mediante agrupación de registros fueron relacionados con dichas coberturas. Considerando que los cambios ocurridos en la década 60's afectaron a las especies registradas en la década de los 80's y que los cambios ocurridos en la década del 2000 afectaron a las especies registradas en la década del 2000. Mientras que el segundo periodo fue excluido debido a que no se disponía de información espacial sobre cambios en el hábitat que pudiera relacionarse con los registros de esa década.

Figura 1. Histograma de registros de distribución de anfibios de 1978 al 2010.



En el programa ArcGIS v. 9.3 (ESRI Inc., 2008) se generaron 2 mapas de distribución probable de anfibios para los periodos de interés establecidos (1978-1989, 2000-2010) en base a 118 registros de distribución procesados como se detalla a continuación.

Del total de registros (118), apenas 46 registros disponían de una localización espacial precisa (i.e. coordenadas; Tabla 1), por tanto se decidió representar todos los registros mediante áreas de distribución probable. Para determinar éstas áreas de distribución probable se diseñó un árbol de decisión binomial consistente con la información específica provista por los registros de distribución (i.e. coordenadas del registro de distribución, altura, hábitat, vagilidad para reproducción).

El árbol de decisión binomial (Figura 2) fue construido en base a las siguientes preguntas sobre las variables antes citadas:

¿El registro dispone de coordenadas para su localización? Si la respuesta era si, el registro (46 registros de distribución; Tabla 1) era representado a través de un área de distribución probable de 20 metros⁸ generada alrededor de los puntos (coordenadas x,y), con la herramienta“ Buffer” del programa ArcGIS v. 9.3 (ESRI Inc., 2008). Si la respuesta era no, considerando que la altura de colección es un indicador preciso de la posible distribución del espécimen colectado se formuló la siguiente pregunta:

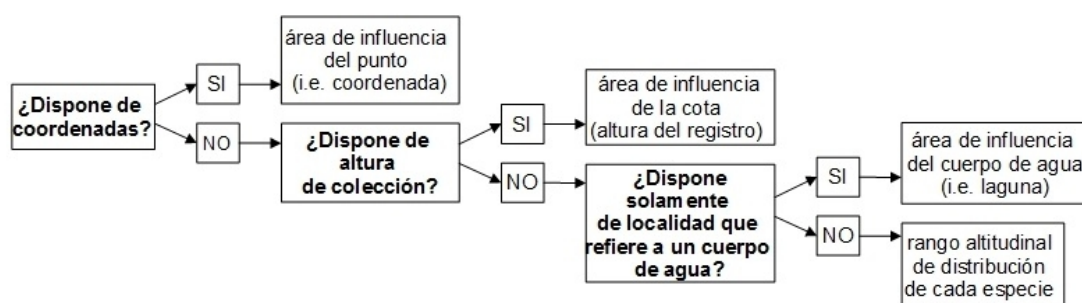
¿El registro dispone de altura de colección confiable para su localización? Si la respuesta era si, el registro (11 registros de distribución; Tabla 1) era representado a través de un área de distribución probable de 20 metros generada alrededor de la curva de nivel de la altura del registro, con la herramienta“ Buffer” del programa ArcGIS v. 9.3 (ESRI Inc., 2008). Las curvas de nivel fueron generadas con la herramienta “Contour” del mismo programa, a partir de un modelo de elevación digital derivado del sensor ASTER (LP DAAC, 2010). Si la respuesta era no, considerando que la mayoría de las especies de interés presentan fidelidad a los sitios de reproducción y bajas vagilidades se formuló la siguiente pregunta:

¿El registro dispone solamente de localidad que refiere a un cuerpo de agua? Si la respuesta era si, el registro (6 registros de distribución; Tabla 1) era representado a través de un área de distribución probable de 20 metros generada alrededor del cuerpo de agua referido para dicha localidad (i.e. Laguna Llaviuco, Laguna

⁸ A partir de entrevistas a expertos se determinó un valor promedio de 20 metros de vagilidad con fines de reproducción para todas las especies de interés (Luis Coloma, Juan Guayasamín, Gabriela Maldonado, Morley Read, Italo Tapia y Eduardo Toral, Com. Pers. Abril-Mayo 2011).

Toreadora), con la herramienta “ Buffer” del programa ArcGIS v. 9.3 (ESRI Inc., 2008). Las coberturas de las lagunas fueron importadas de las coberturas de vegetación generadas por Aragundi (2010). Si la respuesta era no, entonces el registro (55 registros de distribución) era representado a través del rango altitudinal de la especie establecido en bibliografía científica (Cf. Coloma,1995; Coloma *et al.* 2000; Coloma, 2002; Frost, 2011; Lynch, 1979), considerando que el rango aunque general, es el único y más acertado indicador de la distribución de la especie en el área de estudio. Con las herramientas “Modify Feature” y “Merge” del programa ArcGIS v. 9.3 (ESRI Inc., 2008) se editaron y unieron las curvas de nivel que referían el rango altitudinal de la especie para cada uno de los registros. Finalmente con la herramienta “Feature to Polygon” del mismo programa se convirtieron las áreas probables de distribución de formato líneas a polígonos, para facilitar análisis posteriores.

Figura 2. Árbol de decisión binomial para la representación espacial de los registros de distribución de las especies.



5.2.2 Estructuración del Sistema de Información Geográfica para el estudio

En un Sistema de Información Geográfica ArcGIS v. 9.3 (ESRI Inc., 2008) se integraron las coberturas de vegetación de 1961 y del 2009 generadas por Aragundi (2010) y los mapas de distribución probable de anfibios de los periodos (1978-1989, 2000-2010) generados por ésta investigación (Anexos 4 y 5).

De las coberturas de vegetación de 1961 y 2009 generadas por Aragundi (2010) unicamente se utilizaron los polígonos categorizados como quema, ciénagas, plantaciones de especies no nativas de pino y eucalipto y carretera. La categoría ciénagas fue incluida por que según Aragundi (2010) se refiere a cuerpos de agua eutrofizados, de aquí en adelante esta categoría se llamó eutrofización⁹.

⁹ La categoría eutrofización fue establecida a través de la interpretación de fotografías aéreas y de una imagen IKONOS de la autora, una distinta reflectancia en el cuerpo de agua se interpretó como eutrofización y esta clasificación se validó con trabajo de campo.

Los mapas de distribución probable de anfibios de los periodos (1978-1989, 2000-2010) constaron de 118 coberturas de áreas de distribución probable de las especies generadas a partir de registros de distribución de la especie como se explica en el capítulo Métodos numeral 5.2.1 de este documento. Con la herramienta “Join” del programa ArcGIS v. 9.3 (ESRI Inc., 2008) se asociaron los campos (i.e. Género y Especie, Localidad, Altura, Fecha, Información Ecológica, Colector y Referencia) de cada uno de los registros de distribución que se detallan en la Tabla 1, a las coberturas de áreas de distribución probable de las especies correspondientes.

Así, con la información asociada a las coberturas, en el mismo Sistema de Información Geografica ArcGIS v. 9.3 (ESRI Inc., 2008) se procedió al análisis de la relación espacial entre el cambio de la cobertura vegetal y la ocurrencia de las especies en el tiempo, como establecido a través de los registros (i.e. si hay registros la especie se presume ausente para ese periodo).

5.3 Análisis

5.3.1 Declinación de anfibios y cambio en el hábitat

a. Frecuencias de registros de distribución

Se analizaron las frecuencias relativas de las especies entre la década de los 80's y el 2000 para descartar cualquier sesgo en la intensidad de muestreo en cada una de las localidades y periodos de interés.

Sabiendo de entrevistas con expertos –i.e. Luis Coloma, Italo Tapia- que han muestreado todas las localidades que se mencionan en éste estudio en la década del 2000, que cuando han encontrado algún espécimen lo han registrado. Así se puede asumir que una especie no registrada en el periodo 2000 está probablemente ausente y que las frecuencias de registros corresponden a las frecuencias de ocurrencia (abundancia relativa). De ésta manera se puede asumir que una disminución en el número de registros para el siguiente periodo es probablemente una declinación. En este contexto, se analizaron las frecuencias relativas de las especies entre la década de los 80's y el 2000, con el fin de averiguar posibles desapariciones o declinaciones de anfibios dentro del área de estudio.

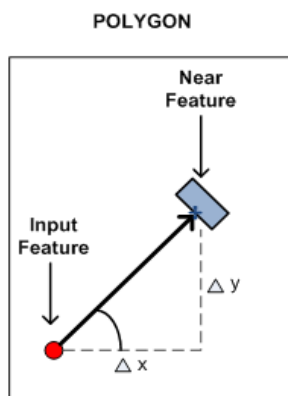
b. Cercanía al cambio

Con el propósito de determinar si existe relación espacial entre los cambios en el paisaje y la ocurrencia de las especies (ausencia-presencia, áreas de distribución probable), se utilizaron tres variables la **proximidad del cambio** a las áreas de distribución probable de las especies, la **naturaleza del cambio** y la **pendiente** entre las áreas distribución probable y los cambios en el paisaje.

La **proximidad del cambio** a las áreas de distribución probable de las especies, se calculó mediante distancias euclidianas con la herramienta "Near" del programa ArcGIS v. 9.3 (ESRI Inc., 2008). El operador de proximidad "Near" calcula la distancia euclidiana más cerca entre dos polígonos, desde el borde de un polígono hacia el borde del otro, como se muestra en el Figura 3. Se calcularon las distancias más cercanas de las áreas de distribución probable del periodo correspondiente a los 80's a los polígonos de cada tipo de cambio (i.e. quema, eutrofización) reconocidos en el mapa de vegetación de 1961 (Aragundi, 2010); y de las áreas de distribución probable del 2000 a los polígonos de cada tipo de cambio (i.e. quema, plantación de especies de pino y eucalipto,

eutrofización y carretera) reconocidos en el mapa de vegetación del 2009 (Aragundi, 2010).

Figura 3. Operador de proximidad



Se determinó una escala de severidad del 1 al 4 basada en rangos de distancias, asumiendo que a mayor cercanía del cambio mayor será el impacto de éste para las especies. Los rangos de distancias se establecieron a partir de revisión bibliográfica sobre definición de zonas de amortiguamiento para anfibios. Según Ficetola *et al.* 2008 los anfibios requieren zonas de amortiguamiento de 100 a 400 metros para protección de su hábitat terrestre y zonas de 300 a 1500 metros para garantizar procesos de dispersión y dinámica de metapoblaciones en las que se consideran elementos del paisaje a escalas espaciales mayores (i.e. red hidrográfica, caminos). Tomando en cuenta que las distancias se calculan desde el borde de los polígonos de las áreas de distribución probable, se restó el valor de 20 metros establecido para el diseño de las áreas de distribución probable que se menciona en el capítulo Métodos numeral 5.2.1 de éste documento de cada rango de la escala que se detalla a continuación:

- De 0 a 80 metros afectación **crítica**, valoración 4.
- De 80 a 380 metros afectación **severa**, valoración 3.
- De 380 a 1480 metros afectación **moderada**, valoración 2.
- > 1480 metros afectación **leve**, valoración 1.

Una vez identificados los polígonos de cambio más cercanos a cada área de distribución probable se procedió a determinar la **naturaleza del cambio**. Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva para estimar la severidad de cada uno de los cambios

(i.e. quema, plantación de especies de pino y eucalipto, eutrofización y construcción de la carretera) reconocidos en los mapas de vegetación (Aragundi, 2010) en los anfibios.

Se categorizó a la **quema** como el cambio **crítico** por provocar efectos directos (i.e. mortalidad) e indirectos (i.e. aumento en la incidencia de radiación solar en los cuerpos de agua por pérdida de vegetación ribarina y consecuente aumento de temperatura del agua, sedimentación de cuerpos de agua por erosión acelerada del suelo y transporte de sedimentos por las lluvias, alteración de hidroperiodos, incremento inmediato y recarga de nutrientes, aumento de la productividad, combustión y desecación de materia orgánica vegetal; Gresswell, 1999, Pilliod *et al.* 2003, Russell *et al.* 1999) en la abundancia y/o distribución de los anfibios. Se categorizó a la **plantación de especies de pino y eucalipto** como un cambio **severo** por provocar disturbios en procesos hidrológicos (Hofstede *et al.* 1998, Hofstede *et al.* 2002) que están estrechamente relacionados con la sobrevivencia de los anfibios. Se clasificó a la **eutrofización** como un cambio **moderado** por que promueve la infección por patógenos (Belden, 2006; Johnson *et al.* 2007) en los anfibios de manera indirecta. Se categorizó a la construcción de la **carretera** como un cambio **leve** por provocar efectos directos (i.e. mortalidad) e indirectos (i.e. aislamiento, sedimentación) (Herrmann *et al.* 2005, Vos & Chardon, 1998) en anfibios con altas vagilidades (Carr & Fahrig, 2001), que no es el caso de las especies de interés de éste estudio. Entonces se determinó la escala de severidad que se detalla a continuación:

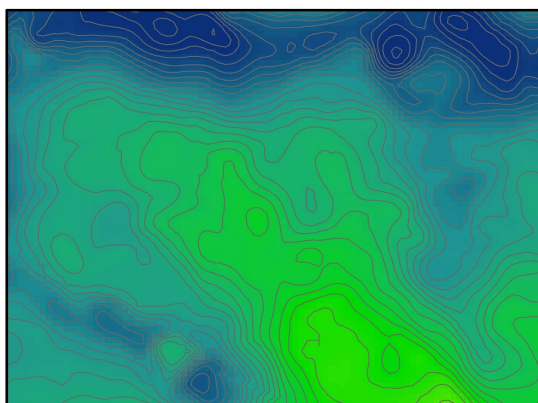
- Quema afectación **crítica**, valoración 4.
- Plantaciones de especies no nativas, pino y eucalipto afectación **severa**, valoración 3.
- Eutrofización afectación **moderada**, valoración 2.
- Construcción de la carretera afectación **leve**, valoración 1.

El análisis de proximidad desarrollado con distancias euclidianas no es suficiente para analizar la severidad de los cambios en el paisaje, considerando que el relieve del área de estudio es dramáticamente accidentado y que los cambios quema, plantaciones de especies no nativas y construcción de la carretera se agudizan en función de la pendiente. Aquellas áreas de distribución probable que presentaron como el cambio más cercano la eutrofización fueron excluidas de éste análisis por que dicho cambio no posee ninguna relación con la pendiente. Consecuentemente se calculó la **pendiente (%)** entre

las áreas de distribución probable y los cambios en el paisaje (i.e. polígonos de cambio); mediante la fórmula: distancia vertical/distancia horizontal * 100.

La distancia vertical se calculó a partir de curvas de nivel derivadas de un modelo de elevación digital. Del servidor WIST se descargó gratuitamente un modelo de elevación digital ASTER (LP DAAC, 2010), el mismo que ha sido generado usando las bandas 3N y 3B adquiridas por el sensor VNIR. En el programa ArcGIS v. 9.3 (ESRI Inc., 2008) con la herramienta "Contour" que traza líneas entre los valores de igual elevación en el terreno, obteniendo dichos valores de un modelo de elevación digital, se generaron curvas de nivel cada 20 metros (Figura 4).

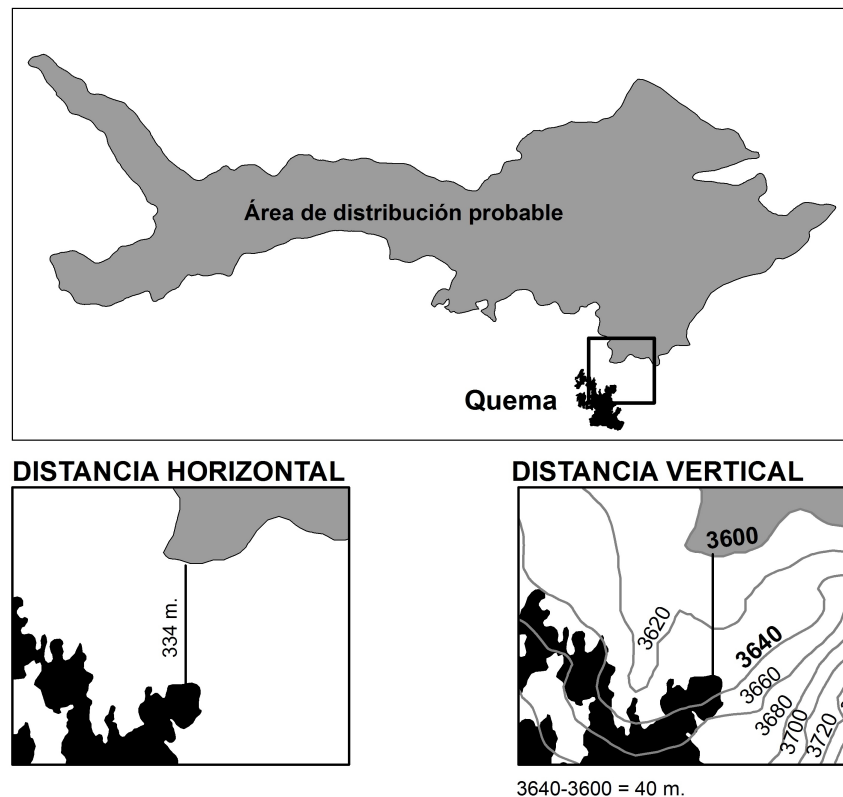
Figura 4. Generación de curvas de nivel



Fuente: Baus, 2010.

Entonces, se identificaron las curvas de nivel más cercanas a los bordes de las áreas de distribución probable y a los polígonos de cambio identificados como más cercanos en el análisis de proximidad (Figura 5). Entonces, se restó el valor altura de las áreas de distribución probable del valor de los polígonos de cambio. Para los valores de distancia horizontal se utilizaron las distancias calculadas en el análisis proximidad al cambio.

Figura 5. Ilustración del cálculo de la distancia vertical y horizontal entre las áreas de distribución probable de las especies y los polígonos de cambio en el paisaje.



Fuente: Baus, 2010.

Entonces se determinó la escala de severidad basada en rangos de pendiente establecidos a partir de cuartiles como se detalla a continuación:

- >78.9% afectación **crítica**, valoración 4.
- De 50.6 a 78.9% afectación **severa**, valoración 3.
- De 22.4 a < 50.6% afectación **moderada**, valoración 2.
- De 0 a < 22.4% afectación **leve**, valoración 1.

Consecuentemente, se sumaron los valores de las 3 escalas de severidad calculadas y se determinó una escala de severidad global que se detalla a continuación basada en la probabilidad de declinación de las especies ante el cambio:

- De 11 a 12 afectación **crítica**.
- De 9 a 10 afectación **severa**.

- De 7 a 8 afectación **moderada**.
- De 5 a 6 afectación **leve**.

Finalmente se calculó el coeficiente de Spearman para explorar la posible correlación entre las declinaciones de anfibios y los cambios en el hábitat. Las variables dependientes utilizadas fueron: la pérdida de diversidad alfa entre los 80's y el 2000 en cada una de las localidades; y la variable independiente utilizada fue la severidad global del cambio en el hábitat ante las especies reportada para la década de los 80's igualmente en cada una de las localidades. Se utilizó la severidad del cambio en el hábitat reportada para los 80's, asumiendo que la diversidad alfa disminuyó entre los 80's y el 2000 como consecuencia de los cambios en el hábitat y su severidad ante las especies ocurridos en el pasado, es decir, en la década de los 80's.

5.3.2 Los anfibios como indicadores de cambio en los recursos naturales de alta montaña

Con el propósito de evaluar el potencial de los anfibios como indicadores de cambio en los recursos naturales de alta montaña, se exploró la manera de utilizar los registros de distribución de las especies recolectados en ésta investigación de tal forma que pudieran revelar cambios ocurridos en el paisaje.

Éste análisis asume que una disminución en la frecuencia relativa de los registros de distribución de un periodo al siguiente es probablemente una declinación poblacional o una desaparición local. A partir de un análisis de las frecuencias relativas de las especies para los 80's y 2000 en cada localidad del área de estudio, se diseñó una escala basada en el número de especies que no se registraron o declinaron poblacionalmente para clasificar a cada una de las localidades como se detalla a continuación:

- Ninguna declinación, ninguna probabilidad de ocurrencia de cambios.
- De 1 a 2 especies que declinaron o no se registraron, probabilidad **baja** de ocurrencia de cambios.
- De 2 a 3 especies que declinaron o no se registraron, probabilidad **media** de ocurrencia de cambios.
- > 3 especies que declinaron o no se registraron, probabilidad **alta** de ocurrencia de cambios.

Con dicha escala en un Sistema de Información Geográfica, se elaboró un mapa de probabilidad de ocurrencia de cambios en el paisaje, que fue validado mediante la sobreposición de éste con el mapa de cambios ocurridos en el paisaje en 1961 y en el 2009 (Aragundi, 2010).

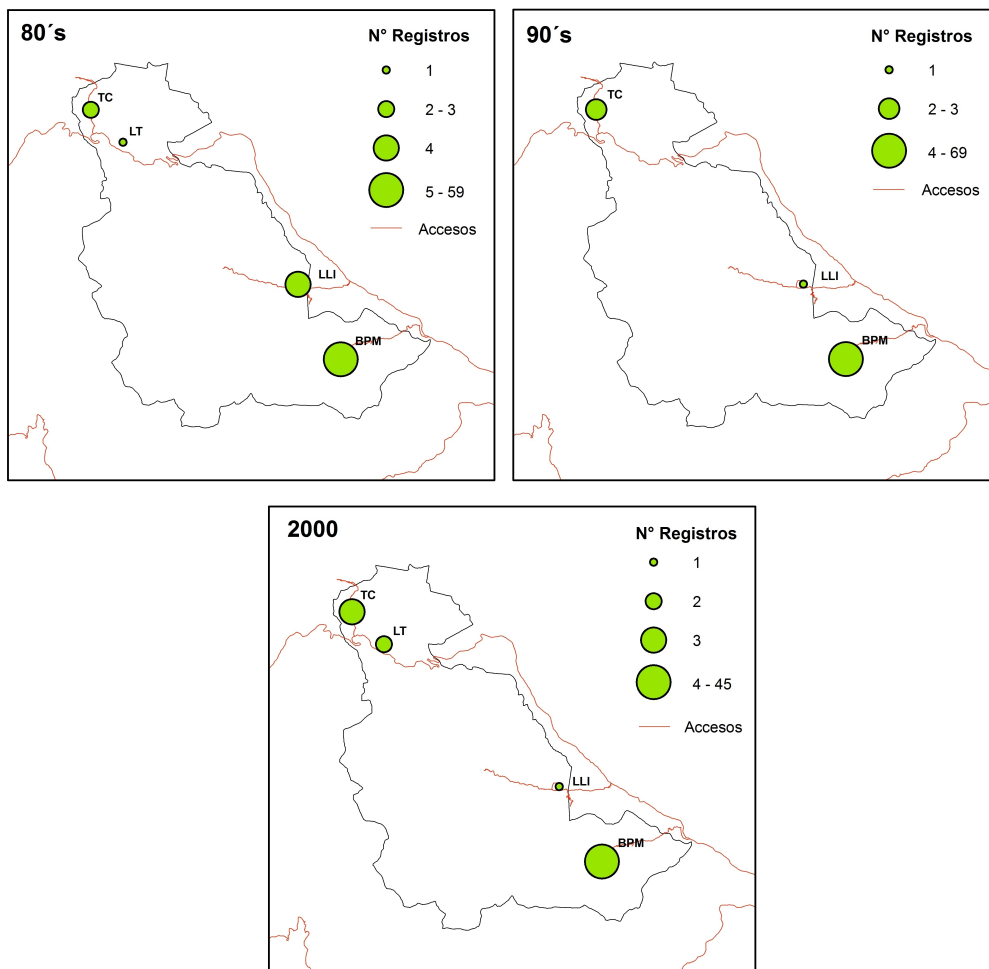
Una vez identificadas las especies que no se registraron o que declinaron se llevó a cabo una revisión bibliográfica sobre características ecológicas (i.e. tipo de desarrollo) de éstas, que pudieran evidenciar cambios específicos en el hábitat.

6. RESULTADOS

6.1 Declinación de anfibios y cambio en el hábitat

Al analizar las frecuencias relativas de los registros de distribución de las especies para las décadas de los 80's, 90's y 2000 y su distribución espacial en el área de estudio, se observó que los sitios de colección se restringen al noreste y sureste del área, éste patrón de muestreo claramente responde a la accesibilidad (Figura 6). Sin embargo, todas las localidades presentaron similares frecuencias relativas para los 3 periodos, es decir, todas las localidades fueron muestradas con igual intensidad en los 3 periodos de estudio. De esta manera se descarta cualquier sesgo en la intensidad de muestreo que pudiera afectar la validez de los resultados que a continuación se presentan.

Figura 6. Frecuencias relativas de los registros de distribución de las especies de anfibios de interés recolectados en localidades Tres Cruces (TC), Laguna Toreadora (LT), Laguna Llaviuco (LLI) y Bosque Protector Mazán (BPM) en las décadas de los 80's, 90's y 2000.



Las frecuencias relativas de los registros de cada una de las especies por localidad entre la década de los 80's y del 2000 se detallan en la Tabla 3 y Figura 7. Estos resultados revelan que en la localidad Bosque Protector Mazán ocurrieron los mayores cambios en la abundancia relativa de las especies en comparación con el resto de localidades.

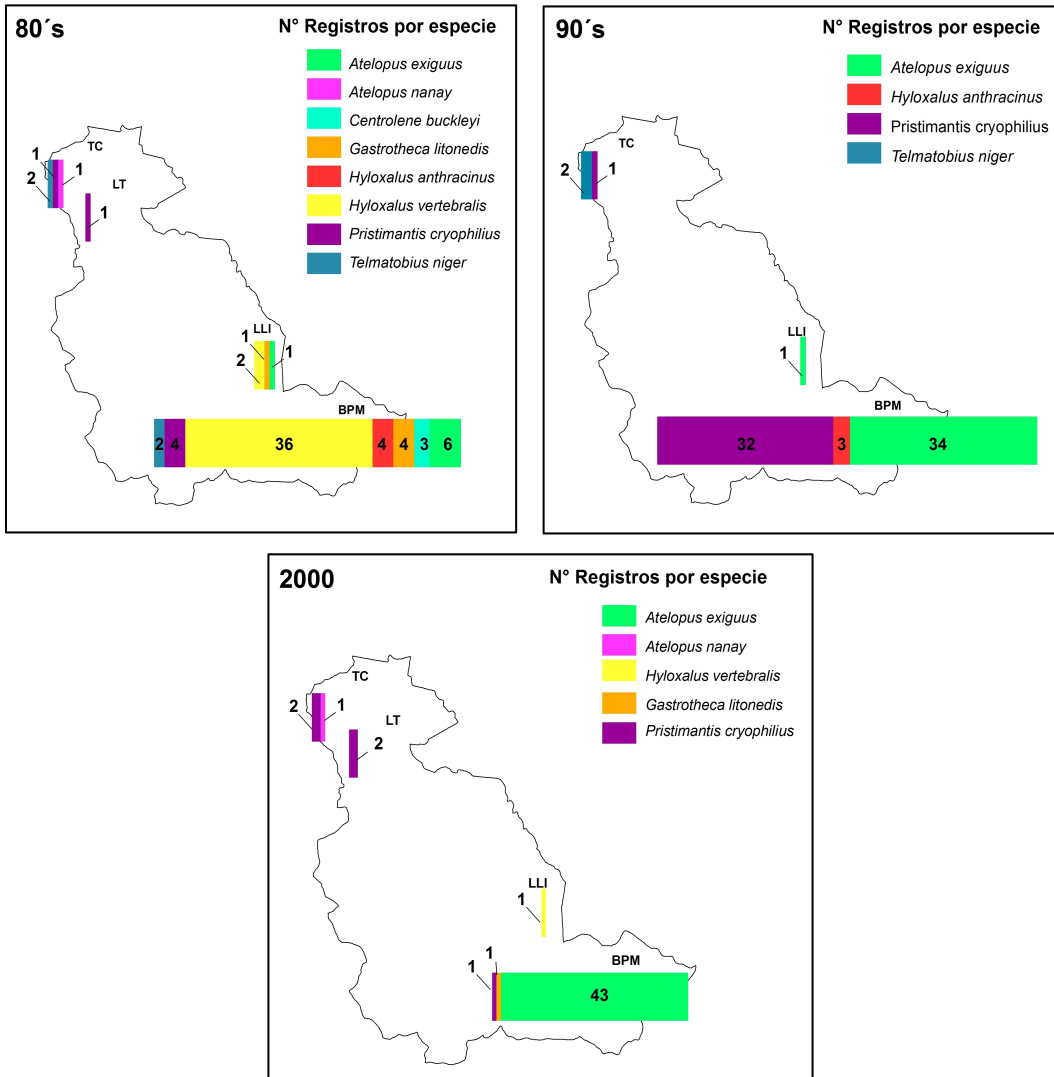
Tabla 3. Frecuencias relativas de los registros de distribución de las especies de interés en las localidades Tres Cruces (TC), Laguna Toreadora (LT), Laguna Llaviuco (LII) y Bosque Protector Mazán (BPM) en las décadas de los 80's, 90's y 2000.

Especie	Frecuencias relativas													
	Frecuencias relativas 80's					90's				Frecuencias relativas 2000				
	TC	LT	LII	BPM	Total	TC	LII	BPM	Total	TC	LT	LII	BPM	Total
<i>A. exiguus</i>	0	0	1	6	7	0	1	34	35	0	0	0	43	43
<i>A. nanay</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>C. buckleyi</i>	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>G. litonedis</i>	0	0	1	4	5	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>H. anthracinus</i>	0	0	0	4	4	0	0	3	3	0	0	0	0	0
<i>H. vertebralis</i>	0	0	2	36	38	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>P. cryophilus</i>	1	1	0	4	6	1	0	32	33	2	2	0	1	5
<i>T. niger</i>	1	0	0	2	3	2	0	0	2	0	0	0	0	0
Total	3	1	4	59	67	3	1	69	73	3	2	1	45	51

Fuentes: Almendáriz & Orcés, 2004; Arbeláez & Vega, 2008; Centro de Conservación del Anfibios del Parque Nacional Cajas, ETAPA; Duellman, 1994; Maldonado, 2010; Museo de Zoología, PUCE; Read, 1988; Toral & Frenkel, 2007; Toral & Morales, 1995.

De un análisis comparativo de la diversidad alfa entre las décadas de los 80's, 90's y el 2000 para cada localidad se obtuvieron los resultados que se detallan en la Tabla 3. Se observó que en el Bosque Protector Mazán presentó mayor pérdida de diversidad alfa en comparación con el resto de localidades.

Figura 7. Número de registros de distribución por especie en las localidades Tres Cruces (TC), Laguna Toreadora (LT), Laguna Llaviuco (LLI) y Bosque Protector Mazán (BPM) para las décadas de los 80's, 90's y 2000.



Al analizar la naturaleza y la severidad de los cambios en el área de estudio. Se observó que para los 80's el 89.55% del total de áreas de distribución probable fueron afectadas *moderada*, *severa* y *críticamente* por quema y el 10.45% restantes fueron afectadas *levemente* por eutrofización (Figura 8 y Tabla 4); mientras que para el 2000 el 58.82% fueron afectadas *leve*, *moderada* y *severamente* por plantaciones de especies no nativas, el 29.41% fueron afectadas *leve* y *moderadamente* por quema, el 11.76% restantes fueron afectadas de *leve* y *moderadamente* por eutrofización y la construcción de la carretera (Figura 9 y Tabla 4).

Tabla 4. Porcentaje de las áreas de distribución probable afectadas según su grado de severidad ante el cambio para los periodos 80's y 2000.

Periodos	Cambios	Leve	Moderado	Severo	Crítico	Totales
80's	Quema		19.40	10.45	59.70	89.55
	Eutrofización	10.45				10.45
2000	Plantación	5.88	19.61	33.33		58.82
	Quema	1.96	27.45			29.41
	Eutrofización	3.92	5.88			9.8
	Carretera	1.96				1.96

Figura 8. Severidad y naturaleza del cambio para el periodo de los 80's

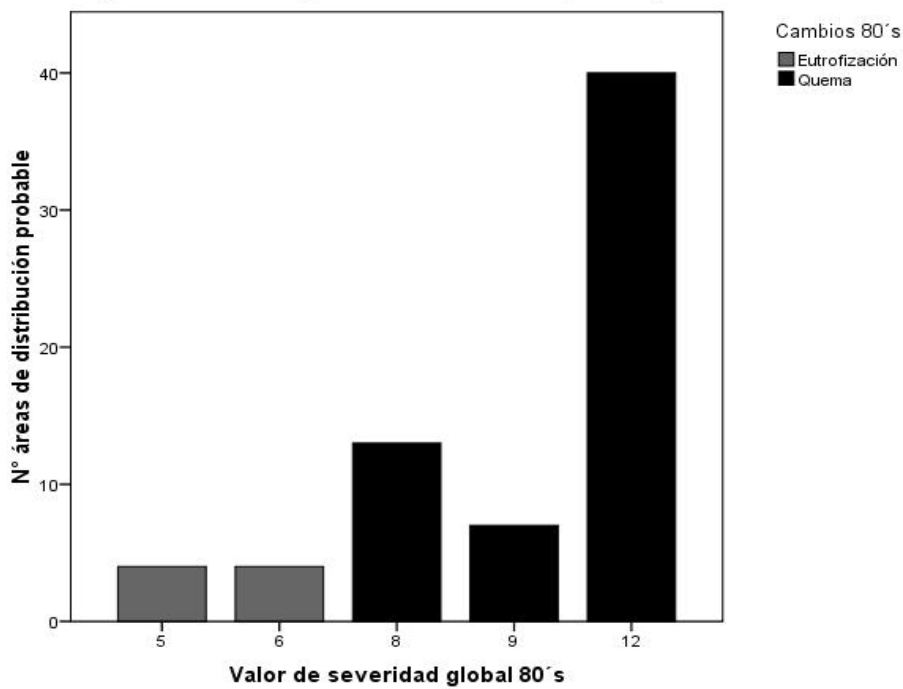
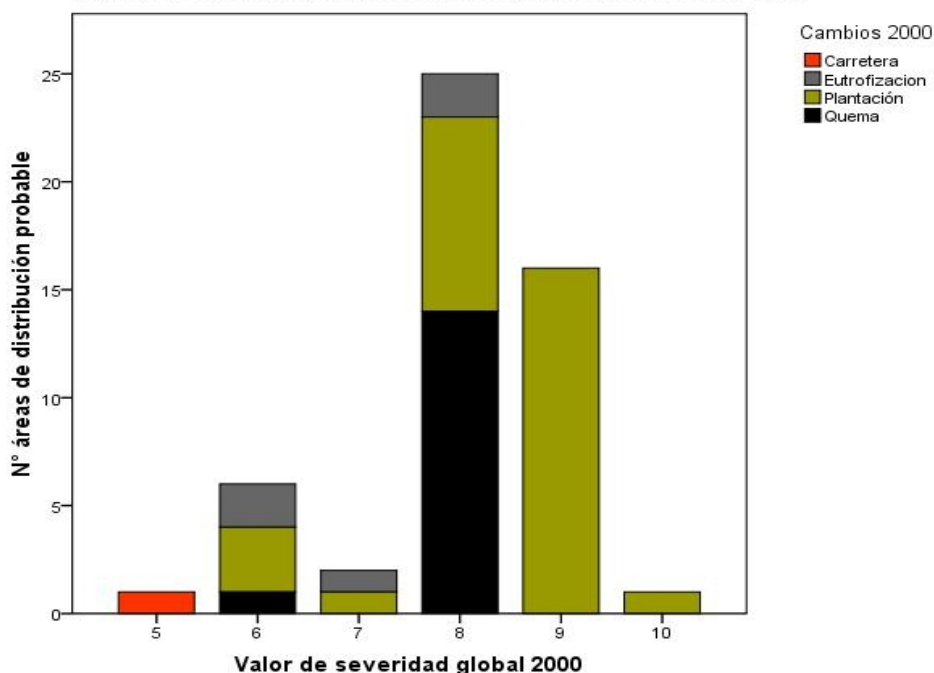


Figura 9. Severidad y naturaleza del cambio para el periodo 2000



Al comparar la severidad del cambio por tipo de cambio o naturaleza en cada localidad se obtuvieron los resultados que se detallan en la Tabla 5 y Figuras 10 y 11. Se observó que para los 80's y el 2000 en la localidad Bosque Protector Mazán se concentran el 88.06% y 58.82% del total de áreas de distribución probable afectadas por quema y plantaciones de especies no nativas respectivamente y que dichas áreas presenta valores de severidad frente al cambio *críticos* en los 80's y de *moderados a críticos* en el 2000.

Tabla 5. Porcentajes de las áreas de distribución probable afectadas según su grado severidad ante el cambio en las localidades Tres Cruces (TC), Laguna Toreadora (LT), Laguna Llaviuco (LII) y Bosque Protector Mazán (BPM) para los periodos 80's y 2000.

Periodos	Localidades	Cambios	Leve	Moderado	Severo	Crítico
80's	TC	Eutrofización	2.99			
		Quema		1.49		
	LT	Eutrofización	1.49			
	LII	Eutrofización	5.97			
2000	BPM	Quema				88.06
		Plantación	5.88	19.61	33.33	
	TC	Eutrofización	3.92	1.96		
		LT	Eutrofización		3.92	
LII	Carretera	1.96				
	Quema	1.96	27.45			

Figura 10. Severidad y naturaleza del cambio por localidad para el periodo de los 80's

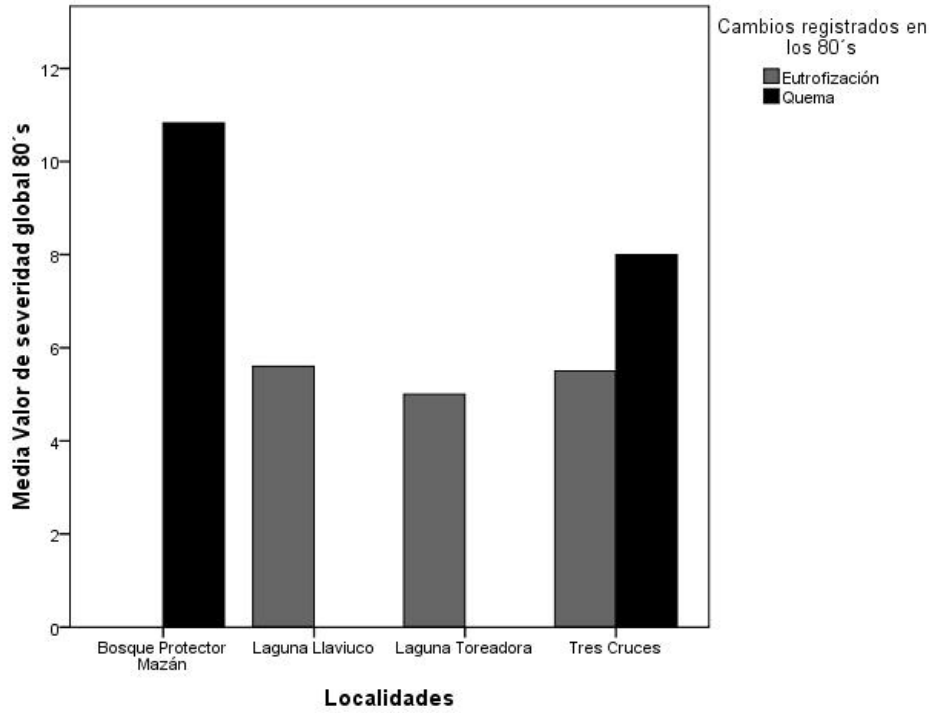
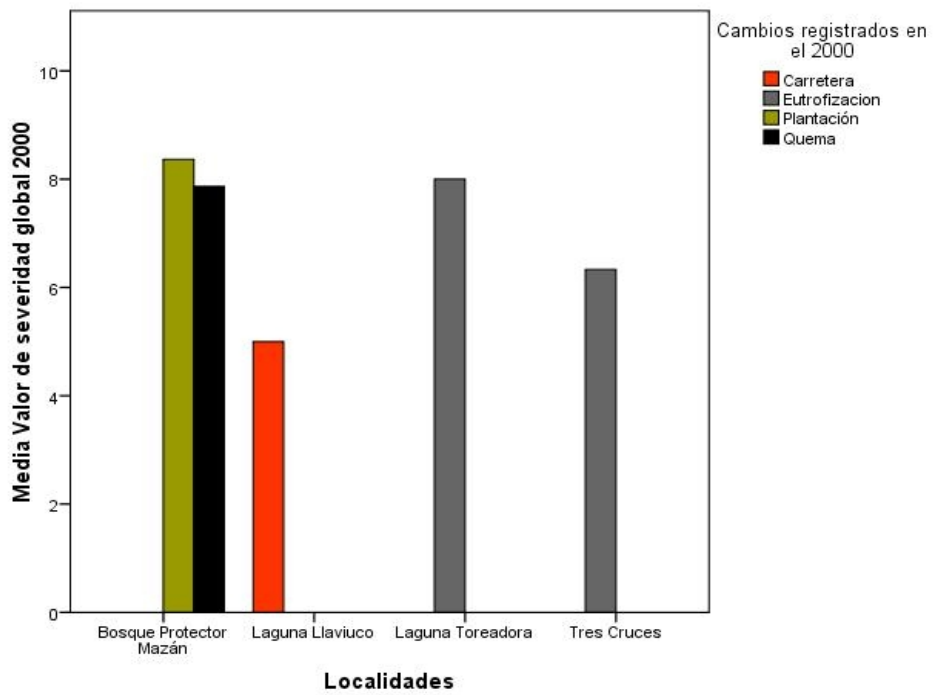


Figura 11. Severidad y naturaleza del cambio por localidad para el periodo 2000



Al comparar la severidad del cambio por especie en cada localidad se obtuvieron los resultados que se detallan en la Tabla 6 y Figuras 12 y 13. Se observó que para los 80´s solamente en el Bosque Protector Mazán se reportan 3 especies, *Centrolene buckleyi*, *Hyloxalus vertebralis* e *Hyloxalus anthracinus*, afectadas de manera *severa* y *crítica* en comparación con el resto de localidades que reportan afectaciones leves. Para los 2000 de igual manera solamente en el Bosque Protector Mazán se reporta una especie, *Atelopus exiguus*, afectada de manera *severa* en comparación con el resto de localidades que reportan afectaciones leves y *moderadas*.

Tabla 6. Grado de severidad ante el cambio de las especies en las localidades Tres Cruces (TC), Laguna Toreadora (LT), Laguna Llaviuco (LII) y Bosque Protector Mazán (BPM) para los periodos de los 80´s y 2000.

Periodos	Localidades	Especies	Leve	Moderado	Severo	Crítico	
80´s	TC	<i>A. nanay</i>	x				
		<i>P. cryophilus</i>	x				
		<i>T. niger</i>		x			
	LT	<i>P. cryophilus</i>	x				
	LII	<i>A. exiguus</i>	x				
		<i>G. litonedis</i>	x				
		<i>H. vertebralis</i>	x				
	BPM	<i>A. exiguus</i>			x		
		<i>C. buckleyi</i>				x	
		<i>G. litonedis</i>			x		
		<i>H. anthracinus</i>					x
		<i>H. vertebralis</i>					x
		<i>P. cryophilus</i>				x	
<i>T. niger</i>				x			
2000	TC	<i>A. nanay</i>	x				
		<i>P. cryophilus</i>		x			
	LT	<i>P. cryophilus</i>		x			
	LII	<i>H. vertebralis</i>	x				
	BPM	<i>A. exiguus</i>				x	
		<i>G. litonedis</i>			x		
		<i>P. cryophilus</i>			x		

Fuentes: Almendáriz & Orcés, 2004; Arbeláez & Vega, 2008; Centro de Conservación del Anfibios del Parque Nacional Cajas, ETAPA; Duellman, 1994; Maldonado, 2010; Museo de Zoología, PUCE; Read, 1988; Toral & Frenkel, 2007; Toral & Morales, 1995.

Figura 12. Severidad del cambio en el hábitat por especie y localidad para el periodo de los 80's

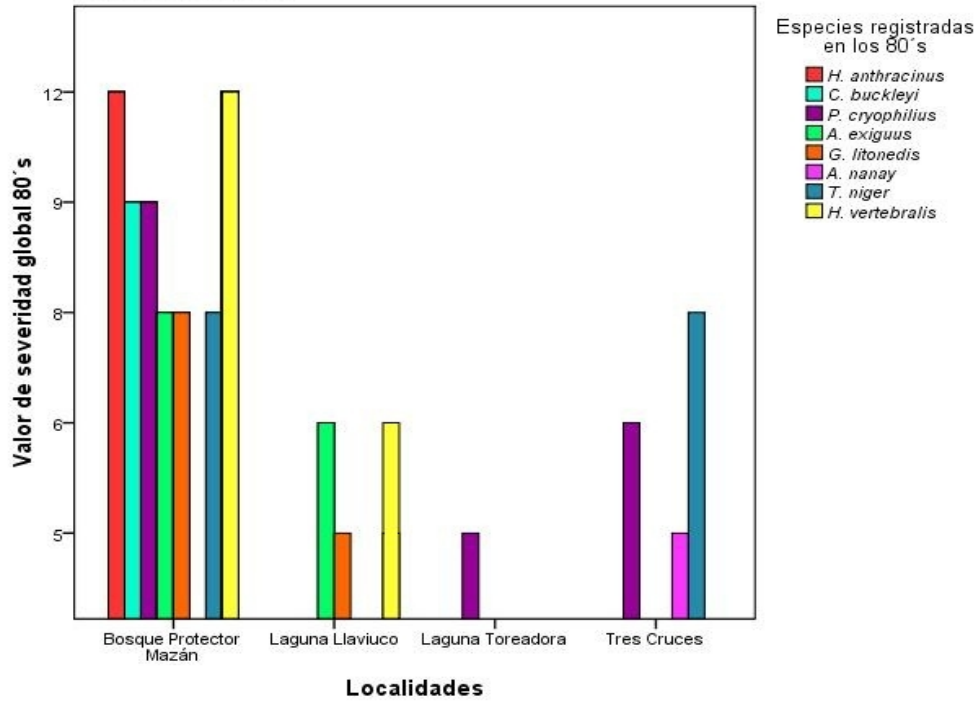
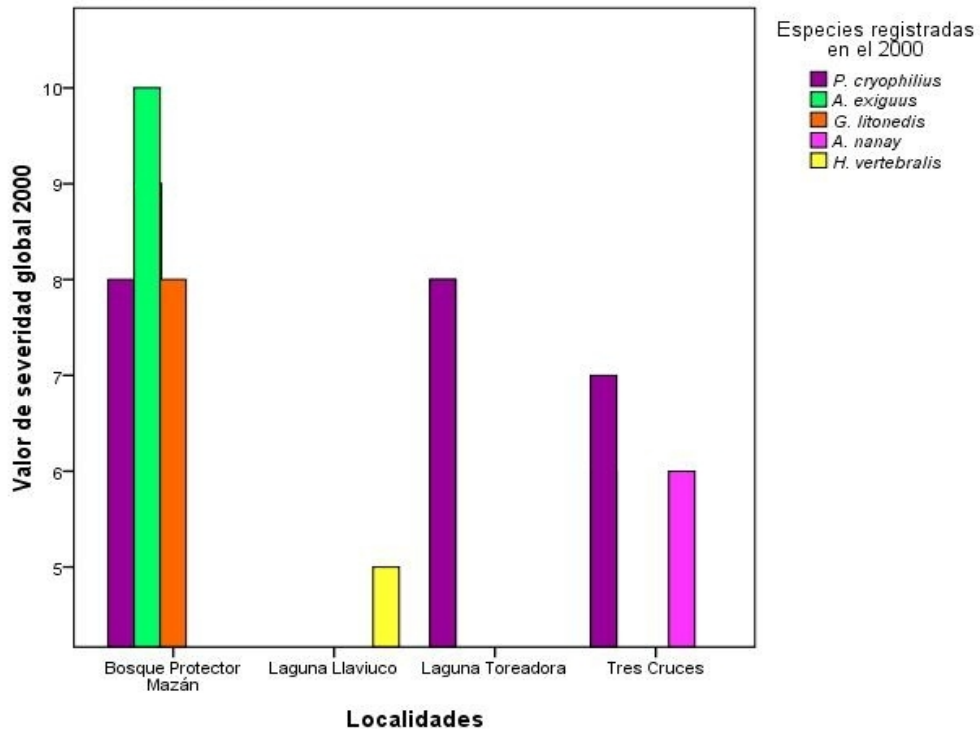


Figura 13. Severidad del cambio en el hábitat por especie y localidad para el periodo del 2000.



Finalmente, se observó una correlación positiva entre la pérdida de diversidad alfa entre los 80's y el 2000 en cada una de las localidades y la severidad global del cambio en el hábitat ante las especies reportada para la década de los 80's en cada una de las localidades; con un $r=0.800$ y con una significancia de 0.200. Cuando $0 < r < 1$, existe una correlación positiva, es decir, a medida que la severidad del cambio en el hábitat aumenta en las localidades, la pérdida de diversidad alfa también aumenta.

6.2 Los anfibios como indicadores de cambio en los recursos naturales de alta montaña

El mapa coroplético de probabilidad de ocurrencia de cambios en el paisaje (Anexo 6) reveló que las localidades Bosque Protector Mazán y Laguna Llaviuco tienen mayor probabilidad de ocurrencia de cambios en el paisaje que el resto de localidades. Adicionalmente, se observó que en las localidades Bosque Protector Mazán y Laguna Llaviuco, donde se reportan el mayor número de especies que desaparecieron o declinaron poblacionalmente, ocurrieron el mayor número de cambios en el paisaje en 1961 y en el 2009, y en términos de superficie dichos cambios son más extensos que los cambios ocurridos en el resto de localidades (Anexo 7). Por tanto, se demuestra que el análisis de las frecuencias de registros de distribución de especies de anfibios en el tiempo posee un buen potencial para la predicción de cambios en el paisaje.

La información bibliográfica revisada dejó saber que las especies que declinaron o desaparecieron como *Atelopus exiguus*, *Centrolene buckleyi*, *Gastrotheca litonedis*, *Hyloxalus anthracinus*, *Hyloxalus vertebralis* y *Telmatobius niger* presentan un alto grado de dependencia a cuerpos de agua para su reproducción y desarrollo (Coloma et al. 2000, Guayasamin et al. 2006, Coloma, 1995, Trueb, 1979). *Pristimantis cryophilus* se desarrolla directamente¹⁰, por lo tanto su grado de dependencia a cuerpos es menor, sin embargo su grado de dependencia al bosque es mayor por que oculta sus huevos de los predadores en la hojarasca del sotobosque (Lynch, 1979). En ese sentido, *Pristimantis cryophilus* podría ser una excelente indicador del estado de conservación de los bosques mientras que *Atelopus exiguus*, *Centrolene buckleyi*, *Gastrotheca litonedis*, *Hyloxalus anthracinus*, *Hyloxalus vertebralis* y *Telmatobius niger* podrían ser excelentes indicadores del estado de conservación del recurso agua.

¹⁰ Desarrollo directo es cuando los individuos completan su desarrollo y/o metamorfosis dentro del huevo.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Declinaciones de anfibios y cambio en el hábitat

Los resultados de éste estudio mostraron que en la década de los 80's la quema fue el cambio que afectó a casi el 90% de las áreas de distribución probable; y que en el 2000 las plantaciones de especies no nativas afectaron a casi el 60% de las áreas.

En la localidad Bosque Protector Mazán ocurrieron los mayores cambios en términos de la abundancia relativa de las especies, y pérdida de diversidad alfa entre la década de los 80's y 2000, en comparación con el resto de localidades. Además aquí no se registraron *Centrolene buckleyi*, *Hyloxalus anthracinus* e *Hyloxalus vertebralis* para la década del 2000 y éstas mismas especies presentaron valores de severidad ante el cambio severos y críticos. Así también, en el Bosque Protector Mazán se concentra el 88.05% del total de áreas de distribución probable afectadas por quema en los 80's y el 58.82% de áreas afectadas por plantaciones de especies no nativas en el 2000.

Por lo tanto, se concluye que existe una relación positiva entre las desapariciones y declinaciones de anfibios y el grado de afectación de especies frente a los cambios ocurridos en el paisaje en el Bosque Protector Mazán. Así también, del análisis de correlación entre las variables: pérdida de diversidad alfa y el grado de afectación de las especies ante el cambio, se concluye que existe una correlación positiva aunque no significativa para el área de estudio.

Así este estudio corrobora lo observado por otros estudios, que el cambio en el hábitat es una de las causas más importantes de las extinciones de anfibios y sus declinaciones poblacionales (Collins & Storfer, 2003; Cushman, 2006; Gardner, 2007); y que el cambio en el hábitat es provocado principalmente por actividades antrópicas (Pimm & Raven, 2000). Así también se corrobora que actividades antrópicas como la quema (Gresswell, 1999; Pilliod *et al.* 2003; Russell *et al.* 1999), el establecimiento de plantaciones de especies no nativas como el pino y eucalipto (Hofstede *et al.* 1998, Hofstede *et al.* 2002), la construcción de carreteras (Herrmann *et al.* 2005, Vos & Chardon, 1998) y otra no en todos los casos producida por el ser humano como la eutrofización de cuerpos de agua (Belden, 2006; Johnson *et al.* 2007) afectan a los anfibios destruyendo, degradando y fragmentando sus hábitats.

Si bien es cierto que esta relación se ha comprobado localmente, el cambio en el hábitat no es la única causa de las declinaciones de anfibios en el área de estudio. Se ha visto que en el Parque Nacional Cajas y Bosque Protector Mazán la introducción de la trucha y las enfermedades (i.e. saprolegniasis, quitridiomycosis), son importantes amenazas para la conservación de los anfibios. Sin embargo, en base a los hallazgos de éste estudio sobre los cambios en el hábitat detectados como críticos para las especies, se sugiere que se tomen medidas para mitigar la quema intencional del páramo y para extraer las especies no nativas como el pino y el eucalipto del área de estudio.

Finalmente como principal medida de mitigación se recomienda educar a las poblaciones aledañas sobre los efectos del fuego y las plantaciones de especies no nativas sobre la biodiversidad y fundamentalmente sobre la disponibilidad del recurso agua y la salud ambiental.

7.2 Los anfibios como indicadores de cambio en los recursos naturales de alta montaña

Los resultados del presente estudio demuestran que el análisis de los cambios de frecuencias y/o abundancias relativas de registros de distribución de especies de anfibios en el tiempo es un método con alto potencial para la predicción de cambios en el paisaje.

Sabiendo que el deterioro de los recursos naturales en los altos Andes se acelera a tasas vertiginosas, este método podría ahorrar tiempo en la detección de cambios en los recursos, debido a que los anfibios presentan una notable susceptibilidad a cambios en sus hábitats que son imperceptibles para el ser humano. Además el método podría ahorrar dinero en el monitoreo y conservación de recursos naturales de alta montaña ya que permite el diagnóstico de áreas prioritarias de investigación, reduciendo de ésta manera los costos de investigar grandes superficies de terreno.

Además los resultados de éste estudio mostraron que las especies que desaparecieron fueron aquellas con diferencias en sus características ecológicas (i.e. modo de desarrollo) por lo que permitieron la detección de cambios específicos en el paisaje. En el caso de *Pristimantis cryophilus*, debido a su modo de desarrollo directo y su preferencia a hábitats boscosos resultó ser un excelente indicador de cambios en dichos hábitats. Justamente en el Bosque Protector Mazán ésta especie declinó severamente y como se muestra en analisis anteriores ésta localidad sufrió una dinámica

de cambio en la cobertura vegetal compleja, lo que corrobora el potencial de los anfibios como indicadores de cambio en el paisaje.

Por otro lado, es pertinente anotar la deficiencia de información publicada con respecto a requerimientos de hábitat, reproducción, vagilidad; que limita la evaluación de las especies como indicadoras biológicas de cambio. En este contexto, se recomienda priorizar la investigación sobre la ecología de las especies.

8. REFERENCIAS

- Almendáriz, A. & Orcés, G. 2004. Distribución de algunas especies de la herpetofauna de los pisos Altoandino, Templado y Subtropical. *Revista Politécnica* **25**:97–149.
- Altig, R. & Johnston, G.F. 1989. Guilds of anuran larvae relationships among developmental modes, morphologies, and hábitats. *Herpetological Monographs* **3**:81–109.
- Altig, R., Whiles, M.R., Taylor, C.L. 2007. What do tadpoles really eat? Assessing the trophic status of an understudied and imperiled group of consumers in freshwater hábitats. *Freshwater Biology* **52**:386–395.
- Aragundi, S. 2010. Mapa de vegetación del Parque Nacional Cajas y Bosque Protector Mazán. Proyecto Reservas de Agua del Ecuador: Contribución al Desarrollo y Vulnerabilidad al Cambio Climático. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. No publicado.
- Arbeláez E. & Vega A. 2008. Guía de Anfibios, Reptiles y Peces del Parque Nacional Cajas. Corporación Municipal Parque Nacional Cajas, ETAPA, Cuenca, Ecuador.
- Barinaga, M. 1990. Where have all the froggies gone? *Science* **247**:1033–1034.
- Beiswenger, R. E. 1988. Integrating anuran amphibian species into environmental assessment programs. In *Proceedings of the symposium on management of amphibians, reptiles, and small mammals in North America*. United States Department of Agriculture, Forest Service, Flagstaff, Arizona. pp. 159–165.
- Belden, L. 2006. Impact of eutrophication on wood frog, *Rana sylvatica*, tadpoles infected with *Echinostoma trivolvis* cercariae. *Canadian Journal of Zoology* **84**:1315–1321.
- Blaustein, A.R. 1994. Chicken Little or Nero's fiddle? A perspective on declining amphibian populations. *Herpetologica* **50**:85–97.
- Blaustein, A.R. & Kiesecker, J.M. 2002. Complexity in conservation: lessons from the global decline of amphibian populations. *Ecology Letters* **5**:597–608.
- Bustamante, M., Ron, S., Coloma, L.A. 2005. Cambios en la Diversidad en Siete Comunidades de Anuros en los Andes de Ecuador. *Biotropica* **37**: 180–189.
- Buytaert, W. 2004. The properties of the soils of the south Ecuadorian páramo and the impact of land use changes on their hydrology. Ph.D. thesis. Katholieke Universiteit Leuven.
- Carr, L.W. & Fahrig, L. 2001. Effect of road traffic on two amphibian species of differing vagility. *Conservation Biology* **15**:1071–1078.
- Coloma, L. A. 1995. Ecuadorian frogs of genus *Colotethus* (Anura: Dendrobatidae). University of Kansas Natural History Museum Miscellaneous Publications **87**: 1–72.
- Coloma, L. A., Lotters, S. & Salas, A. W. 2000. Taxonomy of the *Atelopus ignescens* complex (Anura: Bufonidae): Designation of the neotype of *Atelopus ignescens* and recognition of *Atelopus exiguus*. *Herpetologica* **56**: 303–324.

Coloma, L. A. 2002. Two species of *Atelopus* (Anura: Bufonidae) from Ecuador. *Herpetologica* **58**: 229–252.

Coloma, L. A., Guayasamin, J. M. & Ron, S. R. (ed). 2009. Anfibios de Ecuador. [en línea]. Ver. 3.0 (1 septiembre 2009). Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. <<http://zoologia.puce.edu.ec/anfibios/AnfibiosEcuador.aspx>> [Consulta: 31.01.2011].

Coltorti, M. & Ollier, C.D. 2000. Geomorphic and tectonic evolution of the Ecuadorian Andes. *Geomorphology* **32**:1–19.

Dale, V. & Beyeler, S. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators* **1**:3–10.

Duellman, W. E. Field Catalogues 1959–1994. No publicado.

Duellman, W. E. & Hillis, D. M. 1987. Marsupial frogs (Anura: Hylidae: Gastrotheca) of the Ecuadorian Andes: resolution of taxonomic problems and phylogenetic relationships. *Herpetologica* **43**:141–173.

Duellman, W. E. & Wild, E. R. 1993. Anuran Amphibians from the Cordillera de Huancabamba, Northern Peru: systematics, ecology, and biogeography. Occasional Papers of the Museum of Natural History The University of Kansas **157**:1–53.

ESRI Inc., 2008. ArcGIS 9.3. Redlands, CA.

ETAPA, 2008. Ficha de Informativa de los Humedades de Ramsar del Parque Nacional Cajas.

Ficetola, G., Padoa, E., De Bernardi, F. 2009. Influence of Landscape Elements in Riparian Buffers on the Conservation of Semiaquatic Amphibians. *Conservation Biology* **23**:114–123.

Fonseca, F.T., Egenhofer, M.J., Agouris, P. Camara, G. 2002. Using Ontologies for Integrated Geographic Information Systems. *Transactions in GIS* **6**:231–257.

Forman, R. 1995. Land mosaics: The ecology of landscapes and regions. Cambridge, UK. Cambridge Univ. Press.

Frost, D.R. 2011. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 5.4 (8 April, 2010). American Museum of Natural History, New York, USA. <<http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/>> [Consulta: 31.01.2011].

Gardner, T.A., Barlow J., Peres C.A. 2007. Paradox, presumption and pitfalls in conservation biology: the importance of hábitat change for amphibians and reptiles. *Biological Conservation* **138**:166–179.

Gresswell, R. 1999. Fire and Aquatic Ecosystems in Forested Biomes of North America. *Transactions of the American Fisheries Society* **128**:193–221.

Groom, M.J., Meffe, G.K., Carroll, C.R. 2006. Principles of Conservation Biology. Third edition. Massachusetts, USA. Sinauer Associates, Inc. Publishers.

Goodchild, M. 1992. Geographical Information Science. *Internacional Journal of Geographical Information Systems* **6**:31–46.

Guayasamin, J. M., Almeida-Reinoso, D. P., Bustamante, M. R. y Funk, C. W. 2006. Glass frogs (Centrolenidae) of Yanayacu Biological Station, Ecuador, with the description of a new species and comments on centrolenid systematics. *Zoological Journal of the Linnean Society* **147**:489–513.

Guzmán, P., 2005. Análisis de la dinámica lluvia escorrentía en microcuencas de páramo. PROMAS, Universidad de Cuenca. Tesis de M.S.c.

Herrmann, H., Babbitt, K., Baber, M., Congalton, R. 2005. Effects of landscape characteristics on amphibian distribution in a forest-dominated landscape. *Biological Conservation* **123**:139–149.

Hofstede, R., Lips, J., Jongsma, W., Sevink, J. 1998. Geografía, Ecología y Forestación de la Sierra Alta del Ecuador. Revisión de Literatura. Editorial Abya Yala. 242p.

Hofstede, R. Groenendijk, J., Coppus, R., Fehse, J., Sevink, J. 2002. Impact of Pine Plantations on Soils and Vegetation in the Ecuadorian High Andes. *Mountain Research and Development* **22**:159–167.

IBM Inc. 2008. SPSS Statistics 17.0. Chicago.

IUCN, SPECIES SURVIVAL COMMISSION, CONSERVATION INTERNATIONAL CENTER FOR APPLIED BIODIVERSITY SCIENCE AND NATURESERVE. 2004. *IUCN Global Amphibian Assessment*. < www.globalamphibians.org/ > [Consulta: 11.01.2011].

Jacques, B., Manning, S. & Lines, C. 1987. hábitat survey and mapping in the Rio Mazan montane rainforest reserve. Rio Mazán Project 1987 Technical Report. Ecuador.

Johnson, P., Chase, J., Dosch, K., Hartson, R., Gross, J., Larson, D., Shuterland, D., Carpenter, S. 2007. Aquatic eutrophication promotes pathogenic infection in amphibians. *PNAS* **104**:15781–15786.

Kolozsvary, M.B. & Swihart, R.K. 1999. Habitat fragmentation and the distribution of amphibians: patch and landscape correlates in farmland. *Canadian Journal of Zoology* **77**: 1288–1299.

Kerr, J & Ostrovsky, M. 2003. From space to species: ecological applications for remote sensing. *TRENDS in Ecology and Evolution* **18**:299–305.

Lo, C & Shipman, R. 1990. A GIS Approach to Land-Use Change Dynamics Detection. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* **56**:1483–1491.

LP DAAC, 2010. ASTER DEM data product. U.S. Geological Survey (USGS), Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. URL:<https://wist.echo.nasa.gov/wist-bin/api/ims.cgi?mode=MAINSRCH&JS=1> (accedido Junio 10, 2010).

Lynch, J.D. 1979. Leptodactylid Frogs of the Genus *Eleutherodaetylus* from the Andes of Southern Ecuador. *University of Kansas Museum of Natural History Miscellaneous Publication* **66**: 1–62.

Lynch, J.D. & Duellman, W.E. 1997. Frogs of the Genus *Eleutherodactylus* (*Leptodactylidae*) in Western Ecuador: Systematics, Ecology, and Biogeography. *University of Kansas Natural History Museum, Special Publication 23*: 1–236.

Mann, W., Dorn, P., Brandl, R. 1991. Local Distribution of Amphibians: The Importance of hábitat Fragmentation. *Global Ecology and Biogeography Letters 1*:36–41.

Marsh, D., Pearman, P. 1997. Effects of hábitat Fragmentation on the Abundance of Two Species of Leptodactylid Frogs in an Andean Montane Forest. *Conservation Biology 11*:1323–1328.

McLean, D. 1988a. Soil Survey of the Mazan Cloudforest Reserve. Rio Mazán Project 1987 Technical Report. Ecuador.

McLean, D. 1988b. Geological survey of the Rio Mazan montane rainforest reserve. Rio Mazán Project 1987 Technical Report. Ecuador.

Mendelson III, J. R., K. R. Lips, R. W. Gagliardo, G. B. Rabb, J. P. Collins, J. E. Diffendorfer, P. Daszak, R. Ibáñez D., K. C. Zippel, D. P. Lawson, K. M. Wright, S. N. Stuart, C. Gascon, H. R. da Silva, P. A. Burrowes, R. L. Joglar, E. La Marca, S. Lötters, L. H. du Preez, C. Weldon, A. Hyatt, J. V. Rodriguez-Mahecha, S. Hunt, H. Robertson, B. Lock, C. J. Raxworthy, D. R. Frost, R. C. Lacy, R. A. Alford, J. A. Campbell, G. Parra-Olea, F. Bolaños, J. J. Calvo Domingo, T. Halliday, J. B. Murphy, M. H. Wake, L. A. Coloma, S. L. Kuzmin, M. Stanley Price, K. M. Howell, M. Lau, R. Pethiyagoda, M. Boone, M. J. Lanoo, A. R. Blaustein, A. Dobson, R. A. Griffiths, M. L. Crump, D. B. Wake, & E. D. Brodie Jr. 2006. Confronting amphibian declines and extinctions. *Science 313*:48.

Menéndez-Guerrero, P. A. 2008. Iniciativa Balsa de los Sapos: Identificación de prioridades para la Conservación de Anfibios Ecuatorianos mediante el Uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Informe final presentado a Conservación Internacional-Ecuador. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito No publicado.

Merino-Viteri, A., Coloma, L., Almendáriz, A. 2005. Los *Telmatobius* de los Andes de Ecuador y su disminución poblacional. *Monografías de Herpetología 7*:9–37.

Meyer, W. & Turner, B. 1992. Human Population Growth and Global Land-Use/Cover Change. *Annual Review of Ecology and Systematics 23*:39–61.

Morgan, J.L., Gergel, S.E., Coops, N.C. 2010. Aerial Photography: A Rapidly Evolving Tool for Ecological Management. *BioScience 60*:47–59.

Niemi, G. & McDonald, M. 2004. Application of Ecological Indicators. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics 35*:89–111.

Peláez, V. & Tipantuña, O. 2010. Protocolo Herpetología: base de datos Qcaz. QCAZ, PUCE. No publicado.

Pilliod, D., Bury, R., Hyde, E., Pearl, C., Corn, C. 2003. Fire and amphibians in North America. *Forest Ecology and Management 178*:163–181.

Pimm, S. & Raven, P. 2000. Biodiversity: Extinction by numbers. *Nature. 403*:843–845.

- Qian, H., Wang, X., Wang, S. & Li, Y. 2007. Environmental determinants of amphibian and reptile species richness in China. *Ecography* **30**: 471– 482.
- Ranvestel, A.W., Lips, K.R., Pringle, C.M., Whiles, M.R., Bixby, R.J. 2004. Neotropical tadpoles influence stream benthos: evidence for ecological consequences of decline in amphibian populations. *Freshwater Biology* **49**:274–285.
- Read, M. 1988. Reptiles and Amphibians. Studies of the reptiles and amphibians of the Río Mazán montane rainforest reserve, Ecuador. Río Mazán Project Report. Cuenca, Ecuador.
- Rivera, J. 2007. Parque Nacional Cajas. Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador. ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM. Quito Ecuador. Pag. 177-184
- Ron, S. & Merino, A. 2000. Declinación de anfibios del Ecuador: información general y primer reporte de chytridiomycosis para Sudamérica. *Froglog* **42**:2–3.
- Ron, S., Duellman, W., Coloma, L., Bustamante, M. 2003. Population Decline of the Jambato Toad *Atelopus ignescens* (Anura: Bufonidae) in the Andes of Ecuador. *Journal of Herpetology* **37**:116–126.
- Ron, S. R., J. M. Guayasamin, L. A. Coloma, y P. Menéndez-Guerrero. 2008. Lista Roja de los Anfibios de Ecuador. [en línea]. Ver. 1.0 (2 de mayo 2008). Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. <<http://www.puce.edu.ec/zoologia/sron/roja/>> [Consulta: 11.01.2011].
- Roughgarden, J., Running, S.W., Matson, P.A. 1991. What Does Remote Sensing Do For Ecology?. *Ecology* **72**:1918–1922.
- Ruiz-Carranza, P. M. y Lynch, J. D. 1991. Ranas Centrolenidae de Colombia I. Propuesta de nueva clasificación genérica. *Lozania* **57**:1–30.
- Russell, K., Van Lear, D., Gynn Jr., D. 1999. Prescribed fire effects on herpetofauna: review and management implications. *Wildlife Society Bulletin* **27**:374–384.
- Sarmiento, F. 2001. Diccionario de ecología: paisajes, conservación y desarrollo sustentable para Latinoamérica. [en línea]. CLACS-UGA, CEPEIGE, AMA. Quito, Ecuador. <<http://www.ensayistas.org/critica/ecologia/diccionario/>> [Consulta: 11.01.2011].
- Stebbins, R., Cohen, N. 1995. A Natural History of Amphibians. Princeton University Press. United States.
- Stuart, S., Hoffmann, M., Chanson, J., Cox, N., Berridge, R., Ramani, P., Young, B. 2008. Threatened amphibians of the world. Lynx Edicions, Barcelona; IUCN, Gland; Conservation International, Arlington, VA.
- Toral, E., Feinsinger, P., Crump, M. 2002. Frogs and a Cloud-Forest Edge in Ecuador. *Conservation Biology* **16**:735–744.
- Toral, E. & Frenkel, C. 2007. Estado poblacional de *Atelopus exiguus* en el Bosque Protector Mazán. Informe Final. Cuenca, Ecuador. No publicado.
- Toral, E. & Morales, M. 1995. Informe Técnico del Estudio sobre Herpetofauna en el Bosque Protector Mazán. Cuenca, Ecuador. No publicado.

Trueb, L. 1979. Leptodactylid frogs of the genus *Telmatobius* in Ecuador with the description of a new species. *Copeia* **1979**:714–733.

Turner, W., Spector, S., Gardiner, N., Fladeland, M., Sterling, E., Steininger, M. 2003. Remote sensing for biodiversity science and conservation. *TRENDS in Ecology and Evolution* **18**:306–314.

IUCN Standards and Petitions Subcommittee. 2010. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 8.1. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee in March 2010.

Tyler, M. 1994. Climatic change and its implications for amphibian fauna. *Transactions of the Royal Society of South Australia* **118**:53–57.

Vial, J. & Saylor, L. 1993. The Status of amphibian populations. Working document No 1. Declining Amphibian Populations Task Force. World Conservation Union.

Vos, C. & Chardon, J. 1998. Effects of Habitat Fragmentation and Road Density on the Distribution Pattern of the Moor Frog *Rana arvalis*. *Journal of Applied Ecology* **35**:44–56.

Wake, D.B. 1991. Declining amphibian populations. *Science* **253**:860.

Welsh, H. & Ollivier, L. 1998. Stream amphibians as indicators of ecosystem stress: a case of study from California's Redwoods. *Ecological Applications* **4**:1118–1132.

Whiles, M.R., Lips, K.R., Pringle, C.M., Kilham, S.S., Bixby, R.J., Brenes, R., Connelly, S., Colon-Gaud, J.C., Hunte-Brown, M., Huryn, A.D., Montgomery, C., Peterson, S. 2006. The effects of amphibia population declines on the structure and function of Neotropical stream ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* **4**:27–34.

Entrevistas

Coloma, Luis. 2011.

Guayasamin, Juan. 2011.

Tapia, Italo. 2011.

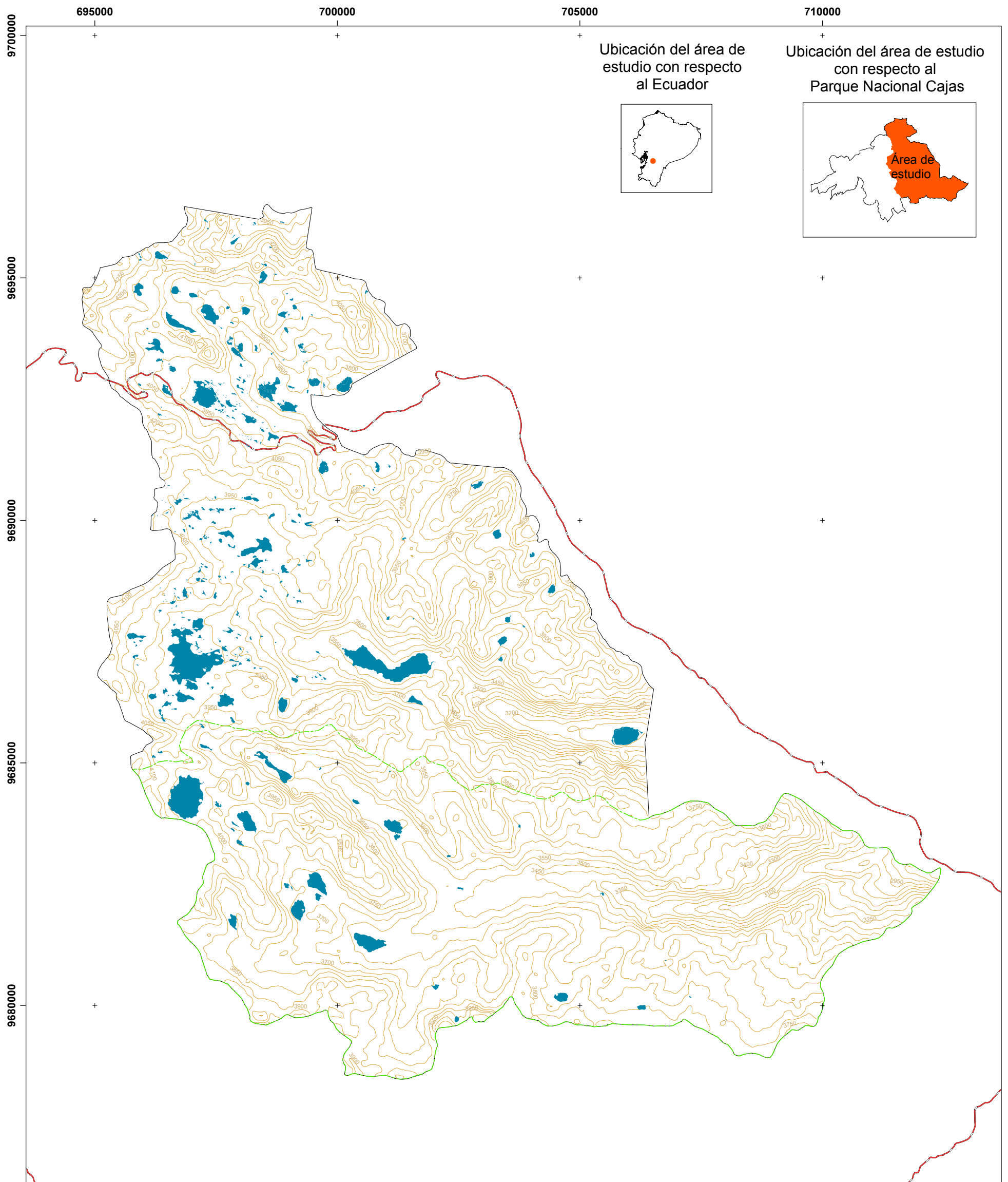
Maldonado, Gabriela. 2011.

Toral, Eduardo. 2011.

Read, Morley. 2011.

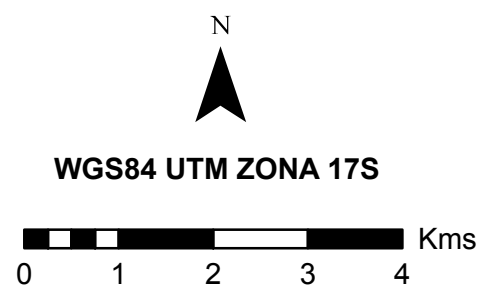
9. ANEXOS

Anexo 1. Área de estudio








Pontificia Universidad Católica del Ecuador
 Facultad de Ciencias Humanas
 Escuela de Geografía

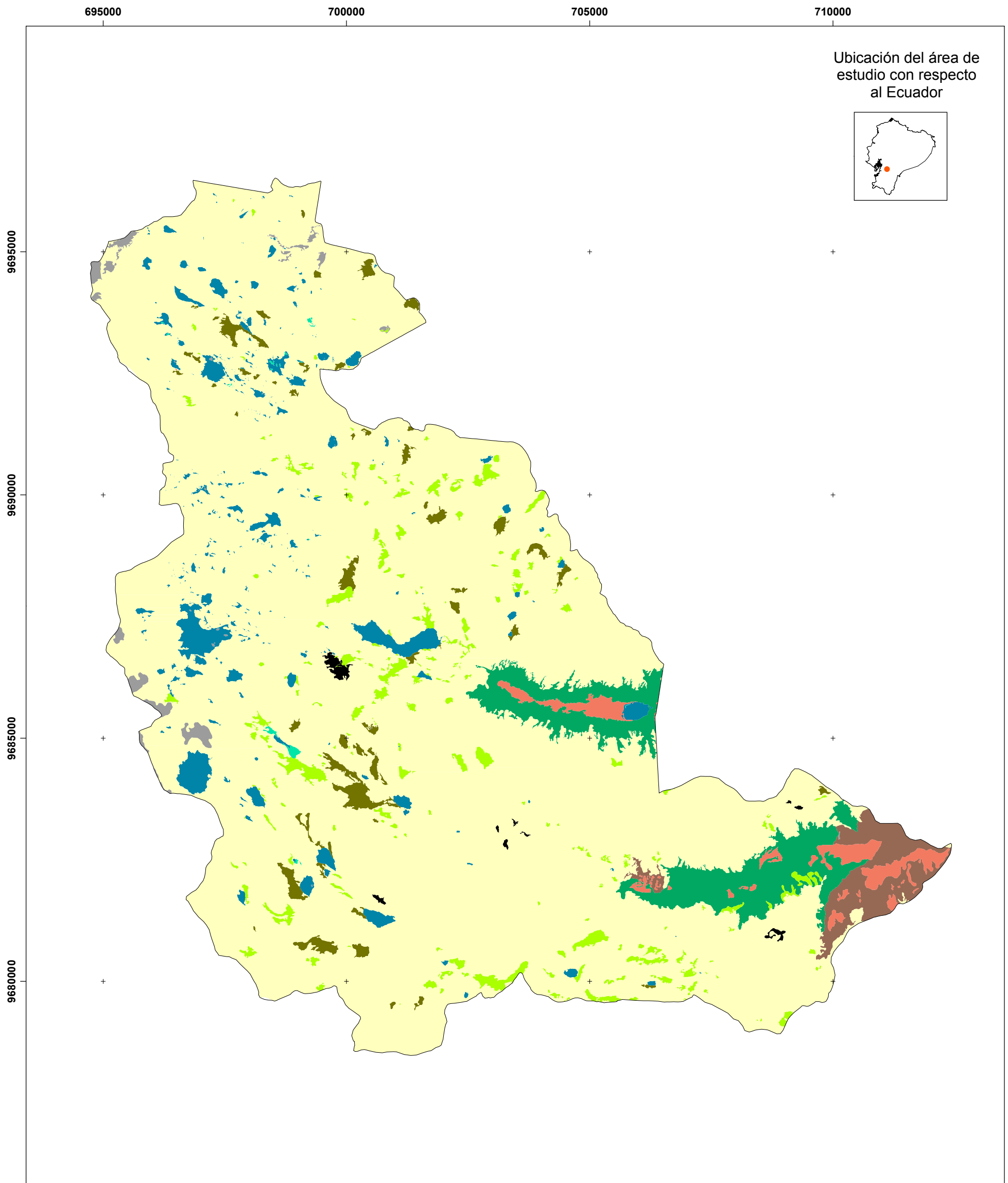
Elaborado por: Belén Baus
 Revisado por: Sheika Aragundi
 Fuente: DEM ASTER 30m.
 Escala de trabajo: 1:30 000
 Escala Gráfica: 1:80 000
 Fecha de elaboración: Junio 2011



Simbología

-  Carretera
-  Curvas de nivel (50m)
-  Límites área de estudio
-  Límites Bosque Protector Mazán
-  Lagos y ciénagas

Anexo 2. Mapa de vegetación de 1961 para el área de estudio.



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ciencias Humanas
Escuela de Geografía

Elaborado por: Belén Baus

Revisado por: Sheika Aragundi

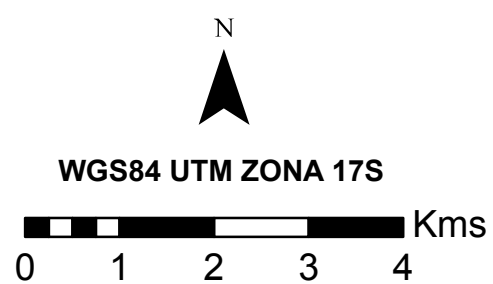
Fuente:

Aragundi, 2010. Mapa de vegetación del Parque Nacional Cajas y Bosque Protector Mazán. Proyecto Reservas de Agua del Ecuador: Contribución al Desarrollo y Vulnerabilidad al Cambio Climático. PUCE.

Escala de trabajo: 1:30 000

Escala Gráfica: 1:80 000

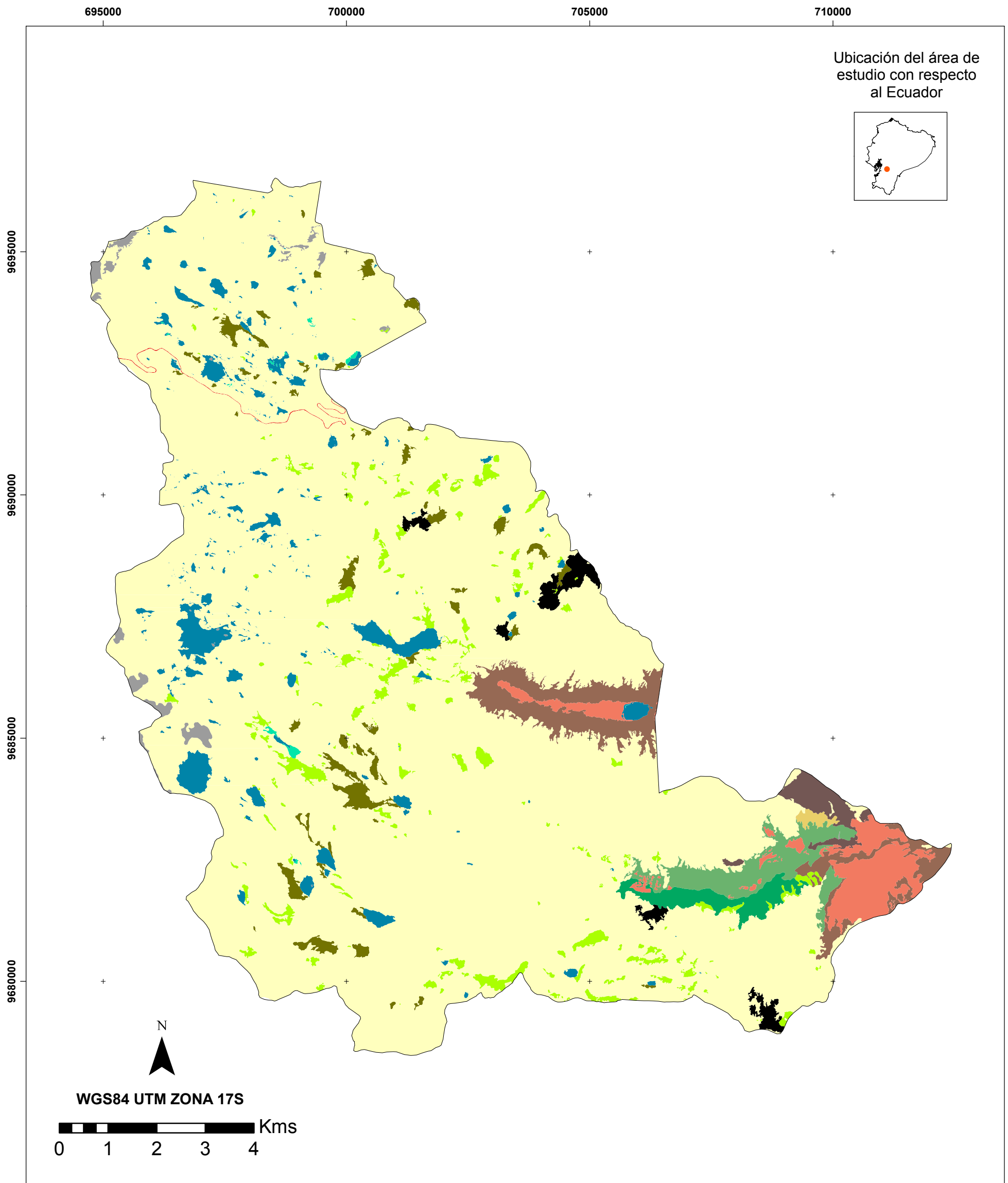
Fecha de elaboración: Junio 2011



Categorías de cobertura

- Páramo de pajonal
- Páramo arbustivo
- Bosque de Polylepis y arbustos
- Bosque montano secundario
- Bosque antropizado
- Uso humano
- Lagos
- Ciénagas
- Roca y deslaves
- Quema

Anexo 3. Mapa de vegetación de 2009 para el área de estudio.



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ciencias Humanas
Escuela de Geografía

Elaborado por: Belén Baus

Revisado por: Sheika Aragundi

Fuente:















Aragundi, 2010. Mapa de vegetación del Parque Nacional Cajas y Bosque Protector Mazán. Proyecto Reservas de Agua del Ecuador: Contribución al Desarrollo y Vulnerabilidad al Cambio Climático. PUCE.

Escala de trabajo: 1:30 000

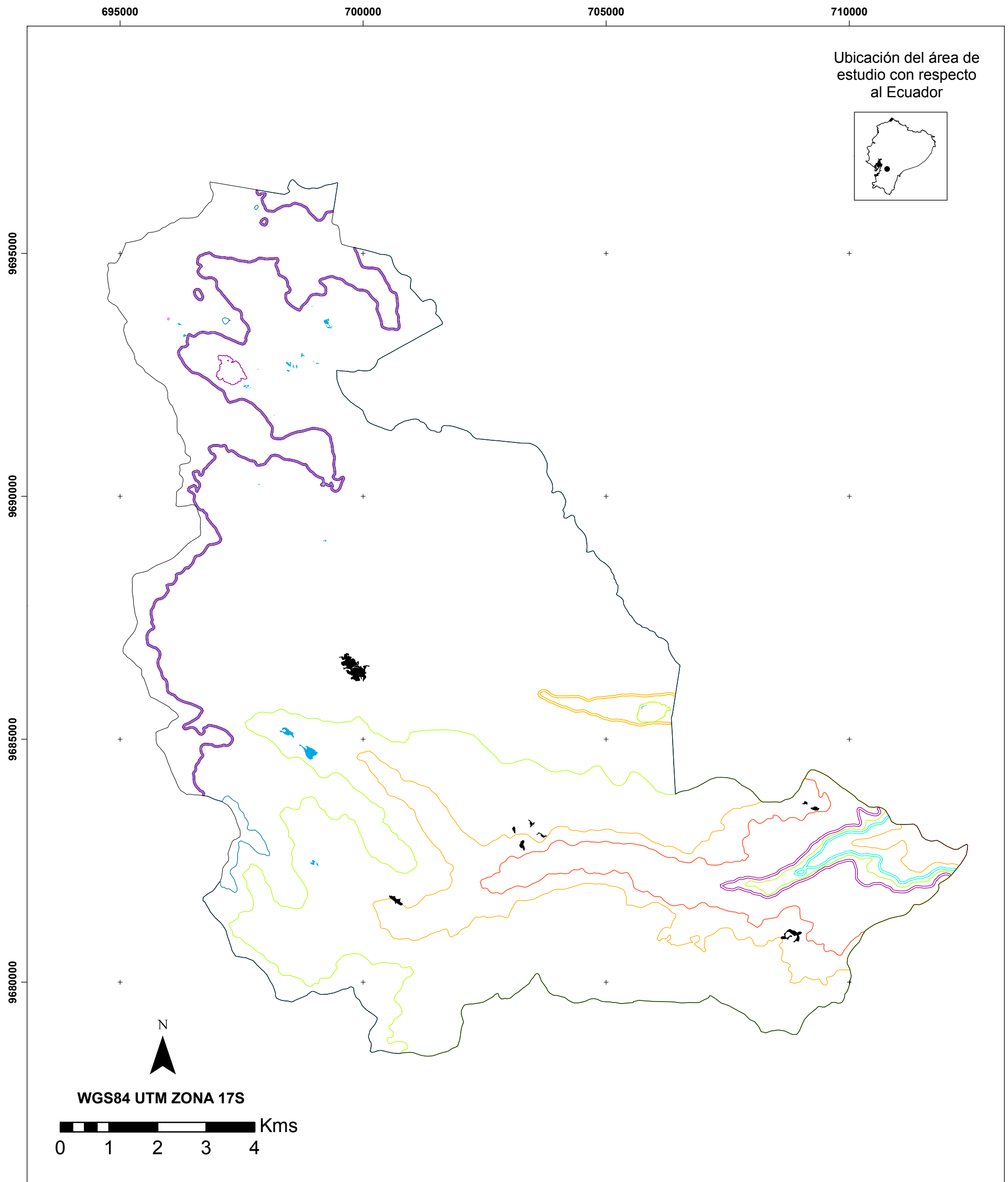
Escala Gráfica: 1:80 000

Fecha de elaboración: Junio 2011

Leyenda

- | | |
|---|---|
|  Páramo de pajonal |  Lagos |
|  Páramo arbustivo |  Ciénagas |
|  Bosque de Polylepsis y arbustos |  Roca y deslaves |
|  Bosque montano secundario |  Quema |
|  Bosque antropizado | |
|  Uso humano | |
|  Páramo de pajonal antropizado | |
|  Páramo arbustivo antropizado | |
|  Plantación | |
|  Carretera | |

Anexo 4. Mapa de áreas de distribución probable de las especies registradas en la década de los 80's y cambios en el paisaje de 1961.



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ciencias Humanas
Escuela de Geografía

Elaborado por: Belén Baus

Revisado por: Sheika Aragundi

Fuente:

Aragundi, 2010. Mapa de vegetación del Parque Nacional Cajas y Bosque Protector Mazán. Proyecto Reservas de Agua del Ecuador: Contribución al Desarrollo y Vulnerabilidad al Cambio Climático. PUCE.











Baus, 2010. Estudio de cambio en el hábitat y su influencia en las declinaciones de anfibios en el Parque Nacional Cajas y Bosque Protector Mazán. PUCE.

Escala de trabajo: 1:30 000

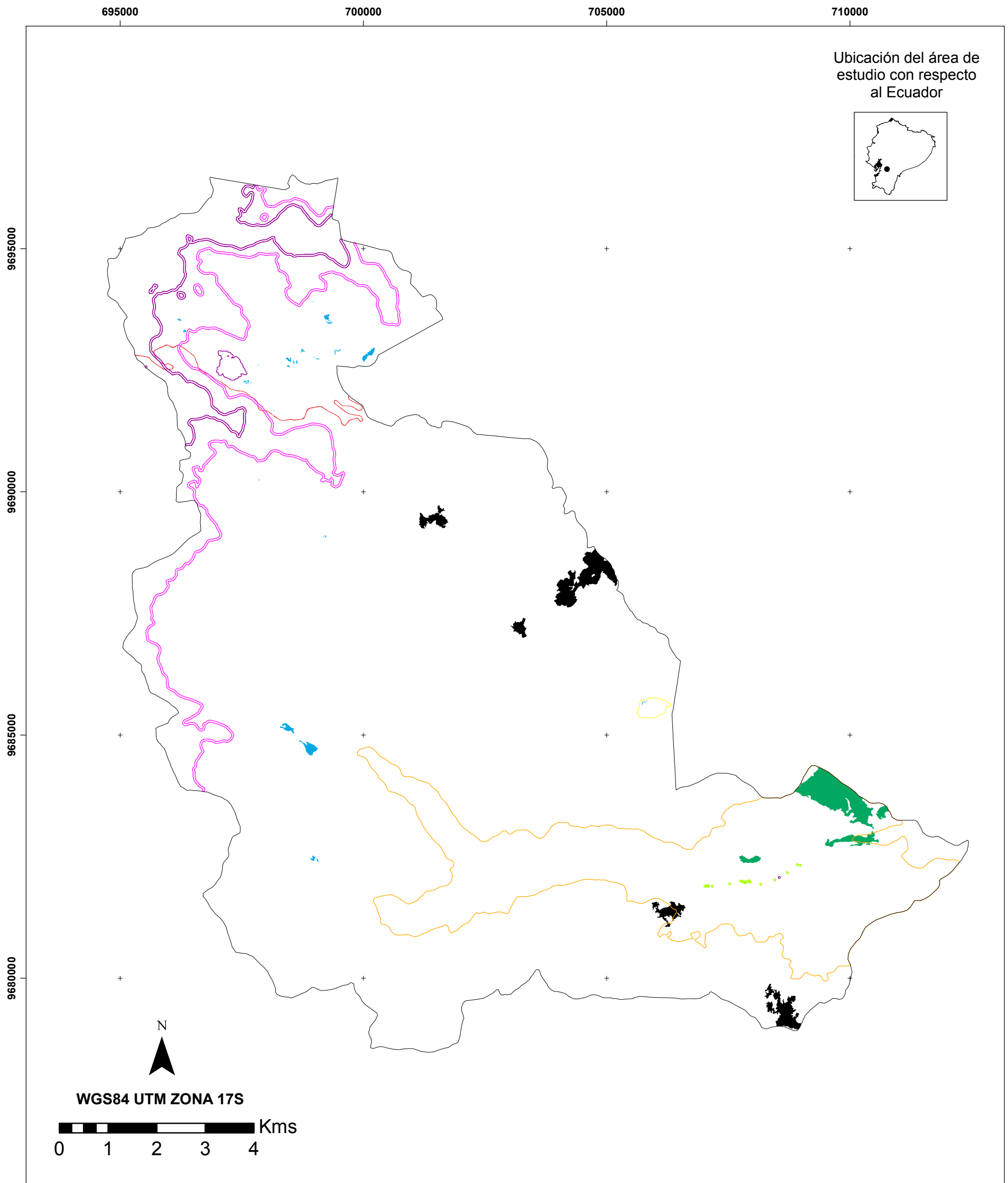
Escala Gráfica: 1:80 000

Fecha de elaboración: Junio 2011

Leyenda/Simbología

- | | | | |
|---|--------------------------------|---|---------------|
|  | <i>Atelopus exiguus</i> |  | Quema |
|  | <i>Atelopus nanay</i> |  | Eutrofización |
|  | <i>Centrolene buckleyi</i> | | |
|  | <i>Gastrotheca litonedis</i> | | |
|  | <i>Hyloxalus anthracinus</i> | | |
|  | <i>Hyloxalus vertebralis</i> | | |
|  | <i>Pristimantis cryophilus</i> | | |
|  | <i>Telmatobius niger</i> | | |

Anexo 5. Mapa de áreas de distribución probable de las especies registradas en la década del 2000 y cambios en el paisaje del 2009.



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
 Facultad de Ciencias Humanas
 Escuela de Geografía

Elaborado por: Belén Baus

Revisado por: Sheika Aragundi

Fuente:

Aragundi, 2010. Mapa de vegetación del Parque Nacional Cajas y Bosque Protector Mazán. Proyecto Reservas de Agua del Ecuador: Contribución al Desarrollo y Vulnerabilidad al Cambio Climático. PUCE.




Baus, 2010. Estudio de cambio en el hábitat y su influencia en las declinaciones de anfibios en el Parque Nacional Cajas y Bosque Protector Mazán. PUCE.

Escala de trabajo: 1:30 000

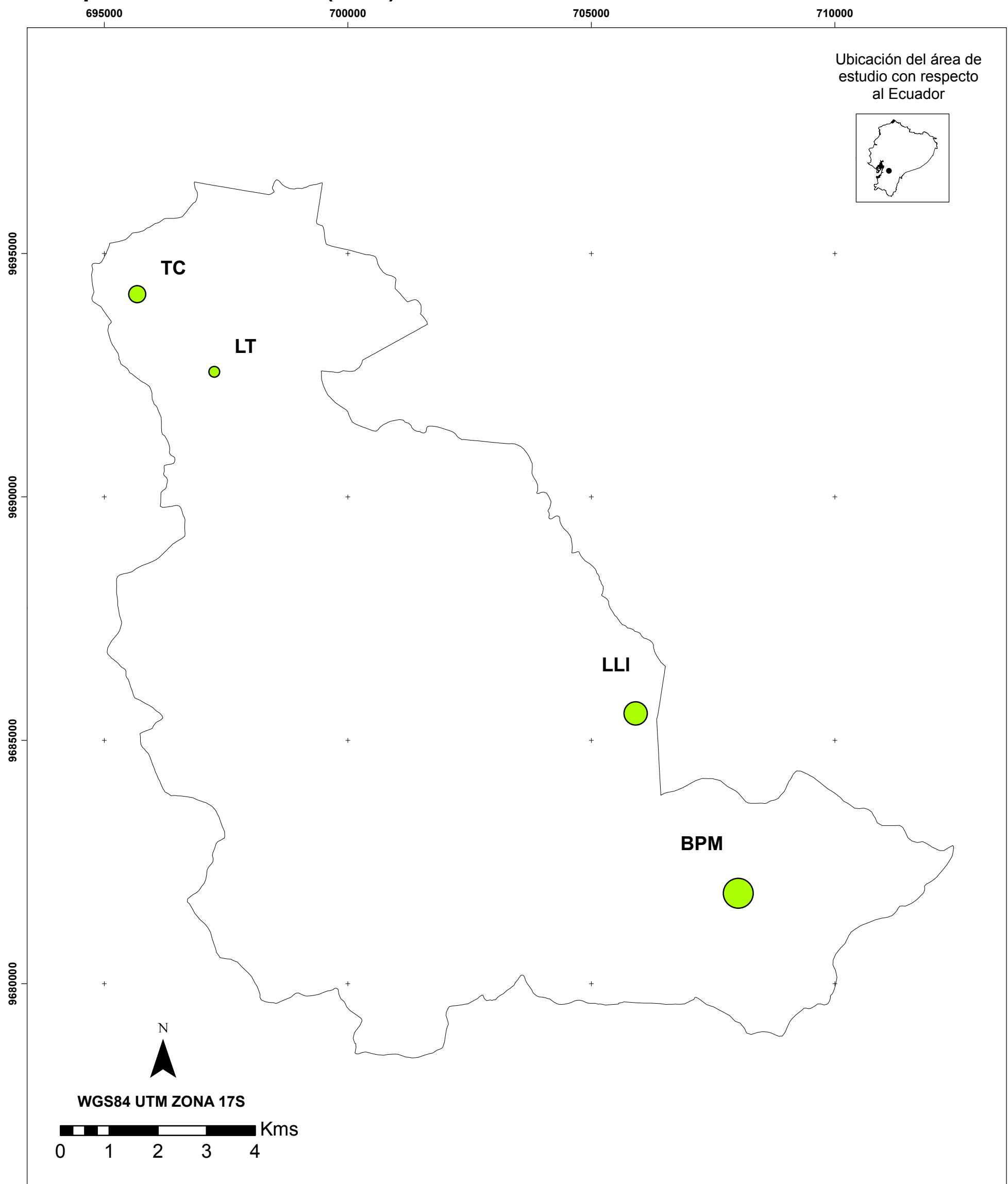
Escala Gráfica: 1:80 000

Fecha de elaboración: Junio 2011

Leyenda/Simbología

- | | | | |
|---|--------------------------------|---|---------------|
|  | <i>Atelopus exiguus</i> |  | Plantación |
|  | <i>Atelopus nanay</i> |  | Eutrofización |
|  | <i>Gastrotheca litonedis</i> |  | Carretera |
|  | <i>Hyloxalus vertebralis</i> |  | Quema |
|  | <i>Pristimantis cryophilus</i> | | |

Anexo 6. Mapa coroplético de probabilidad de ocurrencia de cambios en el paisaje en las localidades Tres Cruces (TC), Laguna Toreadora (LT), Laguna Llaviuco (LLI) y Bosque Protector Mazán (BPM).



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ciencias Humanas
Escuela de Geografía**

Elaborado por: Belén Baus

Revisado por: Sheika Aragundi

Fuente:





Baus, 2010. Estudio de cambio en el hábitat y su influencia en las declinaciones de anfibios en el Parque Nacional Cajas y Bosque Protector Mazán. PUCE.

Escala de trabajo: 1:30 000

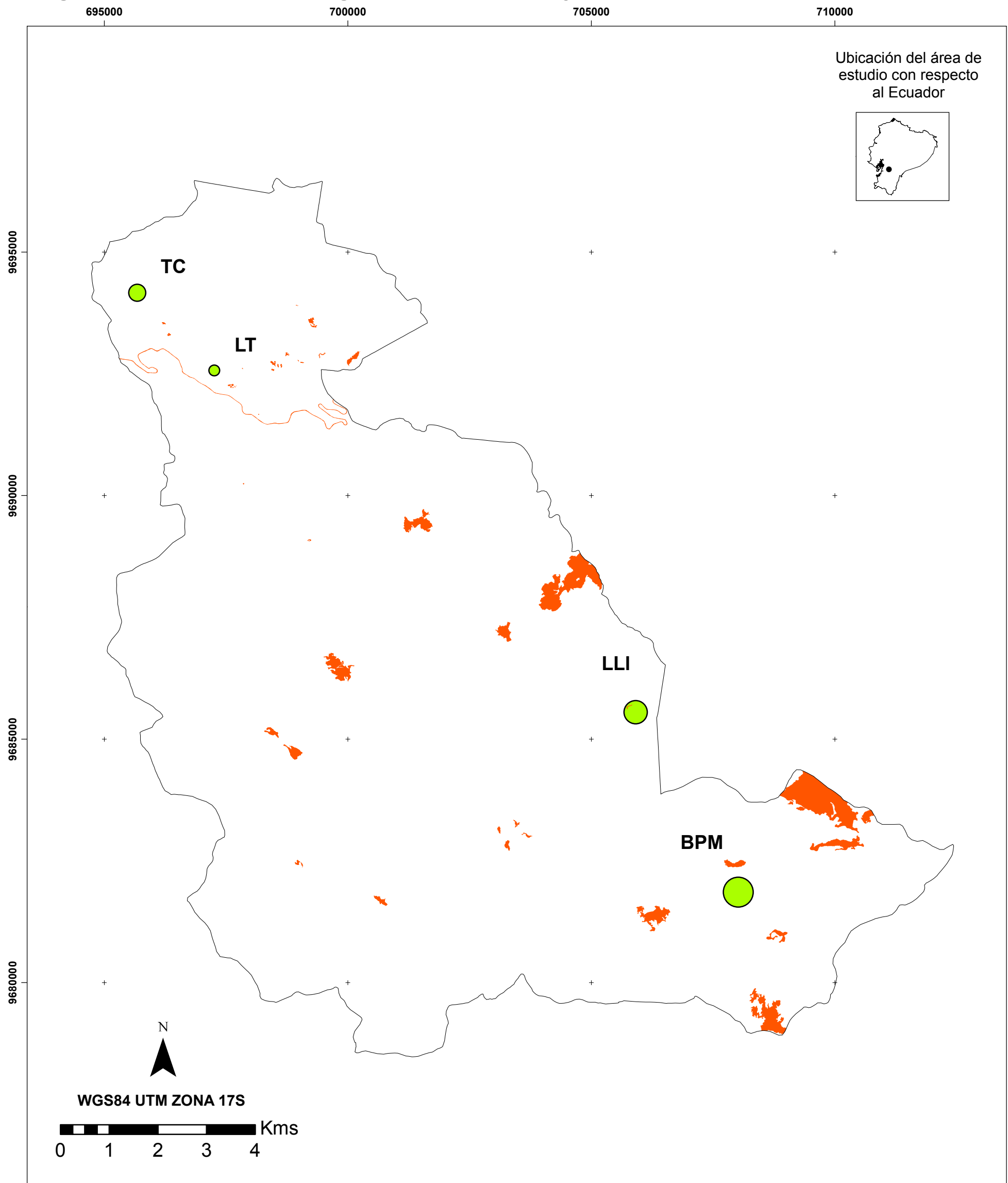
Escala Gráfica: 1:80 000

Fecha de elaboración: Junio 2011

Simbología

-  Ninguna probabilidad, ninguna especie.
-  Probabilidad baja, de 1 a 2 especies.
-  Probabilidad media, de 2 a 3 especies.
-  Probabilidad alta, más de 3 especies.

Anexo 7. Mapa coroplético de probabilidad de ocurrencia de cambios en el paisaje y cambios en el paisaje ocurridos en 1961 y 2009 en las localidades Tres Cruces (TC), Laguna Toreadora (LT), Laguna Llaviuco (LLI) y Bosque Protector Mazán (BPM).



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ciencias Humanas
Escuela de Geografía**

Elaborado por: Belén Baus

Revisado por: Sheika Aragundi

Fuente:

Aragundi, 2010. Mapa de vegetación del Parque Nacional Cajas y Bosque Protector Mazán. Proyecto Reservas de Agua del Ecuador: Contribución al Desarrollo y Vulnerabilidad al Cambio Climático. PUCE.

Baus, 2010. Estudio de cambio en el hábitat y su influencia en las declinaciones de anfibios en el Parque Nacional Cajas y Bosque Protector Mazán. PUCE.

Escala de trabajo: 1:30 000

Escala Gráfica: 1:80 000

Fecha de elaboración: Junio 2011

Simbología/Leyenda

● Ninguna probabilidad

● Probabilidad baja

● Probabilidad media

● Probabilidad alta

■ Cambios ocurridos en el paisaje (i.e. quema, plantaciones de especies no nativas, construcción carretera, eutrofización)