



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE
RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y
CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**

**Caracterización del subsistema natural para
el diagnóstico de planes de ordenamiento
territorial en los cantones de Sozoranga y
Calvas, de la provincia de Loja en el período
1986-2017**

TESIS DE GRADO PRESENTADA
PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA EN
MANEJO Y CONSERVACIÓN
DEL MEDIO AMBIENTE

AUTORA:

Marilyn Paola Paredes Armijos

DIRECTOR:

Ing. Oscar Lenin Juela Sivisaca Mg. Sc.

Loja, Enero-2022

CERTIFICACIÓN DE DIRECCIÓN DE TESIS

Loja, 20 de julio 2021

En calidad de director de tesis **CERTIFICO** que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración de tesis de grado titulada: “**Caracterización del subsistema natural para el diagnóstico de planes de ordenamiento territorial en los cantones de Sozoranga y Calvas, de la provincia de Loja en el período 1986 – 2017**”, de autoría de la estudiante Marilyn Paola Paredes Armijos, previa a la obtención del título de Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Atentamente,

OSCAR LENIN
JUELA
SIVISACA

Firmado digitalmente por OSCAR LENIN
JUELA SIVISACA
DN: cn=OSCAR LENIN JUELA
SIVISACA, c=EC, H=LOJA
Motivo Soy el autor de este documento
Ubicación:
Fecha 2021-01-24 13:08:05:00

Ing. Oscar Lenin Juela Sivisaca. Mg.Sc
DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, Marilyn Paola Paredes Armijos, declaro ser autora del presente trabajo de tesis titulada **Caracterización del subsistema natural para el diagnóstico de planes de ordenamiento territorial en los cantones de Sozoranga y Calvas, de la provincia de Loja en el período 1986-2017**, y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Firmado electrónicamente por:
**MARILYN PAOLA
PAREDES ARMIJOS**

Cédula de Identidad: 1150131173

Fecha: Loja, 27 de enero del 2022

Correo institucional: mpparedesa@unl.edu.ec

Teléfono o celular:0994770250

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, **Marilyn Paola Paredes Armijos**, declaro ser autora de la Tesis de Grado titulada **Caracterización del subsistema natural para el diagnóstico de planes de ordenamiento territorial en los cantones de Sozoranga y Calvas, de la provincia de Loja en el período 1986-2017**, como requisito para optar al Grado de Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los veinte y siete días del mes de enero del dos mil veintidós.



Firmado electrónicamente por:
**MARILYN PAOLA
PAREDES ARMIJOS**

Firma:

Autora: Marilyn Paola Paredes Armijos

Cédula de identidad: 1150131173

Dirección: Loja, Cdla: Esteban Godoy.- calle Cabo Gonzalo Montesdeoca entre Sldo. Rafael Pullaguari y Tnte. Geovanny Calles.

Teléfono: 0994770250

Correo electrónico: mpparedesa@unl.edu.ec

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis: Ing. Oscar Lenin Juela Sivisaca Mg.Sc

Tribunal de grado: Ing. Diana Karina Ochoa Gordillo Mg.Sc

Dr. Luis Felipe Duque Yaguache Ph.D

Ing. Santiago Rafael García Matailo Mg.Sc

DEDICATORIA

Este anhelo que he sentido desde niña se ve reflejado en el presente trabajo, quiero dar gracias a Dios primeramente por estar en cada paso de mi vida, a mi madre Emperatriz del Carmen, por su amor y apoyo; a mis hermanos: Kelvin, Andy, Alejandra por su fe en mí; y en especial a mi hermana Michelle Katherine y sobrinos por su apoyo incondicional, además de la persona especial que ha estado todo este tiempo a mi lado Larry A. gracias por tu comprensión y creer en mí siempre: A todos mis sinceros agradecimientos.

Marilyn

AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que hacen a la Universidad Nacional de Loja por confiar en mí y abrirme las puertas para realizar este proceso investigativo dentro de esta noble institución. De igual manera mi agradecimiento a los docentes de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, así mismo a mi director de tesis al Ing. Oscar Juela Sivisaca Mg. Sc. quien con su enseñanza y valiosos conocimientos que hicieron que pueda crecer cada día como profesional gracias a cada uno de ustedes.

Marilyn

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN DE DIRECCIÓN DE TESIS	II
AUTORÍA.....	III
CARTA DE AUTORIZACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE CUADROS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS	XI
INDICE DE ANEXOS	XIII
TÍTULO	1
RESUMEN	2
ABSTRACT.....	3
1. INTRODUCCIÓN	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1. Ordenamiento territorial.....	6
2.1.1. Dinámica del crecimiento urbano e implicaciones en la Cobertura vegetal (Antecedentes).....	6
2.1.2. La planeación urbana sustentable y el ambiente.....	7
2.1.3. Indicadores que evalúan al subsistema natural para la planificación territorial ...	7
2.2. Pérdida de cobertura vegetal y degradación del suelo	9
2.2.1. Cambio de cobertura vegetal y uso del suelo, afectación a los servicios ecosistémicos	9
2.2.3. Degradación ambiental en los ecosistemas.....	11
2.3. Teledetección	11
2.3.1. Las técnicas de la Teledetección en el medio ambiente	12
2.3.2. Imagen satelital	12
2.3.3. Clasificación y análisis de imágenes satelitales.....	13
3. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Área de estudio	16
3.2. Metodología para generar mapas de cobertura vegetal y uso del suelo años 1987, 1997, 2007 y 2017 en los cantones Sozoranga y Calvas	17
3.3. Determinación de los Indicadores del Subsistema natural	23

3.4.	Lineamientos estratégicos enfocados al cambio de uso del suelo	28
4.	RESULTADOS	31
4.1.	Mapas de cambio de cobertura y uso de suelo.....	31
4.1.1.	Cuantificación y validación del cambio de uso del suelo en los cantones de Sozoranga y Calvas entre el período 1986-2017	33
4.2.	Indicadores del subsistema natural en base al componente Forestal, componente de Producción y componente de Conservación.	35
4.2.1.	Indicador tasa de deforestación.....	35
4.2.2.	Indicador tasa de cambio en vegetación y uso del suelo	35
4.2.3.	Indicador índice de antropización (INRA)	36
4.2.4.	Indicador expansión de la frontera agrícola.....	37
4.2.5.	Indicador de áreas protegidas.....	38
4.3.	Lineamientos estratégicos para atenuar el cambio del uso de suelo en los cantones de Sozoranga y Calvas.....	40
5.	DISCUSIÓN	46
6.	CONCLUSIONES.....	52
7.	RECOMENDACIONES.....	53
8.	REFERENCIAS.....	54
9.	ANEXOS.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso metodológico para determinar el cambio de uso del suelo.....	15
Figura 2. Ubicación del cantón Calvas y Sozoranga, provincia de Loja.	17
Figura 3. Metodología aplicada para el cálculo de los indicadores tasa de deforestación, expansión de la frontera agrícola y áreas naturales.	24
Figura 4. Visualización de los cantones Sozoranga y Calvas, aplicando la metodología de INRA. Metodología adaptada de Martínez (2010).	26

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Leyenda temática de usos del suelo. Adaptada (MAE y MAGAP, 2015).....	20
Cuadro 2. Valores de estimación de vegetación en cantidad y calidad según el NDVI.....	21
Cuadro 3. Interpretación del índice Kappa	23
Cuadro 4. Lineamiento estratégico para el cambio de uso del suelo en los cantones de Sozoranga y Calvas.....	40
Cuadro 5. Lineamiento estratégico para el cambio de uso forestal en los cantones de Sozoranga y Calvas.....	41
Cuadro 6. Lineamiento estratégico para el cambio de uso antrópico en los cantones de Sozoranga y Calvas.....	42
Cuadro 7. Lineamiento estratégico para el cambio de uso agrícola en los cantones de Sozoranga y Calvas.....	43
Cuadro 8. Lineamiento estratégico para el cambio de uso áreas protegidas en los cantones de Sozoranga y Calvas.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de las imágenes satelitales utilizadas en el análisis multitemporal de los cantones Sozoranga y Calvas corresponden a los meses entre julio a septiembre.	18
Tabla 2. Matriz de confusión para la validación de la clasificación supervisada.	22
Tabla 3. Valores de INRA para el cálculo de antropización.....	26
Tabla 4. Valores establecidos para la reclasificación de las categorías para la obtención de la frontera agrícola en los cantones de Sozoranga y Calvas.	27
Tabla 5. Síntesis de problemas por cada cobertura analizada y las acciones propuestas para los cantones de Sozoranga y Calvas.	29
Tabla 6. Matriz utilizada en la formulación de lineamientos estratégicos con enfoque en ordenamiento territorial	30
Tabla 7. Cambio de cobertura y uso del suelo expresada en superficies y porcentajes en el cantón Calvas entre el período 1986-2017.....	32
Tabla 8. Cambio de cobertura y uso del suelo expresado en superficie y porcentaje en el cantón Sozoranga entre el período 1986-2017	33
Tabla 9. Resultados de la precisión global e índice kappa para los años de estudio en los cantones de Sozoranga y Calvas.	34
Tabla 10. Tasa de deforestación en los cantones de Sozoranga y Calvas se presenta en (ha) y la tasa de deforestación en el periodo de tiempo de 1987-2017.	35
Tabla 11. Resultados de la tasa de cambio en vegetación y uso de suelo del cantón Calvas, se presentan en pérdidas y ganancias en porcentaje, entre el período (1987-1997-2007-2017)..	36
Tabla 12. Resultados de la tasa de cambio en vegetación y uso de suelo del cantón Sozoranga, se presentan en pérdidas y cambio en porcentaje, entre periodos de tiempo evaluados (1987-1997-2007-2017).....	36
Tabla 13. Antropización de los cantones Calvas y Sozoranga de correspondiente a los años 1987, 1997, 2007 y 2017.....	37
Tabla 14. Porcentajes del avance de la frontera agrícola en el cantón Calvas entre el periodo 1987-2017	38
Tabla 15. Porcentajes del avance de la frontera agrícola en el cantón Sozoranga entre el periodo 1987-2017	38
Tabla 16. Presentación de las áreas protegidas que se encuentran dentro del cantón Calvas, se da su extensión en hectáreas.	39

Tabla 17. Presentación de las áreas protegidas que se encuentran dentro del cantón Sozoranga, se da su extensión en hectáreas.	39
Tabla 18. Valorización para INRA aplicada para cobertura en el cantón Sozoranga, año 1987	98
Tabla 19. Valorización para INRA aplicada para cobertura en el cantón Sozoranga, año 1997	98
Tabla 20. Valorización para INRA aplicada para cobertura en el cantón Sozoranga, año 2007	99
Tabla 21. Valorización para INRA aplicada para cobertura en el cantón Sozoranga, año 2017	99
Tabla 22. Valorización para INRA aplicada para cobertura en el cantón Calvas, año 1987	100
Tabla 23. Valorización para INRA aplicada para cobertura en el cantón Calvas, año 1997.	100
Tabla 24. Valorización para INRA aplicada para cobertura en el cantón Calvas, año 2007.	101
Tabla 25. Valorización para INRA aplicada para cobertura en el cantón Calvas, año 2017.	101

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Mapa de cobertura y uso del suelo en el cantón Calvas año 1987	60
Anexo 2. Mapa de cobertura y uso del suelo en el cantón Calvas año 1997	60
Anexo 3. Mapa de cobertura y uso del suelo en el cantón Calvas año 2007	62
Anexo 4. Mapa de cobertura y uso del suelo en el cantón Calvas año 2017	62
Anexo 5. Mapa de cobertura y uso de suelo en el cantón Sozoranga año 1987	63
Anexo 6. Mapa de cobertura y uso de suelo en el cantón Sozoranga año 1997	64
Anexo 7. Mapa de cobertura y uso de suelo en el cantón Sozoranga año 2007	65
Anexo 8. Mapa de cobertura y uso de suelo en el cantón Sozoranga año 2017	66
Anexo 9. Validación de la clasificación supervisada en la matriz de confusión e índice kappa correspondiente a la imagen 1987 en los cantones Sozoranga y Calvas	68
Anexo 10. Validación de la clasificación supervisada en la matriz de confusión e índice kappa correspondiente a la imagen 1987 en los cantones Sozoranga y Calvas	68
Anexo 11. Validación de la clasificación supervisada en la matriz de confusión e índice kappa correspondiente a la imagen 1987 de los cantones Sozoranga y Calvas	70
Anexo 12. Validación de la clasificación supervisada en la matriz de confusión e índice kappa correspondiente a la imagen 1987 de los cantones Sozoranga y Calvas	71
Anexo 13. Mapas de la tasa de deforestación del cantón Calvas correspondiente a los años 1987, 1997, 2007 y 2017.....	72
Anexo 14. Mapas de la tasa de deforestación del cantón Sozoranga correspondiente a los años 1987, 1997, 2007 y 2017.....	74
Anexo 15. Mapas comparativos de la expansión de la frontera agrícola relación bosque en los años 1987. 1997, 2007 y 2017.	76
Anexo 16. Mapas comparativos de la expansión de la frontera agrícola relación vegetación en los años 1987. 1997, 2007 y 2017.....	77
Anexo 17. Mapas comparativos de la expansión de la frontera agrícola relación suelo descubierto en los años 1987. 1997, 2007 y 2017.	78
Anexo 18. Mapas comparativos de la expansión de la frontera agrícola relación bosque en los años 1987, 1997, 2007 y 2017 en el cantón Sozoranga.....	79
Anexo 19. Mapas comparativos de la expansión de la frontera agrícola relación vegetación en los años 1987, 1997, 2007 y 2017 en el cantón Sozoranga.	80
Anexo 20. Mapas comparativos de la expansión de la frontera agrícola relación suelo descubierto en los años 1987, 1997, 2007 y 2017 en el cantón Sozoranga.	81

Anexo 21. Mapas del Índice de Antropización en el cantón Calvas año 1987, 1997, 2007 y 2017.....	82
Anexo 22. Mapas del Índice de Antropización en el cantón Sozoranga año 1987, 1997, 2007 y 2017.....	84
Anexo 23. Mapa de áreas protegidas del cantón Calvas.	86
Anexo 24. Mapa de áreas protegidas del cantón Sozoranga	87
Anexo 25. Coordenadas de puntos de control para la validación de datos de cambio de uso del suelo en los cantones de Sozoranga y Calvas.	88
Anexo 26. Valoración de la antropización en los cantones de Sozoranga y Calvas en los años 1987, 1997, 2007 y 2017.....	98

Caracterización del subsistema natural para el diagnóstico de planes de ordenamiento territorial en los cantones de Sozoranga y Calvas, de la provincia de Loja en el período 1986-2017

RESUMEN

En la presente investigación se determinó el cambio de cobertura y uso del suelo, entre el período 1986-2017 en los cantones Sozoranga y Calvas de la provincia de Loja, a través de la clasificación supervisada de imágenes satelitales de Landsat 5 (TM) y 8 (OLI), para llevar a cabo este estudio se recopiló información cartográfica del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) y el Centro de Investigación Territorial de la Universidad Nacional de Loja. Las imágenes satelitales se sometieron a un pretratamiento, procesamiento y validación cartográfica a través del índice estadístico Kappa, para conocer su grado de confiabilidad; y así mismo por medio de la sobre posición de dichos mapas y la aplicación de algoritmos se determinó indicadores del subsistema natural con el fin de proponer lineamientos estratégicos enfocados al ordenamiento territorial. Los resultados alcanzados demuestran que entre el período 1986-2017 los cantones de Sozoranga y Calvas, la cobertura de bosque presentó mayor modificación principalmente por actividades agropecuarias, la cual disminuyó un 17.98%, pasando de 41 293 ha a 22 500 ha, la cobertura de vegetación arbustiva y herbácea se incrementó en un 53.62% pasando 22 256 ha a 67 113 ha. En cambio, la tasa de deforestación presentó mayor incidencia en el cantón Sozoranga con el 6.39% y para el cantón Calvas el 5.48%; mientras que el grado de intervención antrópica en ambos cantones mostraron un crecimiento progresivo entre 21.56% y 29.71% respectivamente, en cuanto a la frontera agrícola esta no presenta una expansión considerable en ambos cantones. Siendo evidente los cambios de cobertura se formuló lineamientos estratégicos de planificación ambiental, en la cual se evidencio las potencialidades y problemas de cada cantón, los mismo servirán para los GADs en la toma de decisiones como un modelo de gestión para desarrollar estrategias de articulación basadas en Conservación, Recuperación, Protección y Manejo Productivo.

Palabras clave: cambio de suelo, indicadores del subsistema natural, lineamientos estratégicos

ABSTRACT

This research determined the change in land cover and land use between 1986-2017 in the cantons of Sozoranga and Calvas in the province of Loja, through the supervised classification of Landsat 5 (TM) and 8 (OLI) satellite images. To carry out this study, cartographic information was collected from the United States Geological Survey (USGS) and the Center for Territorial Research of the National University of Loja. The satellite images were subjected to pretreatment, processing and cartographic validation through the Kappa statistical index, to determine their degree of reliability; and also through the overlay of these maps and the application of algorithms, indicators of the natural subsystem were determined in order to propose strategic guidelines focused on land use planning.

The results show that between the period 1986-2017 in the cantons of Sozoranga and Calvas, the forest cover was modified mainly due to agricultural activities, which decreased by 17.98%, from 41,293 ha to 22,500 ha, the cover of shrub and herbaceous vegetation increased by 53.62% from 22,256 ha to 67,113 ha. On the other hand, the deforestation rate was higher in Sozoranga canton with 6.39% and in Calvas canton with 5.48%; while the degree of anthropic intervention in both cantons showed a progressive growth between 21.56% and 29.71%, respectively, and the agricultural frontier did not show a considerable expansion in both cantons. Given the evident changes in coverage, strategic environmental planning guidelines were formulated, in which the potentialities and problems presented by the cantons were made evident. The guidelines will serve for the GADs in decision-making as a management model to develop articulation strategies based on Conservation, Recuperation, Protection and Productive Management.

Keywords: soil change, kappa index, natural indicators.

1. INTRODUCCIÓN

Los impactos de la urbanización en el medio ambiente es uno de los problemas que a nivel global presentan desafíos en cuanto a la planificación regional y urbana incidiendo de manera directa e indirecta en la pérdida de la cobertura vegetal (Sanhouse y García *et al.*, 2017). Dentro del proceso de la ordenación del territorio se generan impactos como: la rápida expansión de los centros urbanos en zonas periurbanas, peri agrícolas y el impacto en la sostenibilidad de ecosistemas (Bajocco *et al.*, 2012).

A una escala local, estos cambios provocan el deterioro y la degradación de suelos, como modificaciones en nichos ecológicos y la resiliencia en los componentes ambientales (Nájera *et al.*, 2010), esta relación se vincula a mecanismos asociados de dos tipos: el socio ecológico (alteración en el uso de suelo como resultado de la pérdida de servicios ecosistémicos) y socioeconómico (alteración en el uso del suelo como resultado de cambios en el entorno productivo externo) (Lambin y Meyfroidt, 2010).

Así mismo, a una escala regional, la modificación del uso del suelo incide principalmente en los ciclos hídricos, los regímenes de temperatura, el secuestro de dióxido de carbono, pérdida de hábitats y biodiversidad (provocando una defaunación en el área), además de afectar a la vulnerabilidad de los grupos humanos (Nájera *et al.*, 2010).

En el Ecuador esta problemática no es ajena la cual se estima que el 47% del suelo, se encuentra degradado por actividades como: el pastoreo y sobrepastoreo en áreas inadecuadas, el avance de la frontera agrícola, los asentamientos humanos y construcción desordenada de la infraestructura vial, así mismo en la Provincia de Loja el 42% de su suelo presenta una erosión elevada (Ministerio del Ambiente y la Secretaría Técnica Planifica Ecuador, 2014).

Los conflictos de uso de suelo presentes en el cantón Calvas están asociados a actividades agrícolas que ocupan el 23.82% de su territorio, siendo aptos para la conservación y el aprovechamiento forestal y como subuso está orientado a actividades agropecuarias con el

0.03% (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Calvas, 2015). En cambio, el cantón Sozoranga presenta un conflicto de uso del suelo por actividades pecuarias que ocupan un 10.03% de su territorio, de los cuales resultan óptimos para la protección agrícola y forestal (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Sozoranga, 2014).

En este contexto, la presente investigación tiene como finalidad determinar el cambio de cobertura y uso del suelo en los cantones de Sozoranga y Calvas, mediante el análisis de imágenes satelitales en un período de 30 años desde 1986 al 2017, y así mismo calcular indicadores del subsistema natural que nos permitan analizar la transición del cambio del uso del suelo y proponer lineamientos que nos ayuden atenuar estos cambios.

Para la realización de este estudio se aplicó técnicas en Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Teledetección, que ayudaran a responder la pregunta central de la investigación ¿La pérdida de cobertura y uso del suelo incide en el diagnóstico del medio físico afectando de esta manera el ordenamiento territorial?

El presente estudio tiene como objetivo general “Determinar el cambio de uso del suelo en los cantones de Sozoranga y Calvas durante el período 1986-2017, mediante indicadores del subsistema natural”. Por lo consiguiente se planteó los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el cambio de uso de suelo mediante la clasificación supervisada de imágenes satélites de los cantones de Sozoranga y Calvas.
- Cuantificar los indicadores del subsistema natural en base a los componentes Forestal; (tasa de deforestación-la tasa de cambio en vegetación y uso del suelo); componente de Producción (relación cobertura natural/cobertura antrópica y la extensión de la frontera agrícola y componente de Conservación (áreas naturales protegidas).
- Formular lineamientos estratégicos como un insumo para el ordenamiento territorial, en la reducción de los impactos de cambios de uso del suelo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Ordenamiento territorial

2.1.1. Dinámica del crecimiento urbano e implicaciones en la Cobertura vegetal (Antecedentes)

En el Ecuador, se ha evidenciado dinámicas modificaciones en la cobertura vegetal natural y uso del suelo, dados por el avance de la frontera agrícola, especialmente por el acelerado y desordenado crecimiento de las áreas urbanas, las cuales han sido un factor predominante sobre el territorio lo que ha provocado que suelos rurales con un potencial agrícola sean ocupados para fines urbanos, perdiendo así su fertilidad y con ello un posible factor generador de riqueza en el sector (Pinos y Arévalo, 2016).

Las dinámicas de cambio de la cobertura vegetal y del suelo provocan transformaciones complejas tanto en su estructura y funcionalidad dentro del ecosistema; estas consecuencias se ven reflejadas y ligadas íntimamente con el cambio climático y pérdida de biodiversidad (Loredo *et al.*, 2016).

A nivel global la población humana ha manifestado un crecimiento exponencial evidenciándose en la demanda de recursos naturales para satisfacer sus necesidades para su supervivencia y otras formas de mecanismos de apropiación de los recursos, siendo estos ligados a implicaciones sociales, políticas y económicas: esta relación ser vivo y ambiente se manifiestan como cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo (Pinos y Arévalo, 2016).

En los años 60, el Ecuador inició un proceso de expansión urbana en la cual dos tercios de la población habita en zonas urbanas a finales de 2015, la transición rural-urbana en nuestro país se intensificó en los últimos 30 años (1980- 2010), con un crecimiento tan acelerado que se lo ha calificado como explosión urbana (Comité Técnico Institucional para el proceso preparatorio de HÁBITAT III, 2016).

2.1.2. La planeación urbana sustentable y el ambiente

El Ordenamiento territorial permite regular el uso del territorio, definiendo los usos posibles para las diferentes áreas que es designado, es decir su objetivo central es identificar, evaluar y determinar la ocupación y uso del espacio de modo que contribuya al desarrollo humano ecológicamente sostenible y socialmente justo; en general el ordenamiento territorial busca disminuir los conflictos que resultan del uso del suelo (Lezama y Domínguez, 2006).

En cuanto, a la planeación urbana sustentable, su enfoque va de ordenar el territorio en base a una zonificación ecológica y económica, como medida de asegurar un desarrollo responsable. Mediante este enfoque se busca que el urbanismo se oriente hacia cuestiones de protección ambiental, además de coherencia con un entorno adecuado y necesario para el desarrollo del ser humano; así mismo “el urbanismo ha restado importancia a la conservación de la biodiversidad con una percepción inadecuada de que la ciudad está separada de los procesos naturales”, esta idea prevalece aún y se evidencia en cómo la gestión urbana incide en fragmentación de los ecosistemas naturales (Lezama y Domínguez, 2006).

2.1.3. Indicadores que evalúan al subsistema natural para la planificación territorial

Indicadores del medio físico o medio natural son aquellos los cuales permiten conocer, analizar la situación actual de cada uno de los componentes del subsistema natural siendo tales como: forestal, producción y conservación, y de qué manera inciden tanto en el desarrollo y el ordenamiento de un territorio (Instituto de Geografía de la Universidad Autónoma de México, 2002):

En la caracterización de un plan de desarrollo y ordenamiento territorial los indicadores se subdividen de acuerdo a componentes más relevantes para así analizar y evaluar el territorio y su afectación al medio ambiente, los cuales se dividen de la siguiente manera (UNAM, 2002):

- Indicadores del subsistema natural.
- Indicadores del subsistema social y urbano-regional.

- Indicadores del subsistema económico.

Según el Instituto de Geografía de la Universidad Autónoma de México, (2002) plantea los Indicadores del subsistema natural están comprendidos de la siguiente manera:

Cambio de uso del suelo y vegetación. – comprende el cambio en la cobertura del suelo como consecuencia de la interacción de las actividades humanas en el subsistema natural, este indicador establece los impactos que han generado las actividades económicas en el desarrollo de asentamientos humanos y la utilización de los recursos (UNAM, 2002).

Tasa de deforestación. - este indicador destaca la explotación de los recursos forestales mediante la evaluación de distintas variables ambientales y socioeconómicas que influyen como el clima, hidrología, crecimiento demográfico, densidad poblacional (UNAM, 2002).

Tasa de cambio en vegetación y uso del suelo. – en este indicador no solo analiza el cambio dado al suelo, clima y agua, sino que evalúa las alteraciones dadas por actividades antrópicas comprendiendo la áreas deforestada, degradada, revegetada, conservada, por actividad productiva, sin cambio y falso cambio, siendo fundamentales en la caracterización del paisaje (UNAM, 2002).

Relación cobertura natural/cobertura antrópica. - es la relación entre las coberturas del terreno con las coberturas ocasionadas por actividades humanas, destaca el impacto global mediante índices de antropización (UNAM, 2002).

Extensión de la frontera agrícola. - Analiza la ampliación de la frontera agrícola dados en un tipo determinado, permite la identificación del impacto generado por actividades agropecuarias sobre áreas de bosque y matorrales (UNAM, 2002).

Áreas Naturales Protegidas. - está compuesta por áreas que se encuentran bajo protección y conservación por su riqueza biológica, servicios ecosistémicos de los cuales se benefician las poblaciones urbanas y rurales (UNAM, 2002).

2.2. Pérdida de cobertura vegetal y degradación del suelo

2.2.1. Cambio de cobertura vegetal y uso del suelo, afectación a los servicios ecosistémicos

Actualmente la alteración por cambios del uso del suelo y pérdida de la cobertura vegetal se calcula que aproximadamente un 50% de la superficie terrestre ha sido modificada por actividades antrópicas dadas principalmente por el cambio de sistemas naturales a sistemas agrícolas o urbanos (Achkar *et al.*, 2011). Estos impactos se evidencian en la sustitución de praderas naturales por cultivos o zonas forestales, esta tasa de sustitución va en aumento impulsada principalmente por factores sociales y económicos (Achkar *et al.*, 2011).

Los servicios ecosistémicos son aquellos bienes que se obtienen de los ecosistemas y de los cuales dependemos para nuestra supervivencia, siendo los de aprovisionamiento, los de regulación, los culturales y los servicios de apoyo (Balvanera y Cotler, 1985). Los seres humanos hemos obtenido numerosos beneficios de los sistemas naturales que nos rodean, así como la biodiversidad estos beneficios van desde haber transformado sistemas de producción intensiva por otros como: bosques, selvas y pastizales naturales que han sido convertidos en sistemas agropecuarios para la producción de alimentos (Balvanera y Cotler, 1985).

Los servicios ecosistémicos reconocibles se establecen según Cavalier y Smith (1985) como: provisión, también llamados recursos naturales, estos servicios proporcionan el sustento básico de la vida humana, los de regulación en cambio son los que regulan las condiciones del ambiente en que los seres humanos realizan sus actividades productivas como: la regulación climática, la regulación de los vectores de enfermedades y la regulación de la erosión de los suelos, para los servicios Culturales representan los beneficios espirituales, recreativos o educacionales se consideran en esta categoría (Balvanera y Cotler, 1985).

Finalmente, los servicios de apoyo son aquellos que aseguran el funcionamiento adecuado de los ecosistemas y el flujo de servicios de provisión, de regulación y culturales; dentro de los

beneficios se encuentra la productividad primaria, que es la conversión de energía lumínica en tejido vegetal y el mantenimiento de la biodiversidad (Balvanera y Cotler, 1985).

2.2.2. Degradación del suelo

El suelo es el principal receptor de los impactos ambientales provocados por el cambio del uso del mismo, debido a esto representa una de las problemáticas que a nivel mundial presenta interés, el cambio que se le da al suelo presenta diversos impactos que repercuten negativamente en su fertilidad y la productividad natural, entre las causas más importante está la disminución de la biodiversidad (Muñoz *et al.*, 2009).

La sustitución de la vegetación para la introducción de cultivos altera el equilibrio natural del suelo, en donde la superficie del suelo se encuentra expuesta agentes erosivos e interrumpe en el aporte de restos nutrientes al suelo, por otra parte, están los suelos secos, el abandono agrícola y la falta de prácticas agrícolas sostenibles han provocado fuertes procesos erosivos, siendo los principales causantes de la baja fertilidad del suelo con largos períodos inactivos de cultivos, también acelerando una desertificación (Muñoz *et al.*, 2009).

Dentro de las implicaciones que conllevan a la degradación de los suelos presenta diversos factores por la actividad agrícola y la expansión urbana ocupa un lugar primordial como una de las causas del deterioro de los suelos.

Los procesos degradativos del suelo son varios que se presentan, que se dan por el mal uso a los recursos naturales, los más relevantes según García (2008), son la pérdida de materia orgánica, que es cuando el ser humano cultiva la tierra y no repone la materia orgánica que, los agregados del suelo terminan por deshacerse en sus partículas constitutivas (pérdida de geles húmicos), empeorando su estructura, otros procesos que se dan son la Salinización y sodificación que aumentan el contenido de sales potásicas y sódicas del suelo, que consiste en el deterioro del calcio, que es vital para la nutrición vegetal. Por otro lado, la acidificación es la descompensación del balance de nutrientes, aquí la mayor parte de los nutrientes presentes

son lavados del suelo por el agua, los cuales son sustituidos por el hidrógeno o el aluminio; así mismo, la compactación se trata de la pérdida de la estructura del suelo, por lo tanto, este pierde sus funciones vitales con espacio poroso y volumen tornándose más denso y pesado (García, 2008).

2.2.3. Degradación ambiental en los ecosistemas

La degradación ambiental se constituye la destrucción de los ecosistemas a nivel local y global, dentro de los factores causantes de esta degradación se encuentra el ser humano, con las diferentes actividades socioeconómicas del diario vivir, es el principal factor nocivo de los ecosistemas; el deterioro del medio ambiente se da principalmente por el agotamiento de recursos como: el aire, el agua, el suelo, la destrucción de ecosistemas y la extinción de la vida silvestre (Zurrita *et al.*, 2015).

Es decir, esto se define como cualquier cambio o alteración del medio ambiente que sea perjudicial o indeseable dentro de un ecosistema, el conjunto de estos procesos que se ven influenciados se deteriora o impiden la utilización de un determinado recurso, por parte de la humanidad, siendo este deterioro ambiental relacionado con la forma en que el territorio desarrolla sus actividades económicas y con los procedimientos que emplea para explotar sus recursos naturales (Zurrita *et al.*, 2015).

2.3. Teledetección

La Teledetección estudia las variaciones espectrales, espaciales y temporales de las ondas electromagnéticas las cuales presentan correlaciones entre dichas variaciones con las características de los diferentes materiales terrestres. Su objetivo esencial se centra en la identificación de los materiales de la superficie terrestre y los fenómenos que en ella se operan a través de su signatura espectral (Sacristán Romero, 2005); lo datos adquiridos proceden de distintas plataformas refiriéndose tres tipos de información como: la espacial sobre el aspecto físico de elementos que constituyen la imagen, información espectral de la naturaleza sobre la

superficie terrestre, la información temporal siendo la detección de los cambios en un transcurso del tiempo (Chuvienco, 2010).

Las plataformas de observación son instrumentos que son susceptibles de recibir y medir la intensidad de la radiación que procede del en longitudes de onda y transformarla en una señal que permita localizar, registrar y digitalizar la información como fotografías o imágenes numéricas grabadas (Chuvienco, 2010).

2.3.1. Las técnicas de la Teledetección en el medio ambiente

La teledetección tiene como objetivo fundamental la identificación de los fenómenos que se presenten a través de su signatura espectral; su aplicación en el medio ambiente se basa principalmente en que los elementos de la naturaleza cuando presentan una respuesta espectral propia que se denomina signatura espectral (Pérez, 2011).

La teledetección en los recursos naturales, es la adquisición de información a una distancia sobre la biosfera, a través de las propiedades de la radiación electromagnética conjuntamente con la interacción de los materiales sobre la superficie terrestre; es decir esto es debido a que elementos de la naturaleza tiene una respuesta propia denominada “signatura espectral”. Los datos se recogen a través de plataformas de observación que son aéreas o espaciales, pues son datos adquiridos a partir de sistemas situados en la Tierra (Sacristán Romero, 2005)

2.3.2. Imagen satelital

La imagen digital, es una manera diferente de adquisición de información espacial, la imagen se obtiene a través del registro de los objetos sobre la superficie terrestre que son almacenados como matrices, en donde esta mínima captación de energía llamada “píxel”, siendo este la mínima unidad visual que aparece en una imagen digital, esta energía captada se traduce en un valor numérico llamado nivel digital (ND), también conocido valor de brillo o escala de grises (Gómez, 2014).

2.3.3. Clasificación y análisis de imágenes satelitales

Los algoritmos de clasificación digital utilizan la reflectancia de cada píxel en diferentes longitudes de onda y un criterio estadístico para asignarlo a una clase espectral (bosque, pasto, urbano, etc.).

Según Chuvieco (2010), existen varios procedimientos para la clasificación de imágenes, a continuación, se indicará las más comunes:

Clasificación no supervisada

Método que define las clases sin ningún previo conocimiento del área de estudio, es una búsqueda agrupando valores uniformes dentro de la imagen, es decir a partir de los niveles digitales (ND) de la imagen, el cual crea varios “cluster” con píxeles que tienen un comportamiento espectral homogéneo, en este método el analista deberá indicar cuál es el significado temático de las clases espectrales generadas, puesto que el programa no lo detecta. No obstante, en este caso el algoritmo de clasificación decide a cuál clase de información interpretar (Chuvieco, 2010).

Clasificación supervisada

Este método parte de un previo conocimiento del área de estudio, ya sea por experiencia o trabajo de campo, esto permite al intérprete delimitar correctamente las áreas (áreas de entrenamiento) de cada categoría que componen la leyenda, estas áreas sirven para entrenar al programa para que reconozca cada una de las distintas clases, para luego por medio de esto asignar el resto de píxeles de la imagen en función de sus ND con los extraídos de la referencia (Chuvieco, 2010).

Las áreas de entrenamiento tienen que ser correctamente identificadas y cubrir todas las clases, homogéneas y altamente correlacionadas para posterior realizar un análisis estadístico de unibanda para verificar y controlar los valores que se asemejen a una distribución normal, entre

los algoritmos clasificador más importantes están: Clasificador por mínima distancia, por paralelepípedos y por máxima verosimilitud (Acosta, 2017).

Mínima distancia

Este método toma como base la estimación de la mínima distancia (distancia euclidiana) al centroide estimado del conjunto de píxeles de la clase de estudio. Geométricamente estas clases generan una serie de hiper esferas a las que se les toma la mínima distancia. El píxel será asignado al conjunto cuya distancia sea menor (Giraldo y Gómez, 2018).

Paralelepípedos

En este método se definen una serie de paralelepípedos (hiper paralelepípedos, los cuales están en R_n , siendo N el número de bandas presentes en la imagen base de estudio) que definen las fronteras de cada clase (Giraldo y Gómez, 2018).

Un píxel incógnito es clasificado dependiendo del paralelepípedo al cual se inscribe; la definición de cada uno de los paralelepípedos debe hacerse teniendo en cuenta los valores máximos y mínimos de reflectividad para cada una de las bandas (Giraldo y Gómez, 2018).

Máxima verosimilitud

Este método parte de tener una muestra de reflectividad para cada clase y cada banda (Giraldo y Gómez, 2018).

El clasificador de máxima probabilidad asume que los datos siguen una función de distribución normal para asignar la probabilidad de que un píxel cualquiera pertenezca a una de las clases determinadas, de este modo, el píxel se asigna a la clase a la que es más probable que pertenezca (Giraldo y Gómez, 2018).

3. METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación consiste en la aplicación de técnicas de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG), para el análisis de cambio de cobertura y uso del suelo, mediante imágenes satelitales entre el período (1986-2017).

A continuación, el diagrama de flujo indica el procedimiento aplicado en el estudio (Chuvieco, 2010) el cual será la base para la presente investigación (ver Figura 1).

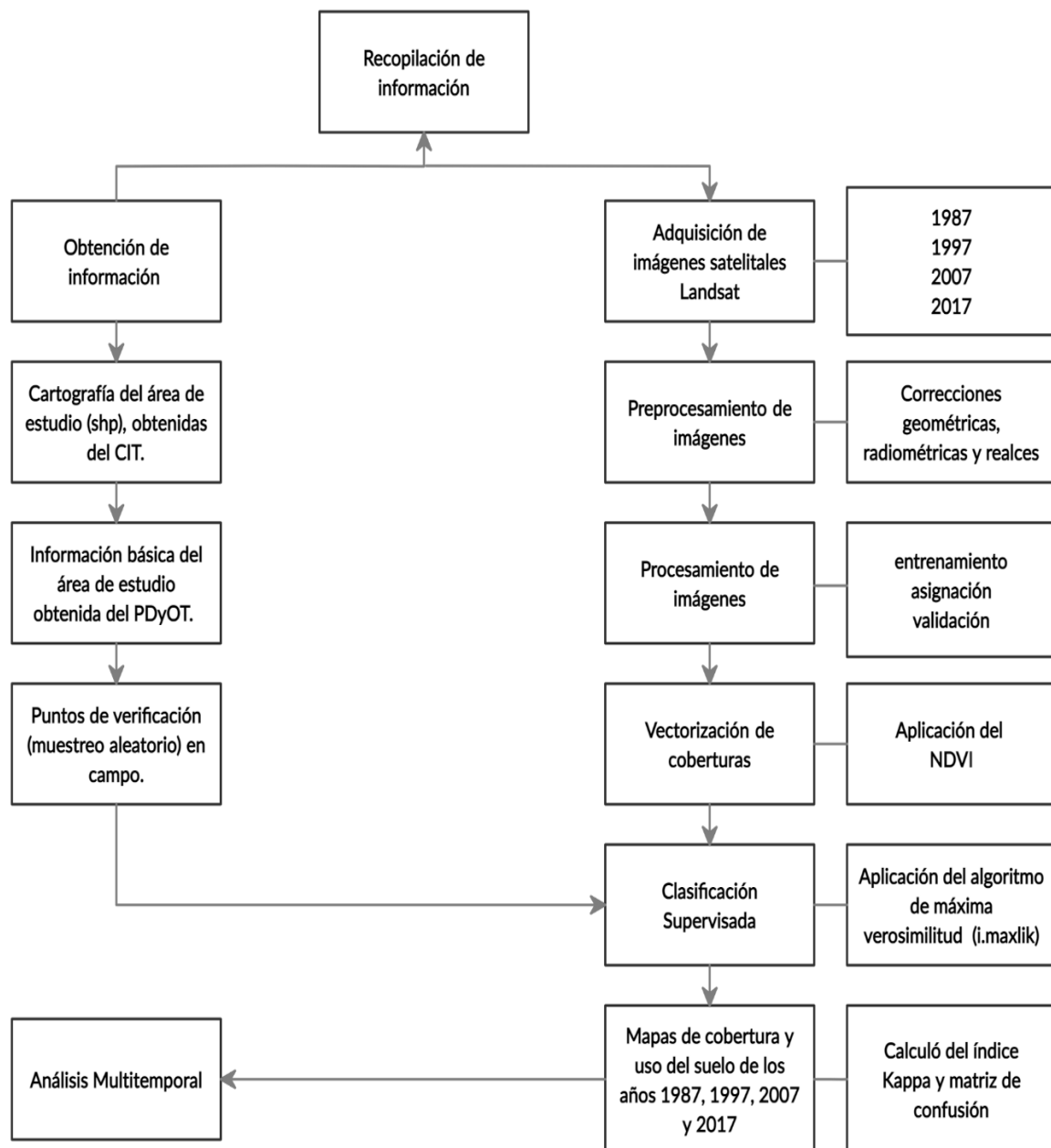


Figura 1. Proceso metodológico para determinar el cambio de uso del suelo.

Fuente. Elaboración propia. Adaptado de Chuvieco (2010).

Recursos utilizados para el desarrollo de este estudio

- Las imágenes multiespectrales utilizadas del sensor Landsat 5 y 8 OLI, correspondientes a entre el período 1986-2017, descargadas de U.S. Geological Survey (USGS), ver Tabla 1.
- Cartografía base y capas geográficas en formato digital de los cantones Sozoranga y Calvas, obtenidas del Centro de Investigaciones Territoriales de la Universidad Nacional de Loja (CIT).
- Programa para el procesamiento digital de imágenes (*GRASS 6.4.3*), y para el análisis y edición de información espacial y generación de salidas gráficas (*QGIS 2.8*), dentro del sistema operativo Ubuntu.

3.1. Área de estudio

La zona de estudio, (ver Figura 2), está comprendida por dos cantones de la Provincia de Loja, el cantón Calvas cuya superficie es de 841,1km² con una población de 29.665 habitantes. El cantón se ubica como parte del territorio del flanco occidental de la cordillera de Los Andes en el sur del Ecuador. Sus límites son: al Norte con los cantones de Paltas y Gonzanamá, al Sur con la República del Perú, al Este con los cantones de Quilanga y Espíndola y al Oeste con el cantón Sozoranga (PDYOT-C, 2014).

El cantón Sozoranga cuenta con una extensión de 410.61km² con una población de 7 465 habitantes, se encuentra cubierto por una cobertura natural principalmente por Bosque deciduo pie montano de la cordillera occidental el cual abarca un 47.44% dentro del territorio. El tipo de cobertura bosque, matorral y pastizal ocupan más del 90% del cantón. Sus límites son: al norte con el cantón Paltas, al sur con el Perú, al este con el cantón Calvas, al oeste con los cantones Celica y Macará (PDYOT-S, 2014).

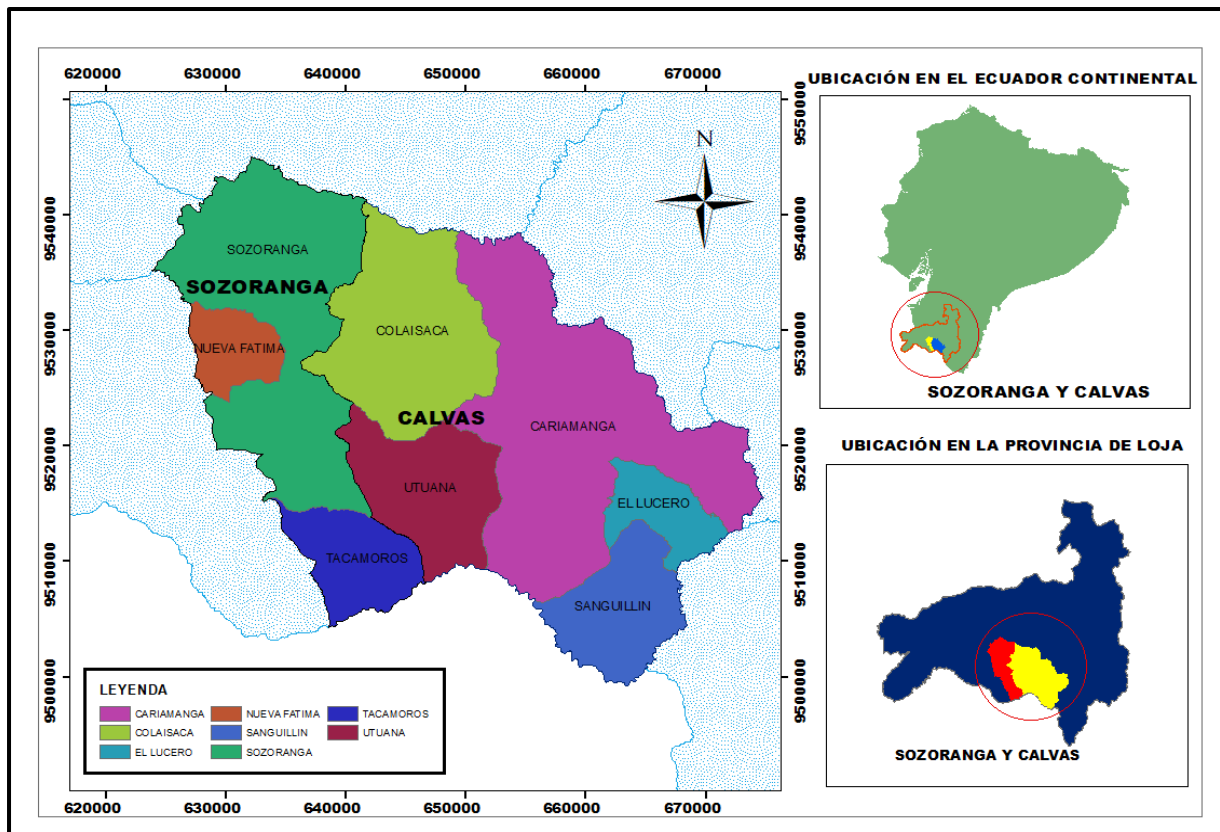


Figura 2. Ubicación del cantón Calvas y Sozoranga, provincia de Loja.
Fuente. Elaboración propia.

Población y muestra

En el presente estudio la población comprende la superficie total de cada cantón; en cuanto a la muestra en este estudio no se emplea una muestra característica debido a que es un estudio cuantitativo con análisis temporal de cambio de la cobertura natural.

3.2. Metodología para generar mapas de cobertura vegetal y uso del suelo años 1987, 1997, 2007 y 2017 en los cantones Sozoranga y Calvas

Recopilación de la información

- Se obtuvieron imágenes satelitales correspondientes al área de estudio de los cantones de Sozoranga y Calvas de los años 1987, 1997, 2007 y 2017, las mismas descargadas del servicio geológico de los Estados Unidos (Unites States Geological Survey, Earth Explorer).

- Las imágenes seleccionadas corresponden a Landsat 5 y OLI 8, cuya nubosidad de la imagen seleccionada tenga un porcentaje menor al 20%.
- Las imágenes empleadas se presentan en la (Tabla 1), y se encuentran con una temporalidad cada 10 años con un período de 30 años entre 1986-2017; cabe mencionar que debido a problemas de nubosidad no se obtuvo una imagen satelital del año 1986, por lo cual se optó en elegir una imagen del año 1987, la cual se ajustó a nuestros requerimientos descritos anteriormente, esto sin afectar al período de estudio
- Para una mejor calidad del estudio de las imágenes seleccionadas, se tomó en cuenta la estación del año, esto debido a que la imagen si se encuentra en temporada de lluvia se dificultará la vectorización de las áreas de entrenamiento.

Tabla 1. *Datos de las imágenes satelitales utilizadas en el análisis multitemporal de los cantones Sozoranga y Calvas corresponden a los meses entre julio a septiembre.*

SENSOR	FECHA	IMÁGENES
Landsat_5 TM	1987/07/16	LT05_L1TP_010063_19870716_20170212_01_T1.tar
Landsat_5 TM	1997/09/29	LT05_L1TP_010063_19970929_20161229_01_T1.tar
Landsat_5 TM	2007/08/24	LT05_L1TP_010063_20070824_20161111_01_T1.tar
Landsat_8 OLI	2017/08/19	LC08_L1TP_010063_20170819_20170826_01_T1.tar

Fuente. Elaboración propia.

Preprocesamiento de las imágenes satelitales

Correcciones

- Con las imágenes seleccionadas se trabajó en el programa GRASS 6.4.3, se partió con la importación de las bandas que comprende cada una de las imágenes satelitales, para aplicar procesos relacionados con la corrección radiométrica y geométrica.
- Se corrigió la georreferenciación la cual consiste en la rectificación de la localización espacial de las imágenes satelitales, para lo cual se designó el sistema de coordenadas Transversal Mercator (UTM)

- Una vez realizadas las correcciones pertinentes en las imágenes satelitales se procedió a delimitar el área de estudio, mediante la realización de un polígono, el cual comprende solamente los cantones a analizar.

Este proceso se lo realizó mediante el uso de comandos de programación:

“r.in.gdal input” (comando para importar las imágenes satelitales) (Perdomo, 2005).

“v.in.gdal input=zona_estudió” (comando para importar el polígono del área de estudio) (Perdomo, 2005).

Realce

- Consistió en el ajuste del contraste de la imagen, es decir se ajusta la luminosidad de los colores en cada una de las bandas que está comprendida la imagen multiespectral.
- Hay que tener en cuenta que, para la realización de la composición de bandas (combinación RGB), se escogen diferentes bandas debido al sensor de la imagen satelital en este caso para Landsat 5 fueron (3, 2,1) y para el sensor Landsat 8 las bandas fueron (4, 3,2).
- Luego se realizó la visualización de las imágenes en diferentes composiciones de color (color real, falso color).

Procesamiento de imágenes y clasificación

- Para realizar la clasificación supervisada de las imágenes satelitales, la cual consta de tres etapas: entrenamiento, asignación y validación, se siguieron los siguientes pasos:
- En la fase de entrenamiento se establecieron 8 categorías para el estudio, fueron adaptadas del protocolo metodológico para elaborar mapas de cobertura y uso de suelo de tierra de Ecuador Continental propuesta por el MAE 2015, (ver Cuadro 1).

Cuadro 1. Leyenda temática de usos del suelo. Adaptada (MAE y MAGAP, 2015)

COBERTURAS MAE (Nivel II)	NIVEL DE TRABAJO
Bosque nativo	Bosque
Plantación Forestal	
Cultivo anual	Agrícola
Cultivo semipermanente,	
Cultivo permanente	
Otras tierras agrícolas	
Mosaico Agropecuario	
Vegetación arbustiva	Vegetación arbustiva y herbácea
Vegetación herbácea	
Natural	Cuerpos de agua
Artificial	
Área poblada	Zona antrópica
Infraestructura	
Área sin cobertura	Suelo descubierto
Sin información	Nubes
	Sombra

Nota: *La categoría de nube y sombra de nube al tener una respuesta espectral con porcentaje mínimo y al no ser parte del análisis en este estudio se la unifico.

Fuente. Adaptado de la Guía metodológica para usos del suelo MAE y MAGAP (2015).

- a) **Bosque:** abarca los bosques nativos de la zona de estudio.
- b) **Agrícola:** zonas agrícolas con grandes extensiones de tierra aptas para la agricultura
- c) **Vegetación:** zonas representadas por especies herbáceas y arbustivas que se desarrollan de forma natural y espontánea.
- d) **Cuerpos de Agua:** conformado por los ríos que se encuentran en la zona y que son alimentados por las distintas subcuencas.
- e) **Zona antrópica:** Zona urbana o cobertura urbana (asentamientos humanos e infraestructura vial).
- f) **Zonas sin cobertura vegetal:** zonas erosionadas y que se encuentran severamente afectadas por la acción antrópica y donde existe poca vegetación.
- g) **Nubes y sombra de nubes:** Zonas consideradas sin información debido a que no permiten visualizar el tipo de cobertura que se encuentra en dicha área.

Para una mejor identificación de las áreas de entrenamiento, se empleó los valores del índice

normalizados (NDVI), los cuales permiten estimar la calidad y cantidad de vegetación, según los valores espectrales del NDVI presentes en la imagen, ver (Cuadro 2). En base al índice aplicado se pudo visualizar y definir las diferentes coberturas en la zona de estudio basándose en los valores que tienden a representar.

Cuadro 2. Valores de estimación de vegetación en cantidad y calidad según el NDVI.

Valor	Representación
-1 y 1	Valores negativos tienden a representar agua
Cercanos a cero	Presentan ausencia de vegetación o zonas desnudas
<0	Matorrales o poca vegetación
Valores cercanos a 1	Vegetación densa

Fuente. Elaboración propia. Adaptado de Muñoz (2013).

Aplicación del algoritmo para la clasificación supervisada

- Fase de asignación, realizamos la clasificación de las imágenes mediante el software Grass 6.4.3. e importarlas a través de la terminal del sistema operativo Linux Ubuntu, para la cual procedimos aplicar el algoritmo de máxima verosimilitud (*i.maxlik*). Este algoritmo toma como parámetros la clasificación anticipadamente calculada para etiquetar cada píxel de la imagen en una de las clases definidas. Luego procedemos a exportar en formato raster a través del comando “*r.out.gdal.input*” en la terminal de Grass 6.4.3.
- Comandos utilizados en la clasificación supervisada:
 - i.group gr:** nos permite ejecutar el análisis de combinación en las capas de la imagen raster de un grupo cualquiera, el usuario crea los grupos y los subgrupos como consecuencia selecciona las capas de la imagen raster que van a residir de ella (Perdomo, 2005).
 - i.gensig gr=** genera la estadística para el algoritmo de clasificación *imaxlik* a partir de la imagen raster (Perdomo, 2005).
 - imaxlik gr=** es el algoritmo de máxima verosimilitud el cual realiza la clasificación supervisada a través de la reflectancia espectral de la imagen, la cual genera la información

mediante firmas espectrales (Perdomo, 2005).

- Finalmente, para la fase de validación con las imágenes importadas y cargadas en el programa *QGIS 2.8*, se procedió a realizar la validación de la clasificación a través de la aplicación de la matriz de confusión, (ver Tabla 2), para lo cual generamos 100 puntos aleatorios a una distancia mínima de entre puntos de 1000 m, aquí se comprueba que la clasificación que realizamos concuerde con la realidad.
- A través de la matriz de confusión comprobamos la exactitud de los mapas generados con el cálculo de la “exactitud del productor”, esto nos indica cuán bien los pixeles de referencia han sido correctos, así como el cálculo de la “exactitud de usuario” este nos indica el porcentaje de cada clase que ha sido correctamente clasificado y finalmente se calcula la fiabilidad global, este expresa como la exactitud se reparte entre las diversas categorías individuales, este procedimiento se realiza en todas las clasificaciones de los años 1987, 1997, 2007 y 2017 (Chuvieco, 2010).
- Para medir la precisión de los mapas determinados se realiza el cálculo de los errores de “omisión y comisiones” estas expresan dos enfoques, el primero se refiere a una asignación incorrecta por parte del productor y el segundo expresa información incorrecta por parte del usuario, (ver Anexo 9 al 12).

Tabla 2. Matriz de confusión para la validación de la clasificación supervisada.

		Referencia				Total	Exactitud usuario	Error comisión
		Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase n			
Clasificación	Clase 1	X_{11}				X_{1+}	X_{11}/X_{1+}	$1 - X_{11}/X_{1+}$
	Clase 2		X_{22}			X_{2+}	X_{22}/X_{2+}	$1 - X_{22}/X_{2+}$
	Clase 3			X_{33}		X_{3+}	X_{33}/X_{3+}	$1 - X_{33}/X_{3+}$
	Clase n				X_{nn}	X_{n+}	X_{nn}/X_{n+}	$1 - X_{nn}/X_{n+}$
	Total	X_{+1}	X_{+2}	X_{+3}	X_{+n}	$\sum X_{ij}$		
	Exactitud productor	X_{11}/X_{+1}	X_{22}/X_{+2}	X_{33}/X_{+3}	X_{nn}/X_{+n}			
Error de omisión	$1 - X_{11}/X_{+1}$	$1 - X_{22}/X_{+2}$	$1 - X_{33}/X_{+3}$	$1 - X_{nn}/X_{+n}$				

Fuente. Chuvieco (2010).

Para conocer el grado de concordancia y confiabilidad de la clasificación supervisada, realizada de los años 1987, 1997, 2007 y 2017 se aplicó el índice Kappa, (ver Ecuación 1).

$$K = \frac{N\sum X_{ii} - N\sum X_{i+}X_{+i}}{N^2 - \sum X_{i+}X_{+i}} \quad [\text{Ec. 1}]$$

Donde:

N=número total de observaciones incluidas en la matriz.

X_{ii}= número de observaciones en el elemento de la fila i y la columna i.

X_{ii+}=total de observaciones en la fila i.

X_{+i}=total, de observaciones en la columna i.

A continuación, (ver Cuadro 3), se presentan las valoraciones para la validación de la clasificación supervisada.

Cuadro 3. Interpretación del índice Kappa

Valor de k	Fuerza de concordancia
< 0.20	Pobre
0.21 – 0.40	Débil
0.41 – 0.60	Moderada
0.61 – 0.80	Buen
0.81 – 1.00	Muy buena

Fuente. Torres, 2009

3.3. Determinación de los Indicadores del Subsistema natural

Los indicadores calculados fueron: tasa de deforestación, tasa de cambio de cambio en vegetación y uso de suelo, relación cobertura natural/cobertura antrópica, extensión de la frontera agrícola e indicador de áreas naturales protegidas en los cantones de Sozoranga y Calvas; la metodología aplicada está propuesta por la UNAM (2002).

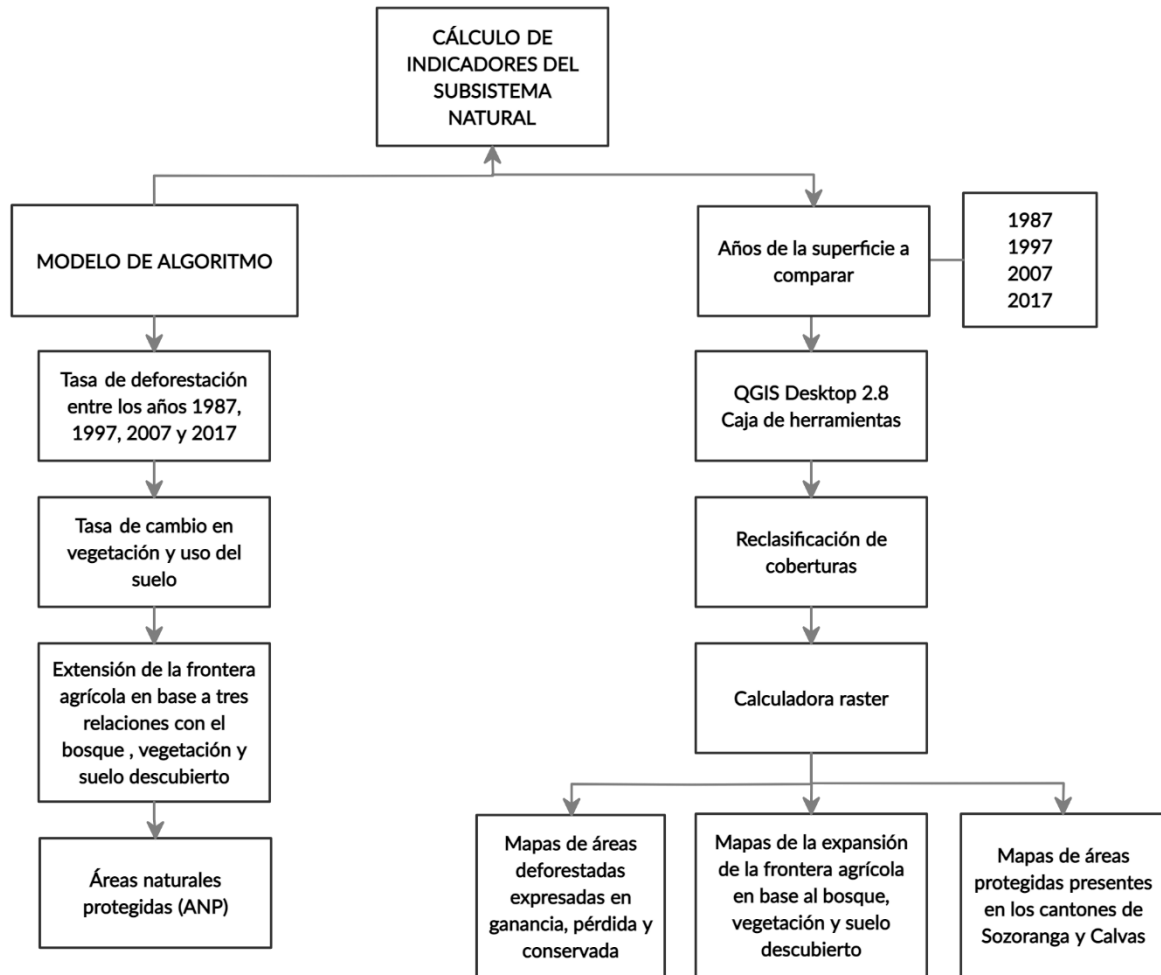


Figura 3. Metodología aplicada para el cálculo de los indicadores tasa de deforestación, Tasa de cambio en vegetación y uso del suelo, expansión de la frontera agrícola y áreas naturales. Fuente. Elaboración propia

- Tasa de deforestación

Para la obtención de los mapas de la tasa de deforestación, se realizó una reclasificación de los mapas ráster de las coberturas de uso de suelo obtenidas en el objetivo 1 de los años 1987, 1997, 2007 y 2017; se trabajó en 2 clases de coberturas, asignando a la cobertura de bosque un valor (1) y las demás coberturas como: vegetación, agrícola, cuerpos de agua, zona antrópica, suelo descubierto, nubes y sombra de nubes, asignándole un valor de (0).

Luego se procedió a restar los nuevos ráster de la reclasificación mediante la aplicación de la Map Algebra en el programa *QGIS Desktop 2.8*; de la siguiente manera entre los años 1987-1997; 1997-2007; 2007-2017; y 1987-2017.

De manera que se obtiene un mapa por cada período analizado en donde se muestra la cobertura de ganancia, pérdida y conservación. Para el cálculo de la tasa de deforestación se aplicó, el algoritmo, (ver Ecuación 2), en donde se expresa la tasa de cambio en porcentaje de la superficie al inicio de cada periodo de año a comparar.

$$\delta n = \sqrt[n]{\frac{S2}{S1}} - 1 * 100 \quad [\text{Ec. 2}]$$

Donde,

δn = tasa de cambio

S1 = superficie en la fecha inicial 1,

S2 = superficie de la fecha actual 2,

n = número de años entre las dos fechas

- Tasa de cambio en vegetación y uso del suelo

En este indicador se utilizó la sobre posición geométrica de las coberturas de uso del suelo del objetivo 1, y se calculó la tasa de cambio por cada cobertura vegetal utilizando el algoritmo, (ver Ecuación 3), propuesta por UNAM (2002); en donde se obtuvo un mapa por cada período analizado de los años 1987 – 1997; 1997 – 2007; 2007 – 2017; y 1987 – 2017, el cual muestra los valores positivos como ganancia de cobertura y valores negativos como pérdida.

$$C = \left[\sqrt[n]{\frac{T2}{T1}} - 1 \right] * 100 \quad [\text{Ec. 3}]$$

Donde,

C = tasa de cambio,

T1 = año de inicio (con el que se quiere comparar),

T2 = año actual o más reciente,

n= número de años entre T1 y T2

- Relación Cobertura natural/cobertura antrópica

Para determinar la relación entre estas dos categorías, se aplicó la metodología propuesta por Martínez (2010).

Partimos de los mapas obtenidos en el cambio de cobertura y uso del suelo de los años 1987, 1997, 2007 y 2017, a partir de ahí generamos una malla de 10 000 x 10 000 m, utilizando el programa *QGIS Desktop 2.8*, esta malla nos permitirá asignar un valor de acuerdo al grado de antropización. Posteriormente definimos la valorización que vamos asignar por cada celda de análisis, este valor corresponde al área que presente mayor antropización, (ver Tabla 3).

Tabla 3. Valores de INRA para el cálculo de antropización

Cobertura	Valor de antropización
Bosque	0.0
Cuerpos de agua	0.10
Vegetación	0.20
Suelo descubierto	0.30
Agrícola	0.50
Zona antrópica	1.00

Fuente. Elaboración propia

Luego con las dos capas sobrepuestas se procedió a calcular el grado de antropización en cada cantón de estudio, valoramos el uso del suelo por cada unidad de análisis; entonces, si el uso del suelo presenta una mayor antropización se le asignó valores cercanos a (1) y si presenta una escasa antropización se le asigna valores cercanos a (0), (ver Anexo 16), una vez ya realizado la valorización de toda la malla posterior se procede a estimar el grado relativo de antropización aplicando el algoritmo, (ver Ecuación 4).

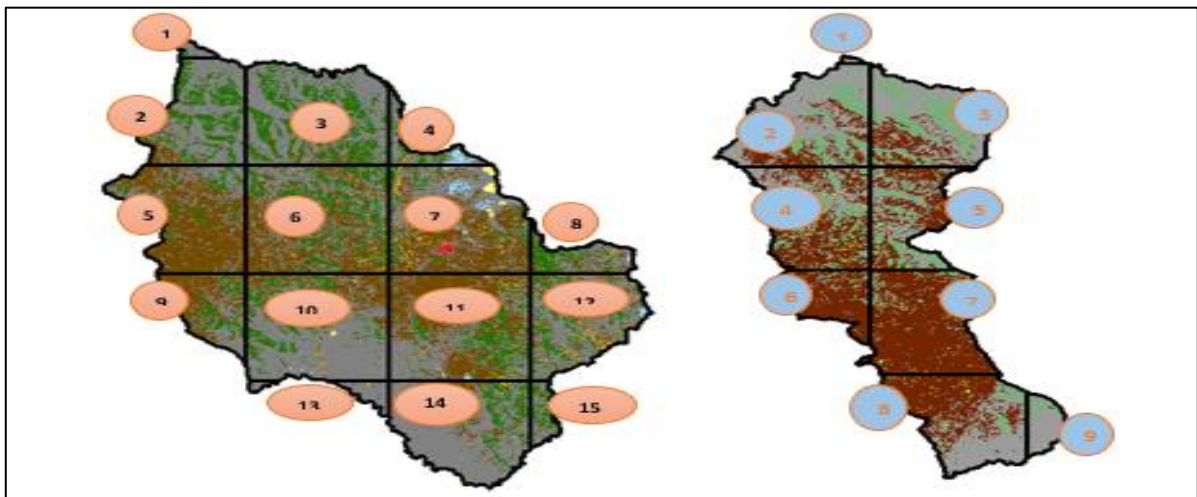


Figura 4. Visualización de los cantones Sozoranga y Calvas, aplicando la metodología de INRA. Metodología adaptada de Martínez (2010).

Fuente. Elaboración propia

$$INRA = \left(\frac{\sum SUA}{n} \right) \cdot 100\% \quad [\text{Ec. 4}]$$

Donde,

\sum SUA = sumatoria del valor de antropización parcial de todas las SUA.

N = número total de SUA.

Finalmente, se obtienen mapas de antropización por cada cantón de los años 1987, 1997, 2007 y 2017, por medio de la reclasificación del raster de cobertura y uso del suelo por cada período de estudio.

- **Expansión de la frontera agrícola**

Para la obtención de la frontera agrícola de los años 1987, 1997, 2007 y 2017 en los cantones de Sozoranga y Calvas, realizamos una reclasificación de las coberturas (bosque, vegetación y suelo), asignándole un valor establecido, (ver Tabla 4). Posteriormente realizamos una resta por cada una de las reclasificaciones empleando el Map algebra de *QGIS Desktop 2.8*; esto lo realizamos por cada período de análisis 1987-1997; 1997-2007; 2007- 2017; y 1987-2017. Obtendremos como producto final mapas con valores de pérdida, ganancia y sin cambio.

Tabla 4. Valores establecidos para la reclasificación de las categorías para la obtención de la frontera agrícola en los cantones de Sozoranga y Calvas.

RELACIÓN A		RELACIÓN B		RELACIÓN C	
Bosque	2	Vegetación	2	Suelo	2
Agrícola	1	Agrícola	1	Agrícola	1
Otros usos	0		0		0

Fuente. Elaboración propia

- **Áreas naturales protegidas**

Mediante el programa *QGIS Desktop 2.8* cuantificamos la información contenida en los shp de los bosques del cantón Sozoranga y Calvas identificadas en el año 2017 y el segundo shp con las coberturas de áreas naturales protegidas definidas por el Ministerio del Ambiente

Consideramos los siguientes: áreas bajo conservación, mancomunidades, bosque y vegetación protectora, ecosistemas y reserva de biosfera.

Con las dos capas sobre posicionadas realizamos una comparación entre las coberturas del año 2017 y las coberturas que se encuentran dentro del SNAP; como producto final obtendremos un mapa de áreas naturales protegidas tanto para el cantón Sozoranga y otro para el cantón Calvas (UNAM, 2002).

3.4. Lineamientos estratégicos enfocados al cambio de uso del suelo

Con la determinación de la situación actual de los cantones en estudio basándonos en los resultados obtenidos, dados por la relación e incidencia con el ordenamiento territorial, uso y ocupación del suelo rural, se propone a continuación los lineamientos principales para el mejoramiento de los procesos de asignación del uso, ocupación, regulación y ordenamiento territorial del suelo rural del cantón Sozoranga y Calvas.

Seguidamente teniendo como marco normativo la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo (LOOTUGS) en el Art. 17 y 18 se propone identificar; el suelo urbano y el suelo rural: se define como *SUELO RURAL, se define el cual donde se desarrollan todas las actividades de soporte que sean de ambiente agropecuario forestal o extractivo*".

Con base a lo anterior se establecieron los lineamientos para la materialización a largo plazo, con el fin de perseguir los aspectos claves, mecanismo y procedimientos de regulación del uso, ocupación del suelo rural y ordenamiento territorial.

A continuación, se presenta un resumen problemas encontrados (aspectos claves) en el diagnóstico de la situación existente, y que han llevado al uso y ocupación actual del suelo rural en el cantón Sozoranga y Calvas, y serán la base principal para llegar a establecer el mejoramiento del uso y ocupación del suelo rural en el cantón, ver (Tabla 5).

Tabla 5. Síntesis de problemas por cada cobertura analizada y las acciones propuestas para los cantones de Sozoranga y Calvas.

Síntesis de problemas identificados.	¿Cuál es la población que se afecta por la situación?	¿Dónde se localiza la situación identificada?	Acciones
Deforestación	Población en general	Quema para la ampliación de la frontera agrícola Bosques alterados	CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN
Pérdida de vegetación y uso del suelo	Población en general que se dedica a actividades ganaderas, agropecuarias.	Pérdida de fertilidad del suelo.	PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN
Áreas antrópicas	Población en general	Infraestructura vial y asentamientos humanos dispersos	RECUPERACIÓN
Agricultura	Agricultores	Sobre uso del suelo Utilización de agroquímicos en las siembras.	MANEJO PRODUCTIVA
Áreas naturales protegidas	Población en general	Pérdida de áreas naturales con riqueza en biodiversidad y pérdida de servicios ecosistémicos	CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN

Fuente. Guía para la formulación/actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) Cantonal.

Una vez identificados los problemas de cambio de uso del suelo, se procedió a formular los lineamientos estratégicos, tomando como referencia la información emitida en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantonal (PDOT), en la cual establece la distribución de usos de suelo existente en cada uno de los cantones de Sozoranga y Calvas.

Los Lineamientos Estratégicos están formulados con una línea de acción de mejora en (conservación, restauración, protección y uso sostenible), para los cantones de Sozoranga y Calvas; mediante los resultados obtenidos del análisis en el Objetivo 1 y 2, para establecer los lineamientos estratégicos se basó en los problemas encontrados, es decir los que presentaron un cambio significativo de pérdida o cambio en el período comprendido entre 1986-2017.

Igualmente, los lineamientos estarán a cargo a través de la Autoridad Nacional Ambiental (MAE), Gobiernos Autónomos Descentralizados (cantonales, municipales y parroquiales), personal técnico y administrativo relacionado con la gestión ambiental. La determinación de los lineamientos estratégicos propuestos fue adecuarlos para cada indicador determinado en el cantón de estudio.

Cabe mencionar que debido a la situación actual que vivimos por la pandemia del COVID-19, se optó por realizar esta metodología, dado que inicialmente la propuesta se la realizaría en campo con la población del lugar de estudio.

***Tabla 6.** Matriz utilizada en la formulación de lineamientos estratégicos con enfoque en ordenamiento territorial*

Lineamiento estratégico
Problema encontrado
Acción de lineamiento
Lineamiento propuesto

Fuente. Elaboración propia

4. RESULTADOS

En este apartado se indica los resultados obtenidos en base a los tres objetivos planteados:

4.1. Mapas de cambio de cobertura y uso de suelo

En este objetivo, se obtuvo cuatro mapas de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo por cada cantón de Sozoranga y Calvas entre el período 1986-2017 a una escala de impresión 1:250 000.

El área total que cubre el cantón Calvas es de $841,10\text{Km}^2$, de la cual se definieron ocho clases de uso: bosque, agrícola, vegetación, cuerpos de agua, zona antrópica, suelo descubierto, nubes y sombra de nube. Cabe mencionar que las categorías de nube y sombra de nube no se analizan en los resultados, sino que fueron consideradas con el fin de no dificultar el estudio, debido a que las imágenes contenían cierto grado de nubosidad.

El cambio de cobertura y uso del suelo en el cantón Calvas, se observa que entre las categorías con mayor cambio está la cobertura de bosque, la cual ocupaba una superficie de 22 214 ha (26.41%) en 1987 (ver Anexo 1), disminuyendo progresivamente para los años 1997 y 2007 (ver Anexo 2), con una pérdida de 19 778 ha (23.52%) a 19 029 ha (26%) respectivamente, alcanzando una disminución 12 642 ha (15.03%) en el año 2017, seguida por la cobertura de vegetación arbustiva y herbácea con 15 563 ha (18.50%) en 1987, llegando a incrementar para los años 1997 al 2017 con 37 347 ha a 43 578 ha (51%), mientras que la cobertura de suelo descubierto en el año 1987 ocupaba una superficie de 44 065 ha (52.39%), en cambio para el año 1997 y 2017 presenta una ocupación de 26 723 ha (32%), siendo en el año 1997 un incremento de 32 139 ha (38.21%) (ver Anexo 3).

La cobertura agrícola fue la que menor cambio presentó en el año 1987, la cual ocupaba una superficie de 1 077 ha (1.28%), llegando a disminuir considerablemente entre 1997-2017 con porcentajes entre el (0.10% - 0.42%) de ocupación, la cobertura de zona antrópica en el año 1987 presenta 293 ha (0.35%) y entre 1997 y 2007 la superficie disminuyó progresivamente

con 97 ha (0.12%), alcanzando un incremento de 500 ha (0.59%) en el año 2017(ver Anexo 4).

Tabla 7. Cambio de cobertura y uso del suelo expresada en superficies y porcentajes en el cantón Calvas entre el período 1986-2017

CANTÓN CALVAS								
Uso de Suelo	1987	%	1997	%	2007	%	2017	%
Bosque	22214	26,41	19778	23,52	19029	22,62	12642	15,03
Agrícola	1077	1,28	87	0,10	352	0,42	159	0,19
Vegetación	15563	18,50	37347	44,40	32282	38,38	43578	51,81
Cuerpos de Agua	129	0,15	74	0,09	101	0,12	97	0,12
Zona Antrópica	293	0,35	97	0,12	96	0,11	500	0,59
Suelo descubierto	44065	52,39	26723	31,77	32139	38,21	26922	32,01
Nubes	203	0,24	0	0,00	51	0,06	148	0,18
Sombra de nubes	562	0,67	0	0,00	57	0,07	63	0,07
TOTAL	84106	100,00	84106	100,00	84107	100,00	84109	100,00

Fuente. Elaboración propia

El cantón Sozoranga con una superficie de 410.61km², el cambio de cobertura y uso del suelo en el cantón, se observa que entre las categorías con mayor cambio con la misma tendencia está la cobertura de bosque la cual ocupaba en el año 1987 (ver Anexo 5) una superficie de 19 079 ha (46.47%), disminuyendo progresivamente para los años 1997 y 2007 (ver Anexo 6 y 7) con una pérdida de 15 691 ha (38.22%) y 10 796 ha (26.29%) respectivamente, alcanzando una disminución 9 858 ha (24.01%) en el año 2017, seguida por la cobertura de vegetación arbustiva y herbácea con 6 693 ha (16.30%) en 1987, llegando a incrementar para los años 1997 al 2007 con 13 685 ha (33.33%) a 15 230 ha (37.09%) y para el año 2017 ocupa un 23 535 ha (57.33%), mientras que la cobertura de suelo descubierto en 1987 ocupaba una superficie de 14 926 ha (36.36%), en cambio para el año 1997 y 2007 presentan una ocupación de 10 371 ha (25.26%) a 14 707 ha (25.26%), siendo en el año 2017 (ver Anexo 8) una disminución de 7 094 ha (17.28%).

La cobertura agrícola presenta una menor incidencia de cambio en los años 1987, 2007 y 2017

con una ocupación de entre 216 - 235 ha (0.58%) y para el año 1997 hay un ligero incremento de expansión con 573 ha (1.40%), la cobertura de zona antrópica en el año 1987 al 2007 presenta una ocupación lineal de 24 ha (0.06%) al 21 ha (0.05%) y para el año 2017 presentó un incremento considerable de 213 ha (0.52%), alcanzando un incremento del 500 ha (0.59%) en el año 2017.

Tabla 8. Cambio de cobertura y uso del suelo expresado en superficie y porcentaje en el cantón Sozoranga entre el período 1986-2017

CANTÓN SOZORANGA								
Uso de Suelo	1987	%	1997	%	2007	%	2017	%
Bosque	19079	46,47	15691	38,22	10796	26,29	9858	24,01
Agrícola	237	0,58	573	1,40	235	0,57	216	0,53
Vegetación	6693	16,30	13685	33,33	15230	37,09	23535	57,33
Cuerpos de Agua	79	0,19	30	0,07	71	0,17	53	0,13
Zona Antrópica	24	0,06	5	0,01	21	0,05	213	0,52
Suelo descubierto	14926	36,36	10371	25,26	14707	35,82	7094	17,28
Nubes	2	0,00	667	1,62	0	0,00	56	0,14
Sombra de nubes	13	0,03	37	0,09		0,00	27	0,07
TOTAL	41053	100,00	41059	100,00	41060	100,00	41052	100,00

Fuente. Elaboración propia

4.1.1. Cuantificación y validación del cambio de uso del suelo en los cantones de Sozoranga y Calvas entre el período 1986-2017

Para la validación de la clasificación supervisada en el cantón Calvas y Sozoranga se evaluó de acuerdo a la matriz de confusión y la aplicación del índice kappa, para las coberturas (bosque, agrícola, vegetación arbustiva y herbácea, cuerpos de agua, zona antrópica, suelo descubierto, nube y sombra de nube), esto se realiza en base a los puntos geográficos recogidos en campo.

A nivel de cobertura en el año 1987, la cobertura bosque presentó resultados iguales entre la exactitud de usuario y productor con 0.95 de 41 293 ha, mientras que el uso vegetación (arbustiva y herbácea) presentó un mayor porcentaje en la exactitud de usuario con 1, de igual

manera obtuvo un alto porcentaje en la exactitud de productor con 0.98 de las 22 256 ha, ver Anexo 9. A nivel de cobertura al año 1997, las coberturas de bosque, vegetación y suelo descubierto obtuvieron una exactitud de usuario entre (0.83-0.89) y una exactitud de productor entre (0.81-1.00), la cobertura agrícola obtuvo un porcentaje de exactitud de usuario 1 y de productor del 0.50, mientras que cobertura de cuerpos de agua presentó resultados iguales entre la exactitud de usuario y de productor con un porcentaje de 1, ver Anexo 10.

A nivel de cobertura en el año 2007, las coberturas de bosque y vegetación arbustiva y herbácea obtuvieron una exactitud de usuario de 0.87 y 0.86 y una exactitud de productor de 0.80 y 0.82 respectivamente, la cobertura de suelo descubierto presentó un porcentaje de exactitud de usuario de 0.5 y productor 0.94, mientras que la cobertura agrícola presentó una exactitud de usuario de 1 y productor 0.50, finalmente la cobertura de cuerpos de agua presentó resultados iguales entre la exactitud del usuario y de productor con un porcentaje 1, ver Anexo 11.

A nivel de cobertura en el año 2017, las coberturas de bosque, vegetación arbustiva y herbácea y suelo descubierto obtuvieron resultados con una exactitud de usuario entre 0.74-0.89 y la exactitud de productor entre 0.70-0.96, mientras que la cobertura agrícola obtuvo un mayor porcentaje en la exactitud de usuario y productor de 1, ver Anexo 12.

La exactitud de la clasificación a través de la matriz de confusión e índice kappa los resultados son los siguientes: para los años 1987 y 2007 presentan un porcentaje dentro del rango 0.61-0.80% con una fuerza de concordancia (buena), para el año 1997 y 2017 presenta un porcentaje dentro del rango de 0.81-1.00%, con una fuerza de concordancia (muy bueno), (ver Tabla 9).

Tabla 9. Resultados de la precisión global e índice kappa para los años de estudio en los cantones de Sozoranga y Calvas.

Años	Precisión global	Índice Kappa	Fuerza de Concordancia
1987	0,82	0,71	Bueno
1997	0,92	0,87	Muy Bueno
2007	0,85	0,79	Bueno
2017	0,86	0,84	Muy bueno

Fuente. Elaboración propia

4.2. Indicadores del subsistema natural en base al componente Forestal, componente de Producción y componente de Conservación.

4.2.1. Indicador tasa de deforestación

En la Tabla 10, se muestran los resultados obtenidos en el cantón Sozoranga son los siguientes: entre los años 1997-2007 es el período en que mayor pérdida de bosque presentó con el 3.67%, seguida de 1.94% entre 1987-1997 y finalmente la menor disminución de bosque fue entre 2007-2017 con el 0.90%, estableciendo una tasa de deforestación global en 30 años de 6.39%, (ver Anexo 13).

Para el cantón Calvas, la mayor pérdida de bosque fue entre 2007- 2017 con un 4.01%, seguido de 1.15% entre 1987-1997 y la menor pérdida de bosque en el período entre 1997-2007 con un 0.39%, estableciendo una tasa global de deforestación de 5.48% en 30 años, (ver Anexo 14).

Tabla 10. Tasa de deforestación en los cantones de Sozoranga y Calvas se presenta en (ha) y la tasa de deforestación en el periodo de tiempo de 1987-2017.

Año	Período a comparar	Área (ha)	Años de comparación	Cambio	Porcentaje de cambio %
CANTÓN CALVAS					
1987	10	22214	1987-1997	-1,15	98,85
1997	10	19778	1997-2007	-0,39	99,61
2007	10	19029	2007-2017	-4,01	95,99
2017	30	12642	1987-2017	-5,48	94,52
CANTÓN SOZORANGA					
1987	10	19079	1987-1997	-1,94	98,85
1997	10	15691	1997-2007	-3,67	99,61
2007	10	10796	2007-2017	-0,90	95,99
2017	30	9858	1987-2017	-6,39	94,52

Fuente. Elaboración propia

4.2.2. Indicador tasa de cambio en vegetación y uso del suelo

En la Tabla 11, se evidencia el cambio producido en el cantón Calvas donde se obtuvieron los siguientes resultados durante el período 1987-2017, la cobertura de mayor cambio es la zona antrópica con un 18.96%, seguido de la cobertura de vegetación arbustiva y herbácea con un cambio de 31.11%, mientras que los cuerpos de agua han cambiado en un 8.35%, entre las

coberturas de menor cambio se encuentra el bosque con un cambio de 6.32% y la cobertura suelo descubierto presentó un cambio del 6.79%, y finalmente la cobertura agrícola que cambio en 1.64%.

Tabla 11. Resultados de la tasa de cambio en vegetación y uso de suelo del cantón Calvas, se presentan en pérdidas y ganancias en porcentaje, entre el período (1987-1997-2007-2017).

CANTÓN CALVAS				
Uso de Suelo	1987-1997	1997-2007	2007-2017	1987-2017
Bosque	9,89	10,69	7,38	6,32
Agrícola	0,90	44,96	5,02	1,64
Vegetación	26,66	9,60	15,00	31,11
Cuerpos de Agua	6,37	15,17	10,67	8,35
Zona antrópica	3,68	11,00	57,87	18,96
Suelo descubierto	6,74	13,36	9,31	6,79

Fuente. Elaboración propia

En la Tabla 12, se muestra el cambio producido en el cantón Sozoranga entre el período 1987-2017, el mayor cambio fue en la zona antrópica un 30.60%, seguido de cobertura de vegetación arbustiva y herbácea con el 12.13%, mientras que las coberturas con menor cambio son: la cobertura agrícola con el 3.14%, los cuerpos de agua con el 2.31%, la cobertura bosque con el 1.78%, y finalmente el suelo descubierto con el 1.64%.

Tabla 12. Resultados de la tasa de cambio en vegetación y uso de suelo del cantón Sozoranga, se presentan en pérdidas y cambio en porcentaje, entre periodos de tiempo evaluados (1987-1997-2007-2017).

CANTÓN SOZORANGA				
Uso de Suelo	1987-1997	1997-2007	2007-2017	1987-2017
Bosque	9,14	7,64	10,15	1,78
Agrícola	26,86	4,56	10,21	3,14
Vegetación	22,72	12,37	17,17	12,13
Cuerpos de agua	4,22	26,30	8,29	2,31
Zona antrópica	2,31	46,67	112,70	30,60
Suelo descubierto	7,72	15,76	5,36	1,64

Fuente. Elaboración propia

4.2.3. Indicador índice de antropización (INRA)

El grado de intervención de la zona antrópica en los cantones, se presentan a continuación:

Los resultados en el cantón Calvas presentan un mayor avance de la zona antrópica con una

ocupación de 19.58% en el año 1987, teniendo un ligero incremento de un 19.76% en el año 1997, la cual alcanzó una variación significativa con un incremento del 20.94% en el año 2007 y finalmente en el año 2017 la antropización alcanzó un mayor crecimiento del 29.71%, (ver Tabla 13) y (Anexo 21).

Mientras que la intervención antrópica en el cantón Sozoranga no significó un incremento elevado el cual ocupaba el 17.96% de superficie en el año 1987, a incrementar a un 19.74% en el año 1997 y así la zona antrópica alcanzó un 20.85% en el año 2007, elevándose en un 21.75% para el año 2017 (ver Anexo 22).

Tabla 13. *Antropización de los cantones Calvas y Sozoranga de correspondiente a los años 1987, 1997, 2007 y 2017*

CANTÓN	AÑO			
	1987	1997	2007	2017
CALVAS	19,58%	19,76%	20,94%	29,71%
SOZORANGA	17,96%	19,74%	20,85%	21,75%

Fuente. Elaboración propia

4.2.4. Indicador expansión de la frontera agrícola

Resultados obtenidos en base a sus tres variables de análisis bosque, vegetación y suelo con respecto a la agricultura:

Para el cantón Calvas entre el período 1987-2017 la relación bosque-agrícola presenta una ganancia agrícola con el 1.1% con relación al bosque, de igual manera el avance de la frontera agrícola significó una ganancia del 0.79% con relación a la vegetación y para la relación en base al suelo descubierto la ganancia agrícola fue de 0.95% (ver Anexo 15).

En cuanto a la pérdida de la superficie agrícola en base al bosque fue de 0.27%, mientras que la pérdida de la frontera agrícola con respecto a la vegetación presentó el 0.53%, en cambio a la relación de suelo descubierto la agricultura perdió 0.35% (ver Anexo 16).

Mientras que el área conservada en base a la relación bosque-agrícola es de 78.41%, seguido de la relación vegetación-agrícola siendo su área conservada de 53.73% y finalmente la relación suelo descubierto-agrícola su área conservada es 61.04% (ver Anexo 17).

Tabla 14. *Porcentajes del avance de la frontera agrícola en el cantón Calvas entre el periodo 1987-2017*

COBERTURA	AVANCE DE LA FRONTERA AGRÍCOLA		
	Ganancia	Pérdida	Conservación
Bosque	15,93%	4,38%	78,41%.
Agrícola	1,01%	0,27%	
Vegetación	6%	38,94%	53,73%.
Agrícola	0,79%	0,53%	
Suelo descubierto	29,15%,	8,50%	61,04%.
Agrícola	0,95%	0,35%	

Fuente. Elaboración propia

Para el cantón Sozoranga el avance de la frontera agrícola (ver Tabla 15) significó una ganancia de 0.76% con respecto a la cobertura de bosque, seguida de la relación suelo descubierto-agrícola la cual ocupó una ganancia del 0.47% y la relación vegetación-agrícola esta obtuvo una ganancia de 0.36% sobre la vegetación (ver Anexo 18).

En cuanto a la pérdida en base a la cobertura vegetación-agrícola, la agricultura presenta una pérdida de 0.68% y en la relación de suelo-agrícola la pérdida fue de 0.52% y finalmente el área pérdida agrícola es de 0.27% con respecto a la cobertura bosque (ver Anexo 19).

Las áreas conservadas en base a la cobertura de bosque fueron de 72.55%, seguido de la cobertura suelo descubierto con un área conservada de 68.97% y finalmente la cobertura de vegetación presentó un área conservada de 51.55% (ver Anexo 20).

Tabla 15. *Porcentajes del avance de la frontera agrícola en el cantón Sozoranga entre el periodo 1987-2017*

COBERTURA	EXPANSIÓN DE LA FRONTERA AGRÍCOLA		
	Ganancia	Pérdida	Conservación
Bosque	24,09%	2,33%	72,55%.
Agrícola	0,76%	0,27%	
Vegetación	3,40%,	44%	51,55%.
Agrícola	0,36%	0,68%	
Suelo descubierto	24,49%,	5,55%	68,97%.
Agrícola	0,47%	0,52%	

Fuente. Elaboración propia

4.2.5. Indicador de áreas protegidas

Los resultados obtenidos en base al análisis de las áreas naturales protegidas en el cantón

Calvas, se destaca áreas como bosque y vegetación protectora con 2 304.98 ha, el área bajo conservación con 2 894.24 ha, ecosistemas con 8 4001.56 ha, mancomunidades con 8 4052.21 y finalmente, áreas privadas con una extensión de 2 844,23 ha, (ver Tabla 16) y (Anexo 23).

En el cantón Sozoranga entre el período 1987-2017, se encontró áreas protegidas como bosque y vegetación protectora con una superficie de 41 147.50 ha; áreas bajo conservación con una superficie 135.35 ha, ecosistemas con una extensión de 41 147.50 ha, vale destacar que este cantón presentó una reserva de biosfera de 41 060.63 ha y finalmente el área de mancomunidades con una extensión de 41 153.33 ha, (ver Tabla 17) y (Anexo 24).

Tabla 16. *Presentación de las áreas protegidas que se encuentran dentro del cantón Calvas, se da su extensión en hectáreas.*

ÁREAS PROTEGIDAS EN EL CANTÓN CALVAS					
	Área bajo conservación	Bosque y vegetación protectora	y Ecosistemas	Mancomunidades	Áreas privadas
Área (ha)	2894,24	2304,98	84001,56	84052,21	2844,23

Fuente. Elaboración propia

Tabla 17. *Presentación de las áreas protegidas que se encuentran dentro del cantón Sozoranga, se da su extensión en hectáreas.*

ÁREAS PROTEGIDAS EN EL CANTÓN SOZORANGA					
	Área bajo conservación	Bosque y vegetación protectora	Ecosistemas	Mancomunidades	Reserva de biosfera
Área (ha)	135,35	3 410,96	41147,50	41 153,33	41 060,63

Fuente. Elaboración propia

4.3. Lineamientos estratégicos para atenuar el cambio del uso de suelo en los cantones de Sozoranga y Calvas

A continuación, se presentan los Lineamientos estratégicos para cada indicador propuesto en el subsistema natural, ver (Cuadro 4 al 7), que presentan los problemas encontrados y sus respectivas acciones.

Cuadro 4. Lineamiento estratégico para el cambio de uso del suelo en los cantones de Sozoranga y Calvas.

LINEAMIENTO ESTRATÉGICO PARA USO DEL SUELO	
INTERVENCIÓN TERRITORIAL	Áreas de importancia en recuperación productiva, económica y de protección.
TRATAMIENTO	Recuperación productiva y conservación
PROBLEMÁTICA	<p>CALVAS: la cobertura vegetal y cobertura de suelo comprendida entre (1987-2017), la vegetación presentó un incremento en 10.85%, y la de suelo en este período disminuyó en 4.80% de la superficie total.</p> <p>SOZORANGA: la cobertura de vegetación comprendida entre (1987-2017), presentó un incremento en 13.27%, en cambio la cobertura de suelo en dicho período presentó una disminución de 6.97% de superficie, debido a las actividades que se desarrollan en los cantones de estudio que se describen a continuación:</p> <p>Sobre utilización del uso del suelo, es decir la sobreexplotación de aptitud del suelo ocasionando impactos en el territorio, lo cual ocasiona limita las aptitudes agrícolas del suelo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Degradación del suelo por efecto de quemas, ocasionando infertilidad de los suelos. - Degradación y erosión por efecto de actividades ganaderas. - Pérdida de especies de flora y fauna. - Deterioro de los suelos por actividades agropecuarias.
ACCIONES DEL LINEAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Manejo de suelos para mejorar la fertilidad y productividad de los mismos. - Promover sistemas ganaderos sostenibles o sistemas silvopastoriles de acuerdo a la institución pertinente en este caso el MAE. - Promover prácticas agras productivas que busquen la conservación de suelos. - Generar una normativa que prohíba actividades agro productivas que den como consecuencia la estabilidad de los suelos a través de instituciones pertinentes. - Promover que cualquier modificación del uso o aprovechamiento del suelo, deberá estar verificada en un estudio agroecológico e interpretación de su capacidad de uso emitido por el MAE y GAD cantonal.
METAS	

Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021:		Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones
Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015 – 2030:		Objetivo estratégico 2: Reducir las presiones y el uso inadecuado de la biodiversidad a niveles que aseguren su conservación. Objetivo estratégico 4: Fortalecer la gestión de los conocimientos y las capacidades nacionales que promuevan la innovación en el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.
Política Agropecuaria 2020 – 2030:		Objetivo estratégico 6: Fortalecer la resiliencia al cambio climático, con medidas de mitigación y adaptación de agricultura sostenible, climáticamente inteligente.

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 5. Lineamiento estratégico para el cambio de uso forestal en los cantones de Sozoranga y Calvas.

LINEAMIENTO ESTRATÉGICO PARA USO FORESTAL	
INTERVENCIÓN TERRITORIAL	Áreas de importancia en conservación
TRATAMIENTO	CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN
PROBLEMÁTICA	<p>Deforestación SOZORANGA: La dinámica de la deforestación comprendida entre el período 1987-1997 la cobertura de bosque disminuyó al 2%, así mismo en el período de 1997-2007, perdió el 3.54% de cobertura, y para el período evaluado entre 2007-2017, aumentó a un 0.86% de cobertura.</p> <p>Deforestación CALVAS: entre 1987-1997 significó 1.15% de pérdida de sus bosques, sin embargo, para el periodo de 1997-2007, su pérdida representó una disminución del 0.39%, y entre 2007-2017 representó la mayor pérdida de cobertura con el 4% de superficie. A continuación, se describe las posibles causas de esta problemática:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La deforestación, la destrucción de los suelos y la vertiginosa apertura de carreteras en el cantón Sozoranga y Calvas contribuyeron a la reducción del bosque nativo. - Deforestación causada por la ampliación de la frontera agrícola.
ACCIONES DEL LINEAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Concientizar a la población acerca de maneras sostenibles en la ampliación de la frontera agrícola. - Iniciativa de acceso a incentivos (financieros y no financieros) orientados al desarrollo de alternativas productivas sostenibles y libres de deforestación en áreas de conservación las cuales están definidas en planes de protección y manejo integral de estas áreas conjuntamente por el GAD Cantonal. - Difusión de los beneficios ambientales a través de la implementación de iniciativas públicas y privadas de conservación de bosques con la participación responsable de instituciones pertinentes de Sozoranga y Calvas.

- Regeneración natural y conservación estricta con la participación de las entidades del cantón como las comunidades, las juntas de directivas, las asociaciones.
- Generar participación a las comunidades en base a la siembra de especies maderables con fines comerciales articulada al Programa de Incentivos para la Reforestación impulsada por el MAE.
- Promover el aprovechamiento de productos no maderables del bosque.

METAS

Código Orgánico Ambiental (COA) - Los bosques protectores son bosques y vegetación protegida constituidos por formaciones vegetales, naturales o cultivadas, arbóreas, arbustivas o herbáceas, de dominio público o privado.

Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021: **Objetivo 3:** Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.

Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015 – 2030: **Objetivo estratégico 2:** Reducir las presiones y el uso inadecuado de la biodiversidad a niveles que aseguren su conservación.

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 6. Lineamiento estratégico para el cambio de uso antrópico en los cantones de Sozoranga y Calvas.

LINEAMIENTO ESTRATÉGICO PARA USO ANTRÓPICO

INTERVENCIÓN TERRITORIAL Áreas de importancia de recuperación

TRATAMIENTO RECUPERACIÓN

PROBLEMÁTICA **SOZORANGA:** está constituida por zonas urbanas dando una antropización del 21.75% entre el periodo analizado de 1987-2017.

CALVAS: entre el periodo de 1987-2017, el grado de intervención es de 29.71% ya sea por asentamientos humanos o por la infraestructura vial, en los antes mencionados cantones.

- Inadecuada apertura de vías en las parroquias de los cantones de Sozoranga y Calvas.
- Deficiente conectividad de la red vial inter-parroquial e inter-cantonal.
- Asentamientos humanos dispersos sin planificación alguna.

ACCIONES DEL LINEAMIENTO - Promover procesos de Participación social para el cumplimiento en el margen de protección de vías.

- Impulsar medidas correctivas sobre las carreteras de los cantones del estudio que producen un “EFECTO BARRERA” sobre el movimiento de la fauna.
- Fortalecimiento de las capacidades técnicas locales que promuevan una articulación interinstitucional dirigida a incrementar la capacidad de respuesta ante los desastres que se produzcan por efecto de amenazas antrópicas en el sector socioeconómico.
- Proponer medidas, que incrementen la capacidad de respuesta ante los asentamientos humanos como son: fortalecimiento organizativo para la reubicación de asentamientos rurales, y medios de vida.
- Fortalecimiento técnico del GAD cantonal para fomentar la infraestructura verde donde lo amerite, respetando los protocolos de asentamiento en los márgenes de ríos y cauces.

METAS

Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021: **Objetivo 1:** Garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas. **Objetivo 3:** Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.

Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015 – 2030: **Objetivo estratégico 2:** Reducir las presiones y el uso inadecuado de la biodiversidad a niveles que aseguren su conservación.

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 7. Lineamiento estratégico para el cambio de uso agrícola en los cantones de Sozoranga y Calvas.

LINEAMIENTO ESTRATÉGICO PARA USO AGRÍCOLA

INTERVENCIÓN TERRITORIAL Áreas de recuperación por actividades agrícolas

TRATAMIENTO MANEJO PRODUCTIVO

PROBLEMÁTICA **SOZORANGA:** en cuanto a lo determinado de acuerdo a la relación de suelo-agrícola se evidenció una pérdida de suelo de 5.5.5% y una ganancia de 24.49%, mientras que la pérdida agrícola fue de 0.52% y una ganancia de 0.47% y la superficie que se ha mantenido conservada es del 68.97%.
CALVAS: entre el periodo de 1987-2017 se determinó que en relación de suelo-agrícola se presentó una pérdida de suelo de 8.50% y una ganancia de 29.15%, mientras que para la agricultura representó una pérdida de 0.35% y una ganancia de 0.95% y la superficie conservada fue del 61.04%.

	- La agricultura en el cantón se encuentra en zonas de fuerte pendiente lo que ocasiona la pérdida de la capa arable del suelo.
ACCIONES DEL LINEAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Planes de gestión en la mejora de la fertilidad del suelo y la productividad de los mismos, planteados por el MAE. - Fortalecer iniciativas de Bio-emprendimientos sostenibles basados en agricultura sostenible a lo largo de toda la cadena de valor que ejecutan los distintos actores sociales involucrados y fomentar su estabilidad y replicabilidad. - Promover mediante programas de restauración aquellas áreas incorrectamente utilizadas para la agricultura volviéndose a sus condiciones iniciales. - Fomentar una producción agrícola con beneficios enfocados en mejorar la calidad de vida de la población y el ambiente, basadas en la protección del suelo y protección de los recursos hídricos, evitando el uso de fertilizantes y plaguicidas nocivos.
METAS	
Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021:	Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones
Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015 – 2030:	Objetivo estratégico 2: Reducir las presiones y el uso inadecuado de la biodiversidad a niveles que aseguren su conservación. Objetivo estratégico 4: Fortalecer la gestión de los conocimientos y las capacidades nacionales que promuevan la innovación en el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.
Política Agropecuaria 2020 – 2030:	Objetivo estratégico 6: Fortalecer la resiliencia al cambio climático, con medidas de mitigación y adaptación de agricultura sostenible, climáticamente inteligente.

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 8. Lineamiento estratégico para el cambio de uso áreas protegidas en los cantones de Sozoranga y Calvas.

LINEAMIENTO ESTRATÉGICO PARA USO DE ÁREAS PROTEGIDAS	
INTERVENCIÓN TERRITORIAL	Áreas con prioridad en conservación
TRATAMIENTO PROBLEMÁTICA	CONSERVACIÓN SOZORANGA
	<ul style="list-style-type: none"> - Bosques alterados por la deforestación y quemas por actividades agropecuarias.
	CALVAS

- Tala de árboles generalmente para la ampliación de la frontera agrícola.
- Incendios forestales.
- Pastoreo intensivo.
- Actividades antrópicas como apertura de vías y asentamientos humanos.
- Actividades productivas como la ganadería.

ACCIONES DEL LINEAMIENTO

- Promover la conservación de los bosques, con la generación de incentivos económicos que favorezcan la producción sostenible.
- Reforestación, protección y/o mantenimiento de la cobertura natural existente.
- Impulsar la restauración de bosques cercanos a riberas de cuerpos hídricos que signifique una conexión con fragmentos vegetales, posibilitando corredores ecológicos entre especies animales y vegetales.
- Fomentar una articulación conjunta del área de conservación municipal del cantón con el sistema de áreas protegidas, priorizando aquellas áreas con ecosistemas reguladores de servicios ambientales, a través de programas de incentivos.
- Fortalecimiento técnico del GAD cantonal para la creación o incorporación de fondos destinados a la conservación, protección, restauración y recuperación de los servicios ambientales y la biodiversidad de los ecosistemas frágiles y degradados.

METAS

Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021:

Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones

Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015 – 2030:

Objetivo estratégico 2: Reducir las presiones y el uso inadecuado de la biodiversidad a niveles que aseguren su conservación.

Objetivo estratégico 4: Fortalecer la gestión de los conocimientos y las capacidades nacionales que promuevan la innovación en el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

Política Agropecuaria 2020 – 2030:

Objetivo estratégico 6: Fortalecer la resiliencia al cambio climático, con medidas de mitigación y adaptación de agricultura sostenible, climáticamente inteligente.

SNAP

Brindar alternativas de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la prestación de bienes y servicios ambientales.

Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población.

Fuente. Elaboración propia.

5. DISCUSIÓN

Análisis del cambio de uso del suelo en los cantones de Sozoranga y Calvas entre el período 1986-2017.

De acuerdo al análisis realizado, en los cantones de **Sozoranga y Calvas**, es evidente el cambio de cobertura y uso del suelo, (ver Tablas 7 y 8), en donde se detallan los mismos con sus respectivos porcentajes en cada período analizado, 1987, 1997, 2007 y 2017. Estudios propuestos sobre cambio del uso del suelo, consideran que estas modificaciones son producto de múltiples alteraciones a la superficie terrestre como resultado de las actividades humanas (Lambin y Meyfroidt, 2010).

Otro factor que incide en este proceso, es el impacto ambiental que se genera a través de los asentamientos humanos, provocando el cambio de uso del suelo, y consecuentemente el agotamiento de los servicios ecosistémicos (Zurrita *et al.*, 2015).

En base a la información propuesta por el PDYOT-S (2015), manifiesta que los recursos forestales en el cantón Sozoranga se encuentran altamente degradados por la deforestación y las quemas. En los resultados obtenidos en el presente trabajo investigativo podemos deducir que efectivamente, en el cantón **Sozoranga** entre los años 1986-2017 la cobertura de bosque presentó un mayor cambio, teniendo una pérdida del 24,01% de cobertura; estadística que concuerda con el (PDYOT-L, 2014); en donde debido a las ineficientes prácticas agrícolas, erróneamente encaminadas a obtener áreas de cultivo y de ganadería, tales como: el arado y riego, el sobrepastoreo, la quema, la tala del bosque; que lejos de brindar beneficio alguno, solamente han provocado la infructuosidad de estas áreas. Así mismo evidenciamos los cambios ocurridos en el cantón **Calvas** cuyos resultados obtenidos en el estudio en donde se ve marcada la disminución de la cobertura de bosque ocupando el 26.41% en el año 1987 llegando a disminuir a un 23.52% y 22.62% en el año 1997 y 2007 respectivamente, mientras que para el año 2017 presentan una pérdida elevada con el 15.03% de su cobertura.

En un estudio más reciente en el cantón **Sozoranga** se evidencia dos fenómenos que afectan a la actividad agrícola, al ser netamente rural su economía se ve afectada por dos fenómenos: el primero debido a fenómenos naturales, como sequías e inviernos, lo que han ocasionado grandes pérdidas (Coordinación, Planificación y Desarrollo Territorial, 2016); otro significativo problema es el urbanismo en la ciudad rural, el cual se manifiesta mediante la emigración del habitante rural a las ciudades, abandonando el campo y ocasionando escasez de mano de obra agrícola (PDyOT-L, 2015). Esta realidad se refleja en los resultados obtenidos en el cantón **Sozoranga** en donde la cobertura agrícola ocupaba 237 ha en el año 1987, manteniéndose en un rango de entre 235 ha a 216 ha para el año 2017. La misma problemática presenta en el **Calvas** en donde la cobertura agrícola no alcanza incremento significativo con una ocupación de 1 077 ha que sería el 1,28% en el año 1987, disminuyó al año 2017 con una ocupación del 0.42%; en un estudio propuesto por Santos y Costro, esta problemática se ve vinculada a que el suelo presenta un tiempo de vida productiva de menor a 10 años debido a los procesos erosivos presentes en el cantón **Calvas** (Santos y Costro, 2012). Como principal actividad económica se fundamenta en la producción agrícola y pecuaria, y su variedad de clima da lugar a que se cultiven diversos productos agrícolas cuyos ingresos económicos son su base económica están el café, maíz, arveja, frejol, naranja y panela (Arias, 2011).

El cambio de la cobertura de vegetación arbustiva y herbácea, que presenta son evidentemente progresivos durante los años encuadrados lo que refleja nuestra investigación, cubriendo grandes áreas del cantón **Sozoranga**, cuyo incremento se observa que va desde 16.30% al 57.33% entre 1987-2017, siendo el desarrollo óptimo en cuanto a vegetación de este tipo en zonas con baja precipitación, sean estos sitios altos o bajos en cuanto a la distribución está presente en los cantones Paltas, Chaguarpamba, Gonzanamá, Calvas, Espíndola, Sozoranga, Saraguro y Loja (Jaramillo, 2014). Así mismo el cantón **Calvas** presenta en el año 1987 una ocupación de 18.50%, para lo cual en el año 2017 se incrementó a un 51.81% lo que a su vez

se corrobora con estudios realizados en donde, se demuestra que el área cubierta por vegetación originaria en un período de 32 años, disminuyó a un 46 % (Sierra, 2013).

Por otra parte, según datos estadísticos revelan un acelerado crecimiento urbano que ha ocasionado la fragmentación social y territorial, originando una presión antrópica en territorios ecológicamente sensibles y agro productivos, cuya consecuencia serían áreas netamente urbanas (Coordinación de Gobernabilidad, Planificación y Desarrollo Territorial, 2016). De manera distinta ocurre en el cantón **Sozoranga** donde, se encuentra entre los cantones con menor densidad poblacional, los resultados demuestran que esta problemática en cuanto a la tasa de crecimiento de la población rural desde el año 1974 al 2007 se observa un decrecimiento total, en donde la zona antrópica no alcanza un incremento entre el 0.01% al 0.52% entre 1987-2017, siendo unos de los factores los procesos migratorios de rural a urbano (PDyOT-L, 2015). De igual manera la cobertura antrópica en el cantón **Calvas**, según estudios propuestos por el INEC, establecen al cantón Calvas como unos de los cantones más representativos poblacionalmente con el 6.8% (30.438 habitantes), esto sin lugar a duda se da por el proceso acelerado de la urbanización (CGPDT, 2016). Estos datos no se ajustan a los resultados obtenidos en el análisis, por cuanto se destaca una ocupación del 0.35% en el año 1987 mientras que en el 2017 la zona antrópica aumentó a un 0.59%.

De acuerdo a la cobertura suelo descubierto, revelan una variación muy significativa en el cantón **Calvas** con impacto positivo el cual se redujo pasando de 44 065 ha a 26 922 entre 1987-2017, corroborando estos resultados con lo propuesto por el Instituto de Estudios Ecuatorianos (2012), donde la capacidad del uso del suelo no presenta una fuerte limitación en cuanto a fertilidad ya que solo el 13.55% de su cobertura es suelo infecundo. Se argumenta que en base al desarrollo agropecuario que cubre el 27.16% de ocupación, se produce la conversión de zonas en proceso de regeneración natural (PDYOT-C, 2014).

En cambio, el cantón **Sozoranga** también redujo la cobertura de suelo la cual pasó de 36.36% a 17.28%.

Análisis de los indicadores del subsistema natural

A nivel del Ecuador según estudios realizados por el Ministerio del Ambiente (MAE, 2015), la tasa de deforestación a nivel continental, se acercaba a las 47 497 ha/año, con una tasa anual promedio de 0.37%, comprendida desde el año 2008-2014; mientras que para la provincia de Loja la tasa de deforestación anual es de 1815 ha/año en el mismo período de tiempo (Peña, 2018). De forma similar, la tasa de deforestación con mayor impacto presentó en el cantón **Sozoranga** entre 1987-2017 con una tasa global de 6.39%, esto según un estudio propuesto por Jaramillo (2014) en donde los bosques secos de (Zapotillo, Macará, Celica, Pindal, Puyango y Sozoranga) han sido sobreexplotados y degradados por extracción de madera, incremento de la frontera agrícola, incendios forestales y pastoreo de ganado caprino y bovino (Jaramillo, 2014). Al contrario, ocurre en el cantón **Calvas** presentando una menor tasa de deforestación global con un 5.48% esto se relaciona a las estadísticas en donde se ve afectado en medida por incendios forestales (Soto, 2017). A diferencia de estas estadísticas debido a que solamente en el año 2019 se perdieron 20 ha de cobertura boscosa por incendios forestales (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2019).

La actividad agrícola en los cantones **Sozoranga y Calvas** cubren únicamente el 2.32% y el 4.07% respectivamente, de su área total (Cueva, 2012). Esta situación concuerda con los resultados obtenidos en este estudio en donde la frontera agrícola ocupa entre del 1.57% al 0.19% entre 1987-2017 de notándose una pérdida de cobertura, pese a ser cantones netamente agrícolas y ganaderos. Otro estudio propuesto por la FAO, en donde muestra la realidad de la estructura agraria ecuatoriana, la agricultura empresarial (AE) y la agricultura familiar campesina (AFC): la agricultura empresarial al ser realizada a gran escala ocupa el 80% del territorio, utilizando el 63% del agua para riego, uso excesivo de agroquímicos y energía para

la exportación; mientras que la agricultura familiar campesina con menos recursos económicos, ocupa el 20% del territorio, el 37% de agua para riego y su producción apenas se orienta a satisfacer las necesidades de consumo local (FAO, 2020).

La presión de los asentamientos humanos hacia los recursos naturales, el mayor impacto fue en el cantón **Calvas**, cuyos resultados demostraron que la expansión antrópica incrementó un 19.58% a 29.71% entre 1987-2017, en donde el interés por ampliar las zonas agrícolas, talas, quemas de vegetación, así como la ocupación de nuevos espacios en ganadería han destruido la masa forestal (PDYOT-C, 2014). En el cantón **Sozoranga**, el grado de intervención antrópica se determinó un incremento de un 17.96% al 21.75% en el año 1987-2017, en donde la mayor concentración de asentamientos se encuentra en la ciudad de Sozoranga y en menor escala en las parroquias cuyos asentamientos son dispersos (Torres, 2018). En otro estudio realizado se muestra una realidad que se asemeja a estos resultados en donde el 99.4% del área deforestada en el Ecuador entre 1990 y 2000 fue transformada a zonas agropecuarias, el 0.14% a infraestructura (áreas urbanas y asentamientos rurales), y el 0.46% a otros tipos de cobertura. Entre el 2000 y el 2008, el 99.4% del área deforestada fue transformada a áreas agropecuarias, el 0.23% a infraestructura y 0.37% a otros (Sierra, 2013).

Por otro parte, las Áreas Naturales Protegidas del Ecuador está integrado por 33 áreas protegidas, de las cuales una de ellas está presente en el cantón **Calvas** entre la más importante está la reserva privada “Utuaña” cuya extensión de 250 ha. La reserva es manejada por las fundaciones Jocotoco y Arcoíris, siendo un refugio de varias especies de aves endémicas tumbesinas que están amenazadas (Castillo, 2009). Se puede considerar que estos bosques son considerados como “Corazón del Centro de Endemismo Tumbesino”; una de las regiones más importantes para la conservación en el mundo. La región Tumbesina es una zona de alta representación biológica (Jaramillo, 2014). De la misma forma en el Cantón **Sozoranga** entre

sus áreas protegidas entre la más importante se encuentra la Reserva Privada “El Tundo” de propiedad de la Fundación Ecológica Arcoíris, este bosque primario alberga cerca de 130 especies de aves, y bosque protector “Jorupe Jatumpamba” abarcando un área de 8.000 ha (Castillo, 2009). Estas estadísticas se ajustan debido a que, en el año 2017, el cantón estableció casi 20 mil hectáreas de áreas protegidas con el fin de recuperar la integridad y funcionalidad ecológica en zonas degradadas prioritarias de servicios ambientales (NaturalezayCultura, 2017).

Lineamientos estratégicos con fines de recuperación en el cambio de uso del suelo

La propuesta de lineamientos estratégicos para los cantones en estudio se basó en la normativa de la LOOTUGS en su Artículo 28 la cual define “el Componente estructurante del plan de uso y gestión de suelo, estará constituido por los contenidos de largo plazo que respondan a los objetivos de desarrollo y al modelo territorial deseado según lo establecido en el plan de desarrollo y ordenamiento territorial municipal, y las disposiciones correspondientes a otras escalas del ordenamiento territorial, asegurando la mejor utilización de las potencialidades del territorio en función de un desarrollo armónico, sustentable y sostenible, a partir de la determinación de la estructura urbano-rural y de la clasificación del suelo”.

Debido una planificación territorial sin ningún enfoque ambiental ha llevado al territorio a degradarse por problemas como: asentamientos humanos, la identificación y clasificación de estructuras agrarias y rurales, modelos urbanos básicos, la apreciación de la inestabilidad y dinamismo de ciertas formas y procesos naturales, lo cual ha provocado que recursos naturales se escaseen por la falta de áreas adecuadas para su desarrollo; la ordenación y gestión del territorio de manera sostenible debe concebirse como una herramienta en la cual su principal enfoque debe ser integral y pluri-sectorial, ya que al ser un portador de recursos naturales y recursos económicos (ya que genera bienes y servicios), por lo que requiere de una adecuada gestión (Salinas, 2013).

6. CONCLUSIONES

- En los cantones de estudio entre los años 1987-2017, los mayores cambios de uso del suelo observados en la cubierta vegetal, en base a las ocho categorías analizadas la cobertura de bosque, vegetación y suelo descubierto han experimentado mayor incidencia de cambio, producto de sus actividades agro productivas, donde es evidente el deterioro del suelo y tendencia de procesos erosivos.
- El cambio de cobertura y uso de suelo entre el período 1987-2017 la mayor pérdida de cobertura de bosque presenta el cantón Sozoranga con 9858 ha de la superficie total.
- El subsistema natural presente en los cantones de estudio entre 1987-2017, el impacto ambiental generado está dado por la deforestación, la ampliación de la frontera agrícola seguida de la zona antrópica; estos impactos se evidencian en los elevados porcentajes de fragmentación en el ecosistema.
- En cuanto a los lineamientos enfocados al cambio de cobertura y uso del suelo, podemos concluir que este estudio sea tomado como base para la articulación de todos los actores involucrados y exista un manejo adecuado del uso de suelo.

7. RECOMENDACIONES

- Una vez comprendidas las problemáticas ambientales en los sectores en donde se ha centrado el presente trabajo investigativo, tanto en el cantón Sozoranga, como Calvas, es preciso una articulación y elaboración de proyectos viables en donde se consideren óptimamente estas interrelaciones de sus componentes con propósitos de potencializar las fortalezas naturales de cada uno de ellos.
- Establecidos los indicadores de los subsistemas naturales abordados, se diseñan estrategias encaminadas a ser sensibilizadas y socializadas con la comunidad a efecto de un adecuado manejo y aprovechamiento sostenible del suelo.
- A través de los lineamientos buscar formas sostenibles de aprovechamiento de los recursos naturales a través de sus potencialidades y sus limitaciones, priorizando el desarrollo a largo plazo.
- En base a los datos obtenidos, formular los lineamientos estratégicos pertinentes como insumo a ser considerado en los Planes de ordenamiento territorial, dada su actualidad y pertinencia para la reducción de los impactos de cambio del uso del suelo.

8. REFERENCIAS

- Achkar, M., Domínguez, A., Díaz, I., y Pesce, F. (2011). La intensificación del uso agrícola del suelo en el litoral oeste del Uruguay en la última década. *Pampa*, 143–157. https://doi.org/10.14409/pampa.v1i7_sup.3207
- Acosta, A. (2017). Elaboración de una clasificación no supervisada y supervisada para generar las coberturas vegetales de una satelital Landsat 7 ETM usando los programas R y PCI Geomatics con el fin de comparar los resultados obtenidos (Tesis) [Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17262/AcostaOvalleAndreaPatricia2017.pdf;jsessionid=BD1B297083D5F01A602A20E5AA2BF04E?sequence=5>
- Arias, J. (2011). “identificación y dinamización del corredor aviturístico de endemismo tumbesino, sector bosque hanne-utuana.” [Universidad Nacional de Loja]. https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/1055/1/tesis_jonathan.pdf
- Bajocco, S., Angelis, A., Perini, L., Ferrara, A., y Salvati, L. (2012). The impact of Land Use/Land Cover Changes on land degradation dynamics: A Mediterranean case study. *Environmental Management*, 49(5), 980–989. <https://doi.org/10.1007/s00267-012-9831-8>
- Balvanera, P., y Cotler, H. (2009). Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. *Nature*, 315(6017), 283–284. <https://doi.org/10.1038/315283b0>
- Castillo, M. (2009). Cómo incide la deforestación de la zona periférica del Valle de Loja, en la creación de una propuesta pictórica paisajística [Universidad Nacional de Loja]. In *Tesis de grado*. <https://bit.ly/2HpuXgl>
- CGPDT. (2016). Diagnóstico del Sistema de Asentamientos Humanos. In *Informe nacional* (Vol. 4, Issue 1).

http://www.prefecturaloja.gob.ec/documentos/pdtot/ASENTAMIENTOS_HUMANOS.pdf

Chuvieco, E. (2010). Teledetección Ambiental. La observación de la tierra desde el espacio (3^o, pp. 1–590). Barcelona. Editorial Ariel.

Comité Técnico Institucional para el proceso preparatorio de HÁBITAT III. (2018). Posición Nacional del Ecuador frente a la Nueva Agenda Urbana. In *Informe Nacional*. https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/06/Posicion-nacional-del-ecuador-oficial_8M.pdf

Cueva, J. L. (2012). Elaboración y análisis del estado de la cobertura vegetal de la provincia de Loja - Ecuador (Tesis de maestría) [Universidad Internacional de Andalucía]. In *Universidad Internacional de Andalucía*. <https://dspace.unia.es/handle/10334/1794>

ESNGR. (2019). Informe de Situación No.39 - Incendios Forestales a nivel nacional 2019 (Issue 111). <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2018/10/SITREP-5-Informe-de-Situación-SGR-2018-031008.pdf> Recuperado en marzo de 2021.

FAO. (2020). Ecuador en una mirada. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura. <http://www.fao.org/ecuador/fao-en-ecuador/ecuador-en-una-mirada/es/> Recuperado en noviembre de 2020

García, E. (2008). El proceso de expansión urbana y su impacto en el uso de suelo y vegetación del municipio de Juárez, Chihuahua. [El Colegio de la Frontera Norte]. In *Colegio de la frontera Norte* (Vol. 151, Issue 4). <https://doi.org/10.1016/j.cell.2009.01.043>

Giraldo, G. A. A., y Gómez, D. P. S. (2018). Análisis multitemporal por teledetección del cambio de cobertura en las veredas Pantanillo y Las Palmas del municipio de Envigado en el período comprendido entre los años 1997 y 2016 [Universidad Católica de Manizales]. In *Facultad de Ingeniería y Arquitectura*.

[http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/2134/Gustavo Adolfo Alzate Giraldo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/2134/Gustavo%20Adolfo%20Alzate%20Giraldo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Gómez, M. (2014). *REGISTRO DE IMÁGENES DE TELEDETECCIÓN ESPACIAL* [Facultad de Matemática, Física y Astronomía]. <http://hdl.handle.net/11086/15875>

Jaramillo, G. A. (2014). Desarrollo de la Fase de Análisis y Diagnóstico del Sistema Ambiental del PDyOT de la provincia de Loja, utilizando herramientas (Maestría) *SIG* [Universidad San Francisco de Quito]. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3255/1/000110445.pdf>

Lambin, E. F., y Meyfroidt, P. (2010). Land use transitions: Socio-ecological feedback versus socio-economic change. *Land Use Policy*, 27(2), 108–118. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.09.003>

Lezama, J., y Domínguez, J. (2006). Medio ambiente y sustentabilidad urbana. *Papeles de Población*, 12(49), 153–176 Recuperado en 4 de febrero de 2020. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-74252006000300007&lng=es&tlng=es.

Loredo, E., Reyes, H., Reyes, O., Flores, J., y Sahagún, F. (2016). Cambios en la cubierta vegetal, usos de la tierra y escenarios futuros en la región costera del estado de Oaxaca, México. *Revista Madera y Bosques*, 22, 125–140. Recuperado en 08 de abril de 2020 http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712016000100125

MAE y MAGAP. (2015). *Protocolo metodológico para la elaboración del mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador Continental*. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal SNI 2014/USO DE LA TIERRA/01-METODOLOGIA_MAPA_COBERTURA_USO.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/USO%20DE%20LA%20TIERRA/01-METODOLOGIA_MAPA_COBERTURA_USO.pdf)

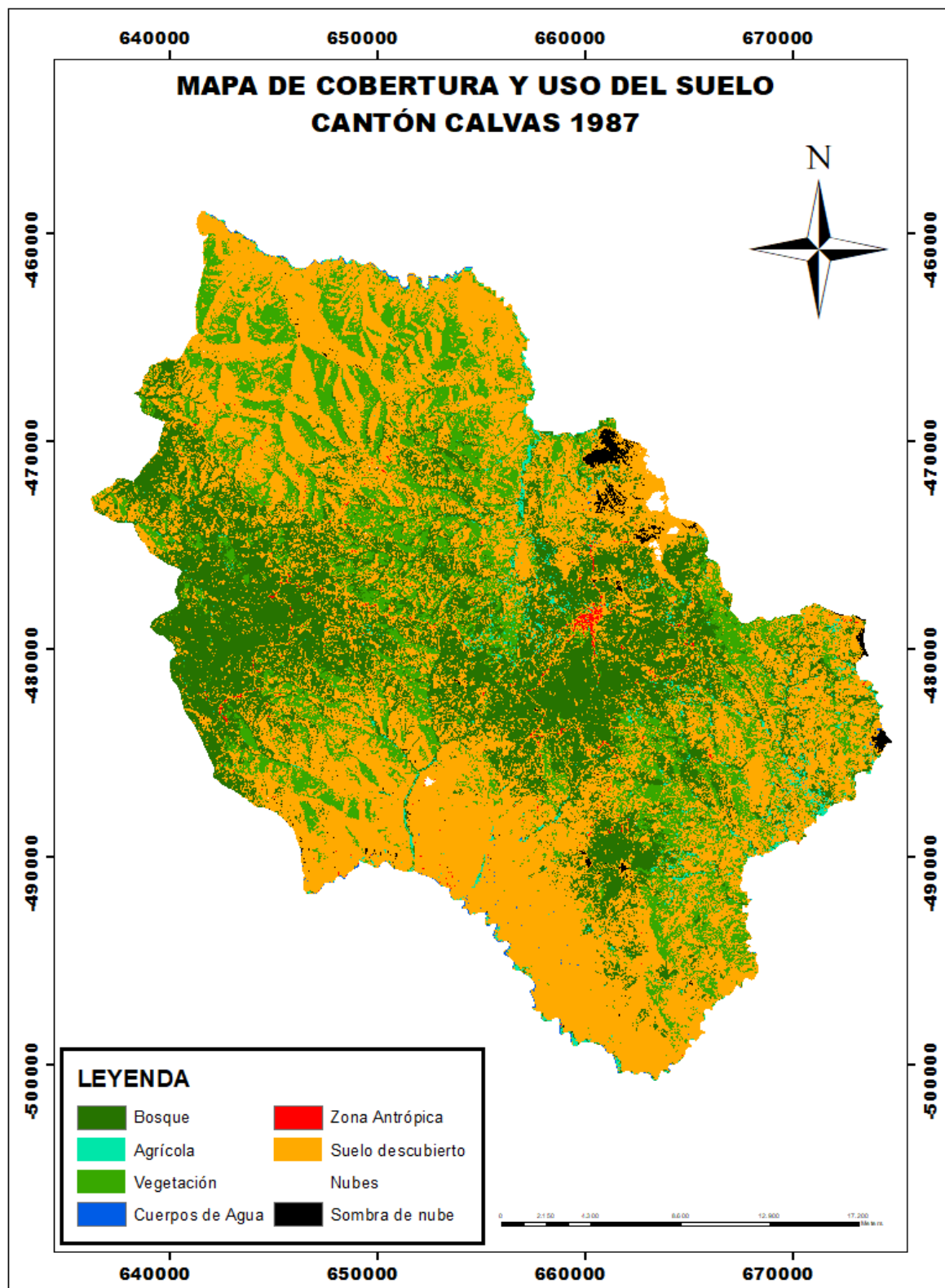
- MAE y STPE. (2014). Dictamen de prioridad proyecto “Gestión Integrada para la lucha contra la desertificación de la tierra y la adaptación al cambio climático”. *DIZE-SZ6A*.
<http://www.cipav.org.co/pdf/noticias/RESTAURACION-CARCAVA-Dagua.pdf>
- Martínez, W. (2010). INRA - índice integrado relativo de antropización: propuesta técnica conceptual y aplicación. *Intropica: Revista Del Instituto de Investigaciones Tropicales*, 5(1), 37–46. <https://doi.org/10.21676/23897864.152>
- Muñoz, D., López, G., Hernández, M., Soler, A., y López, F. (2009). Impacto De La Pérdida De La Vegetación Sobre Las Propiedades De Un Suelo Aluvial. *Revista Terra Latinoamericana*, 27(3), 237–246. Recuperado en 08 de diciembre de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792009000300008
- Nájera, O., Bojórquez, J., Cifuentes, J., y Marceleño, S. (2010). Cambio de cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Mololoa, Nayarit. *Biociencias*, 1(1), 19–29.
- NaturalezayCultura. (2017). *Sozoranga estableció casi 20 mil hectáreas de áreas protegidas*.
[I.<http://www.naturalezaycultura.org/spanish/htm/news/2017-10-Sozoranga.htm>](http://www.naturalezaycultura.org/spanish/htm/news/2017-10-Sozoranga.htm)
Recuperado en 1 de marzo de 2021
- PDYOT-C. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Calvas 2014-2019*. <https://www.gobiernocalvas.gob.ec/index.php/sistema-informacion-local/territorial/pdyot-2014-2019/category/58-planes-y-programas>
- PDyOT-L. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Loja 2015-2025*. <https://prefecturaloja.gob.ec/documentos/lotaip/2019/PDOT-2019.pdf>
- PDYOT-S. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Sozoranga 2014-2019*.
https://docs.wixstatic.com/ugd/8a65c3_5fa0b57dad7d4f3bb0556835c83b82e6.pdf

- Perdomo, A. (2005). *Procesamiento digital de imágenes en Grass*.
<https://download.tuxfamily.org/tuxgis/geodescargas/ProcesamientoDigitalDeImágenesEnGrass.pdf>
- Pérez, M. (2011). Aplicaciones de la Teledetección y SIG en la caracterización de humedales en la reserva de la biosfera de la mancha húmeda (Tesis) [Universidad Complutense de Madrid]. https://eprints.ucm.es/id/eprint/13964/2/TFM_Maria_Perez.pdf
- Pinos y Arévalo, N. (2016). Prospectiva del uso del suelo y cobertura vegetal en el ordenamiento territorial - Caso cantón Cuenca. *Estoa. Revista De La Facultad De Arquitectura Y Urbanismo De La Universidad De Cuenca*, 5(9), 7–19.
<https://doi.org/10.18537/est.v005.n009.02>
- Sacristán Romero, F. (2005). La tecnología al servicio del medio ambiente. *Ra Ximhai*, 1, 601–634. <https://doi.org/10.35197/rx.01.03.2005.10.fr>
- Salinas, E. (2013). Reflexiones acerca del papel del ordenamiento territorial en la planificación y gestión ambiental. *Perspectiva Geográfica*, 18(1), 141–156.
<https://doi.org/https://doi.org/10.19053/01233769.2254>
- Sanhouse-Garcia, A. J., Bustos-Terrones, y., Rangel-Peraza, J. G., Quevedo-Castro, A., & Pacheco, C. (2017). Multi-temporal analysis for land use and land cover changes in an agricultural region using open-source tools. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 8, 278–290. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2016.11.002>
- Santos, W., y Costro, D. (2012). Estudio De La Pérdida Del Recurso Suelo Mediante El Cálculo De Tasas De Erosión Y Propuesta De Estrategias De Manejo De Suelos, Determinadas Por Las Características Socio-Ambientales De Los Andes Ecuatorianos “[Pontificia Universidad Católica del Ecuador].
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7094/6.H07.001317.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

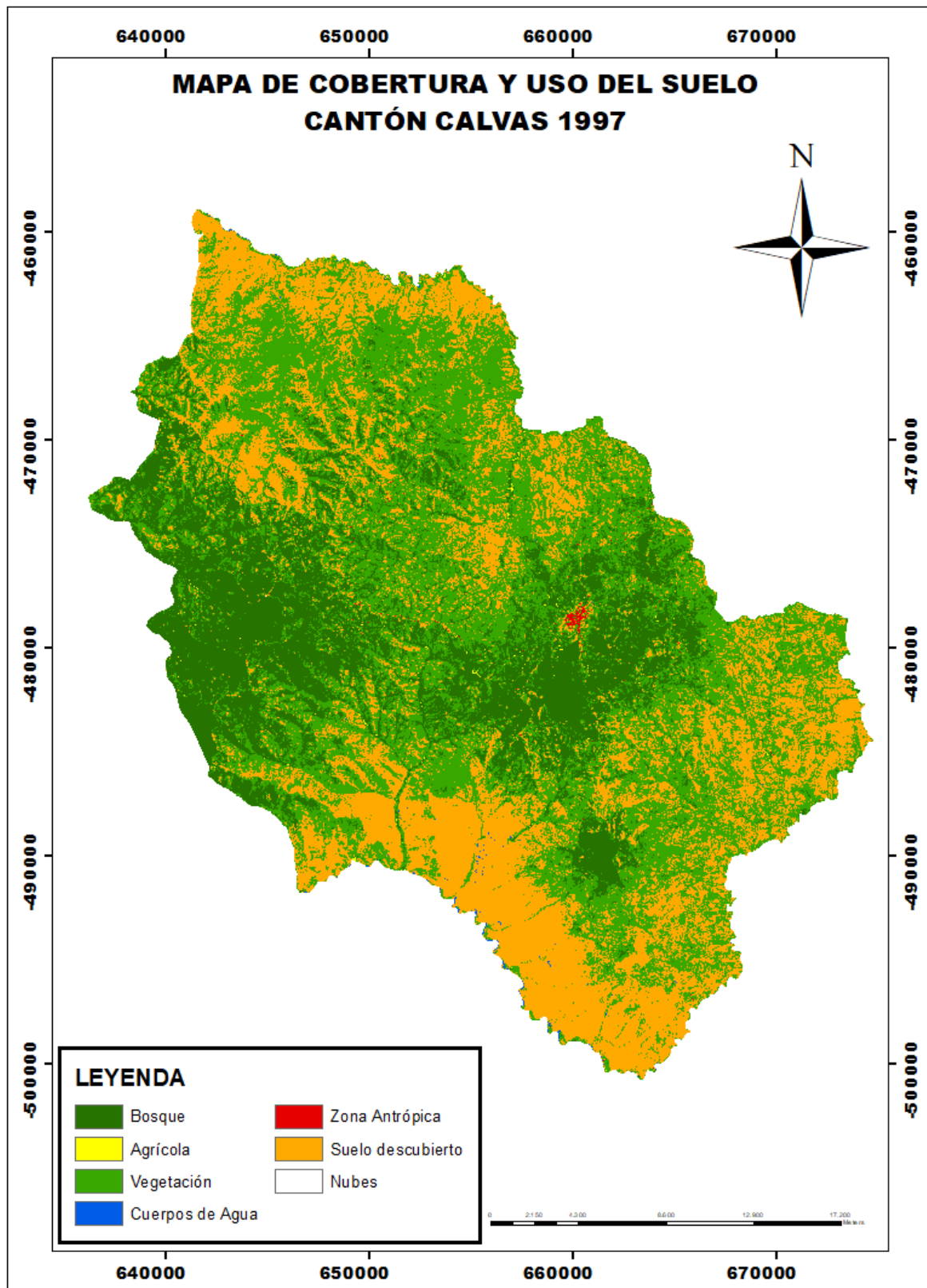
- Sierra, R. (2013). Patrones y Factores de Deforestación en el Ecuador Continental, 1990-2010. Y un Acercamiento a los Próximos 10 Años. In *Conservación Internacional Ecuador y ForestTrends*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.028%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.06.003%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.09.002>
- Soto, F. (2017). Cartografía, evaluación y seguimiento de incendios forestales de la zona sur del Ecuador usando datos satelitales (*Tesis*) [Universidad Técnica Particular de Loja].
[http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/16221/1/Soto Torres%2C Fátima Priscila_TESIS.pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/16221/1/Soto_Torres%2C_Fátima_Priscila_TESIS.pdf)
- Torres, H. J. (2018). “Lineamientos para el mejoramiento del uso y ocupación del suelo rural en el cantón Sozoranga provincia de Loja” (Maestría) [Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. In *Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Maestría)*.
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/13785>
- UNAM. (2002). Indicadores del subsistema natural. In *Indicadores para la caracterización del territorio* (1°, pp. 21–39). Impreso y hecho en México.
<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/434/indic1.pdf>
- Zurrita, A., Badii, M., Guillen, A., Lugo, S., y Aguilar, J. (2015). Factors Causing Environmental Degradation. In *Daena: International Journal of Good Conscience* (Vol. 10, Issue 3). [http://www.spentamexico.org/v10-n3/A1.10\(3\)1-9.pdf](http://www.spentamexico.org/v10-n3/A1.10(3)1-9.pdf)

9. ANEXOS

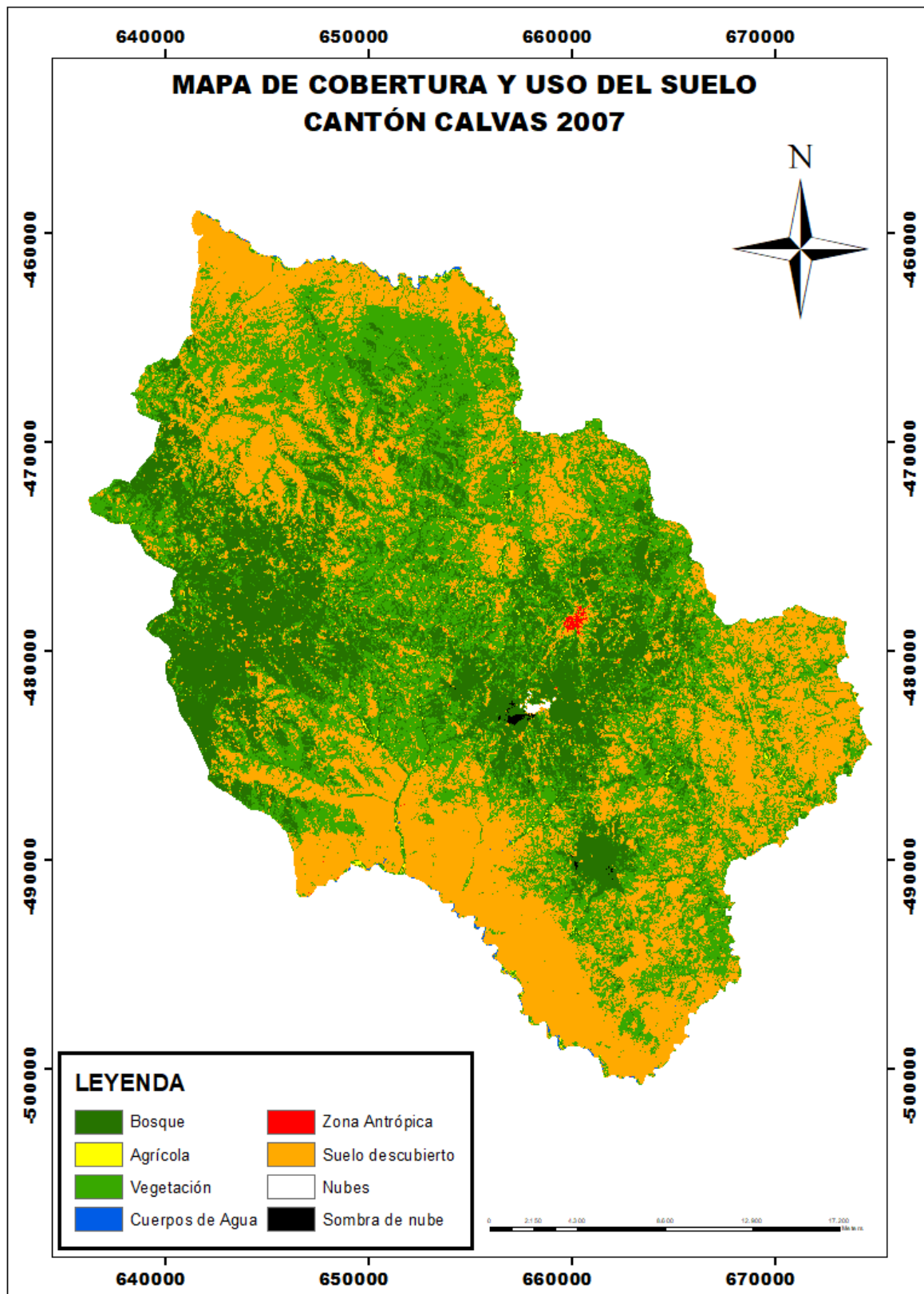
Anexo 1. Mapa de cobertura y uso del suelo en el cantón Calvas año 1987



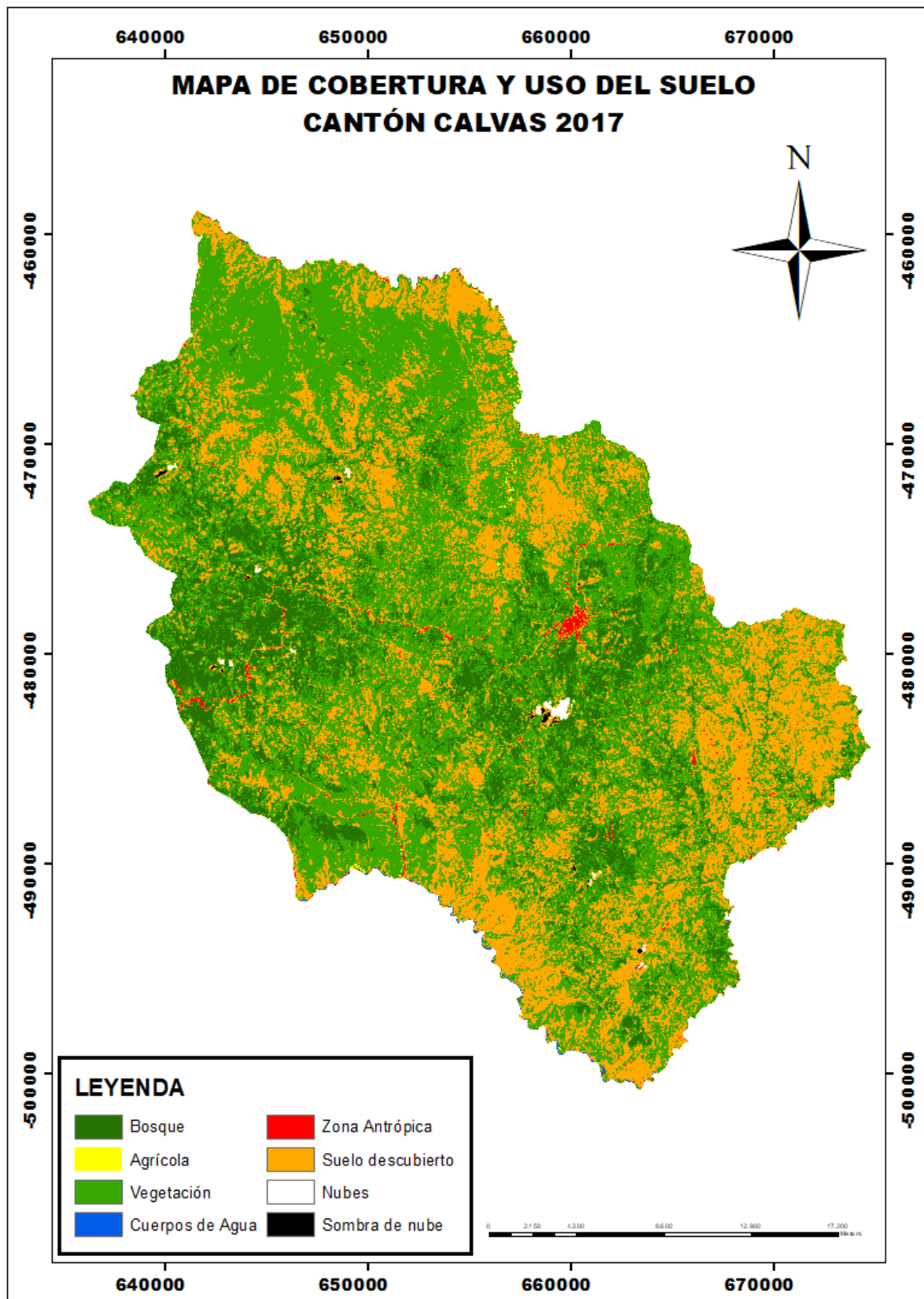
Anexo 2. Mapa de cobertura y uso del suelo en el cantón Calvas año 1997



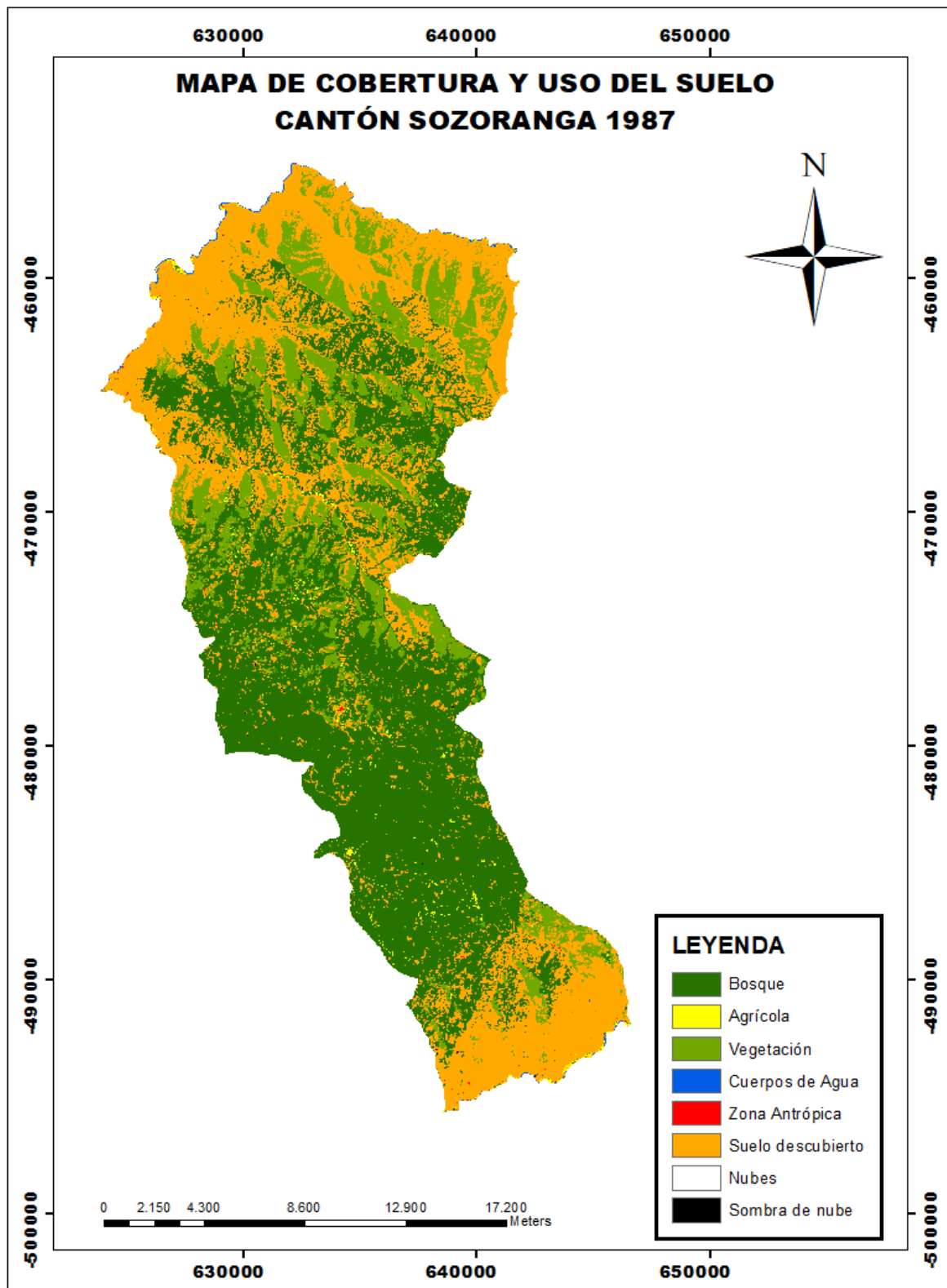
Anexo 3. Mapa de cobertura y uso del suelo en el cantón Calvas año 2007



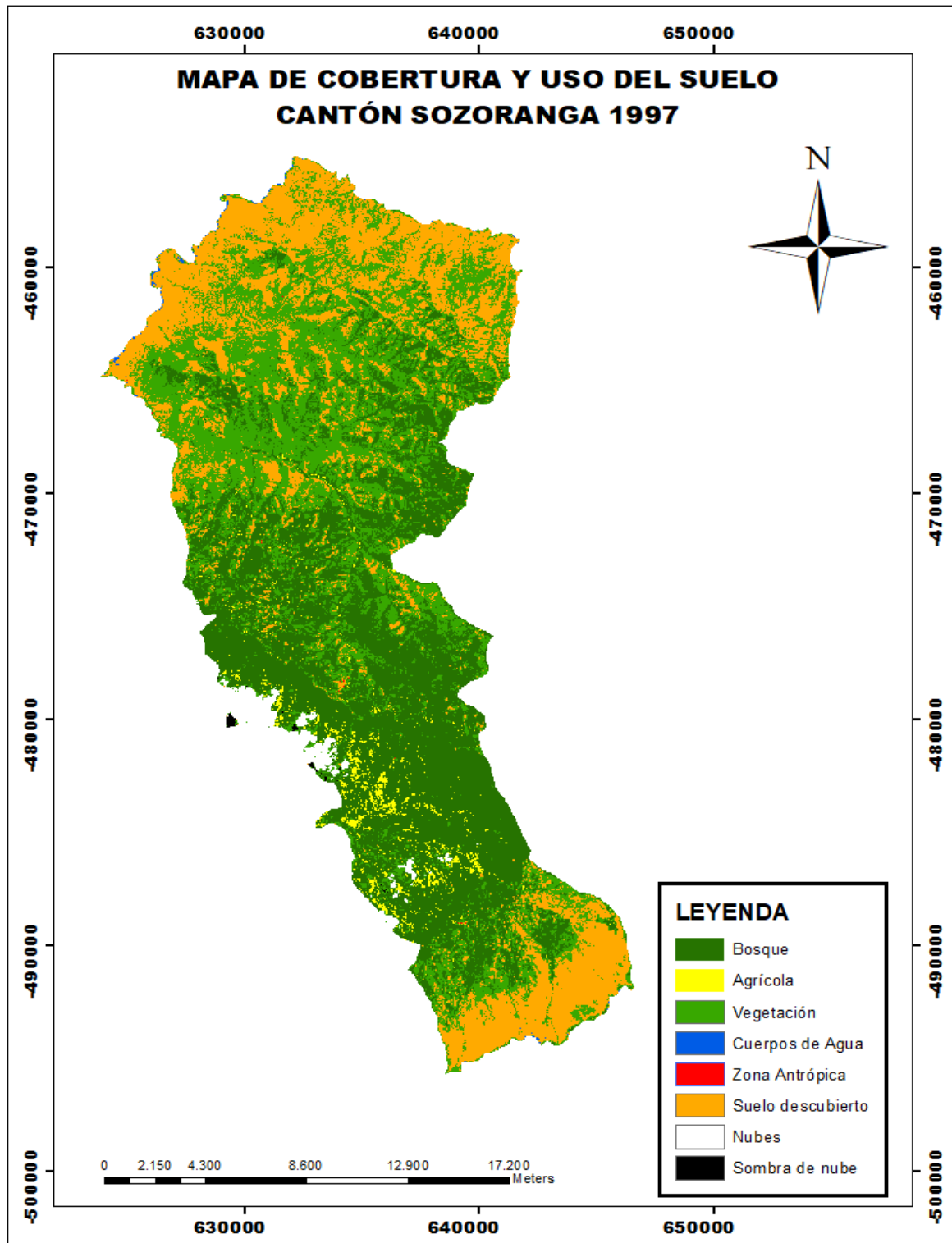
Anexo 4. Mapa de cobertura y uso del suelo en el cantón Calvas año 2017



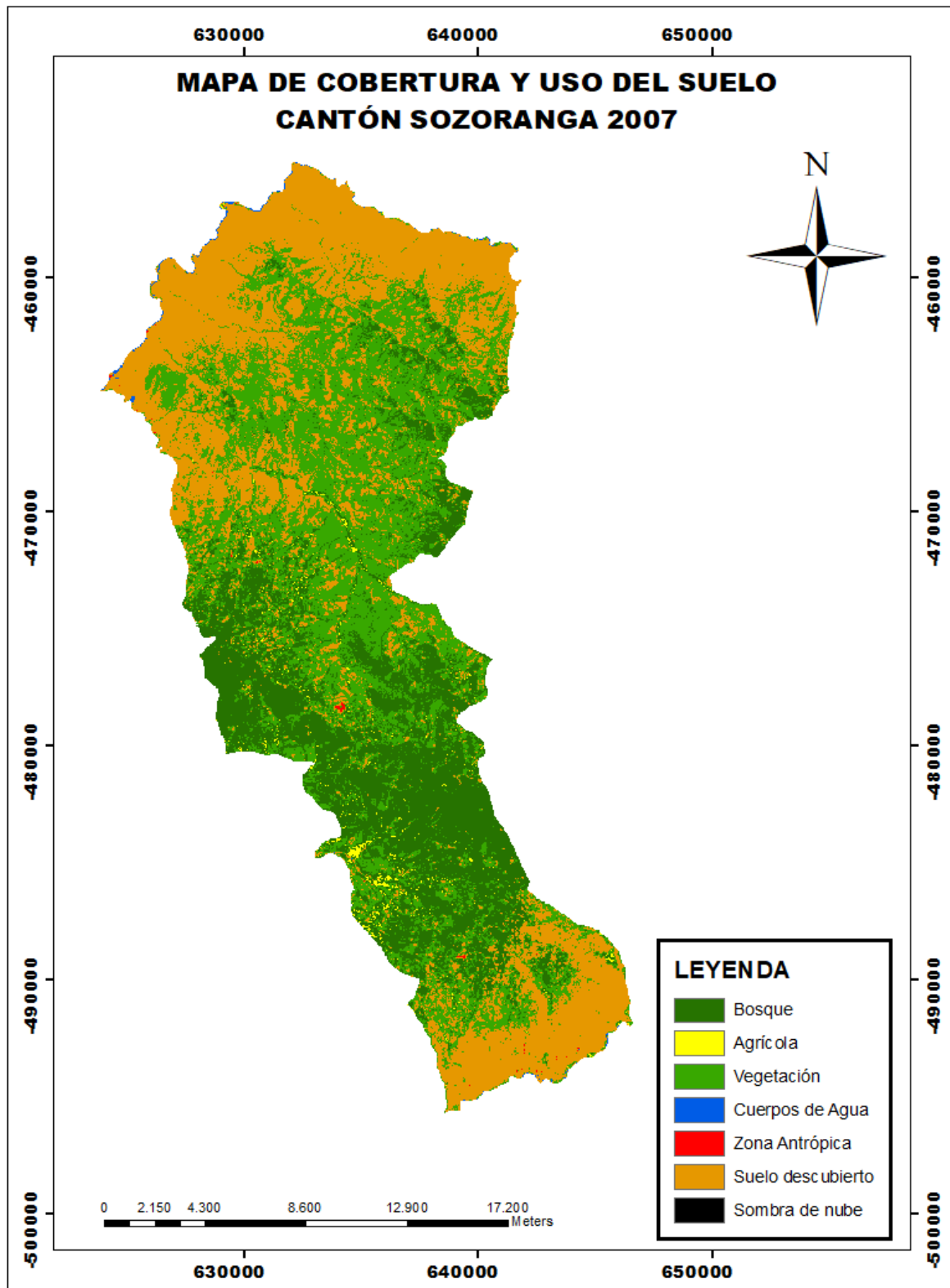
Anexo 5. Mapa de cobertura y uso de suelo en el cantón Sozoranga año 1987



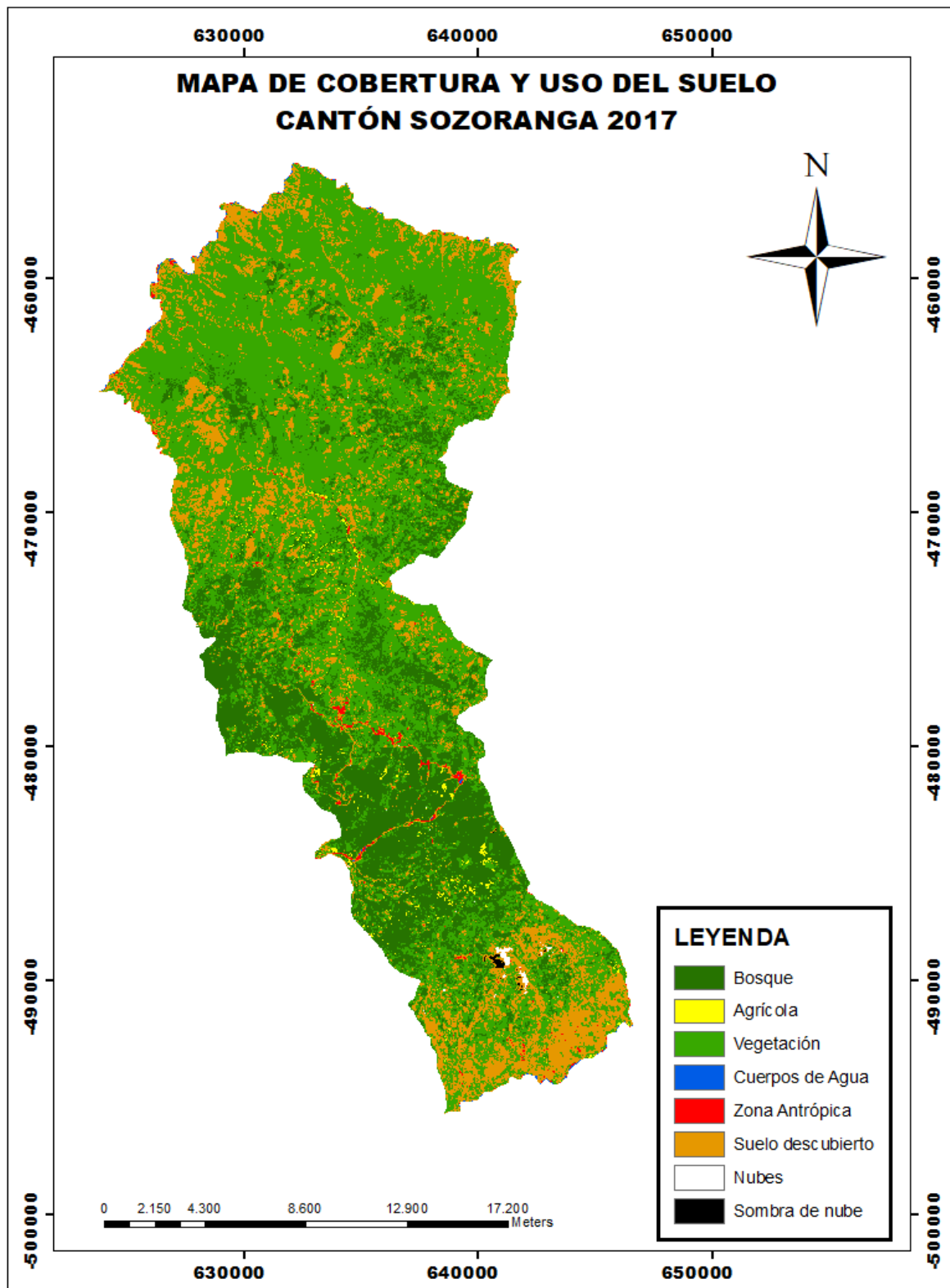
Anexo 6. Mapa de cobertura y uso de suelo en el cantón Sozoranga año 1997



Anexo 7. Mapa de cobertura y uso de suelo en el cantón Sozoranga año 2007



Anexo 8. Mapa de cobertura y uso de suelo en el cantón Sozoranga año 2017



Anexo 9. Validación de la clasificación supervisada en la matriz de confusión e índice kappa correspondiente a la imagen 1987 en los cantones Sozoranga y Calvas

DATOS DE REFERENCIA										Exactitud de usuario	Error de comisión	
DATOS PREDECIDOS	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTALES			
Bosque	1	37	1			1			39	0,95	0,05	
Agrícola	2								0	0,00	1,00	
Vegetación	3	1	44						45	1,0	0,0	
Cuerpos A. Antrópico	4			1					1	0,00	1,00	
Suelo	5					13			13	0	1	
Nube	6	1		1					15	0	1	
Sombra	7								0	0	1	
Sombra	8								0			
TOTALES		39	1	45	1	0	14	0	0	100		
Exactitud de productor	de	0,95	0,00	0,98	0,00	0,00		0,00				
Error de comisión	de	0,05	1,00	0,02	1,00	1,00	1,00	1,00				
									Precisión Global	0,82		
									Kappa	0,71		

Fuente. Elaboración propia

Anexo 10. Validación de la clasificación supervisada en la matriz de confusión e índice kappa correspondiente a la imagen 1987 en los cantones Sozoranga y Calvas

		DATOS DE REFERENCIA								Exactitud de usuario	Error de comisión	
DATOS PREDECIDO		1	2	3	4	5	6	7	8			TOTAL
Bosque	1	21	1	1						23	0,91	0,09
Agrícola	2		9							9	1	0
Vegetación	3	3	1	20						24	0,8	0,17
Agua	4				5					5	1,00	0,00
Antrópico	5					8				8	1,00	0,00
Suelo	6	1		2			26			29	0,89	0,10
Nube	7							2		2		
Sombra de nube	8								1	0		
Total		25	10	23	5	8	26	2	1	100		
Exactitud de productor		0,8	0,9	0,8	1	1	1,0	0,0	0,0			
Error de comisión		0,1	0,1	0,1	0	0	0,0	1,0	0,0			
Precisión global											0,92	92
kappa											0,8	

Fuente. Elaboración propia

Anexo 11. Validación de la clasificación supervisada en la matriz de confusión e índice kappa correspondiente a la imagen 1987 de los cantones Sozoranga y Calvas

Cobertura	DATOS DE REFERENCIA									Exactitud de usuario	Error de comisión	
	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL			
Bosque	1	20		2					1	23	0,87	0,13
Agrícola	2		1							1	1,00	0,00
Vegetación	3	3	1	32					1	37	0,86	0,14
C. Agua	4				1					1	1,00	0,00
Z. Antrópico	5					0				0	0	1
Suelo descubierto	6	2		5						31	0,05	0,95
Nube	7									0	0	1
Sombra	8									0	0	1
TOTAL		25	2	39	1	0	33	0	0	100		
Exactitud de usuario	de	0,80	0,50	0,82	1,00	0,00	0,94	0	0			
Error de comisión	de	0,20	0,50	0,18	0,00	1,00	0,06	1,00	1			
Precisión global											0,85	85
kappa											0,79	

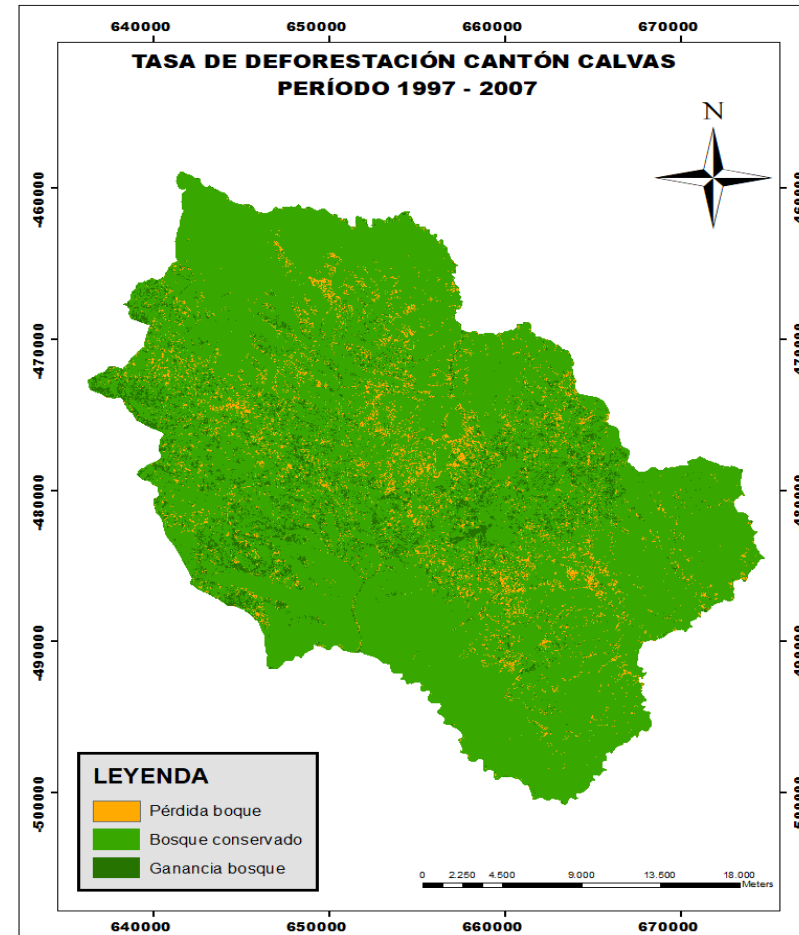
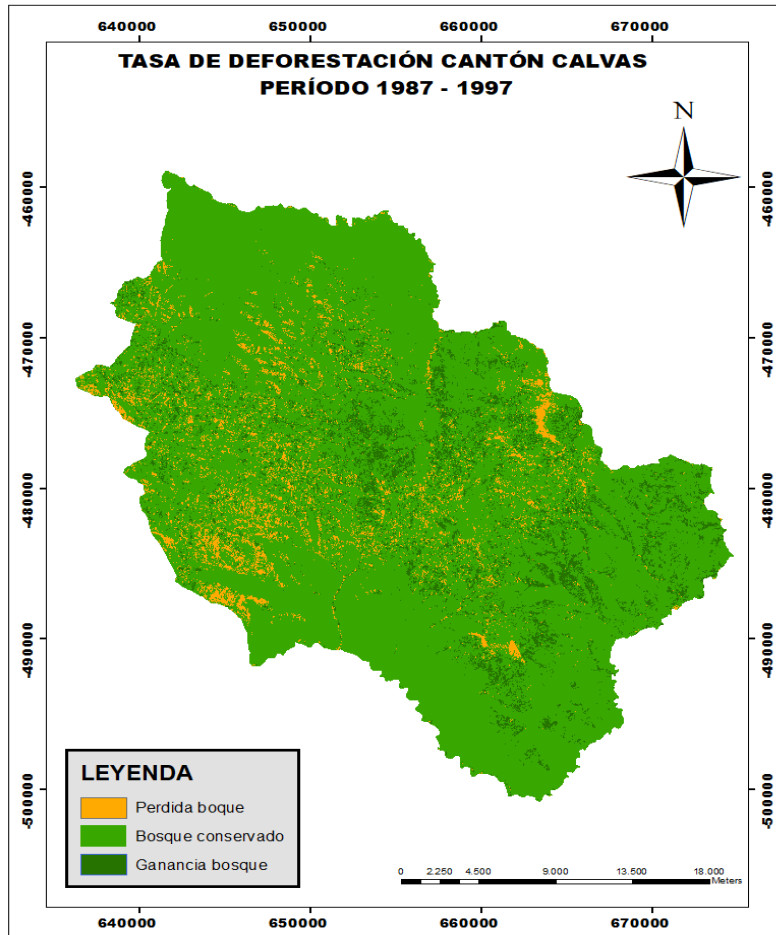
Fuente. Elaboración propia

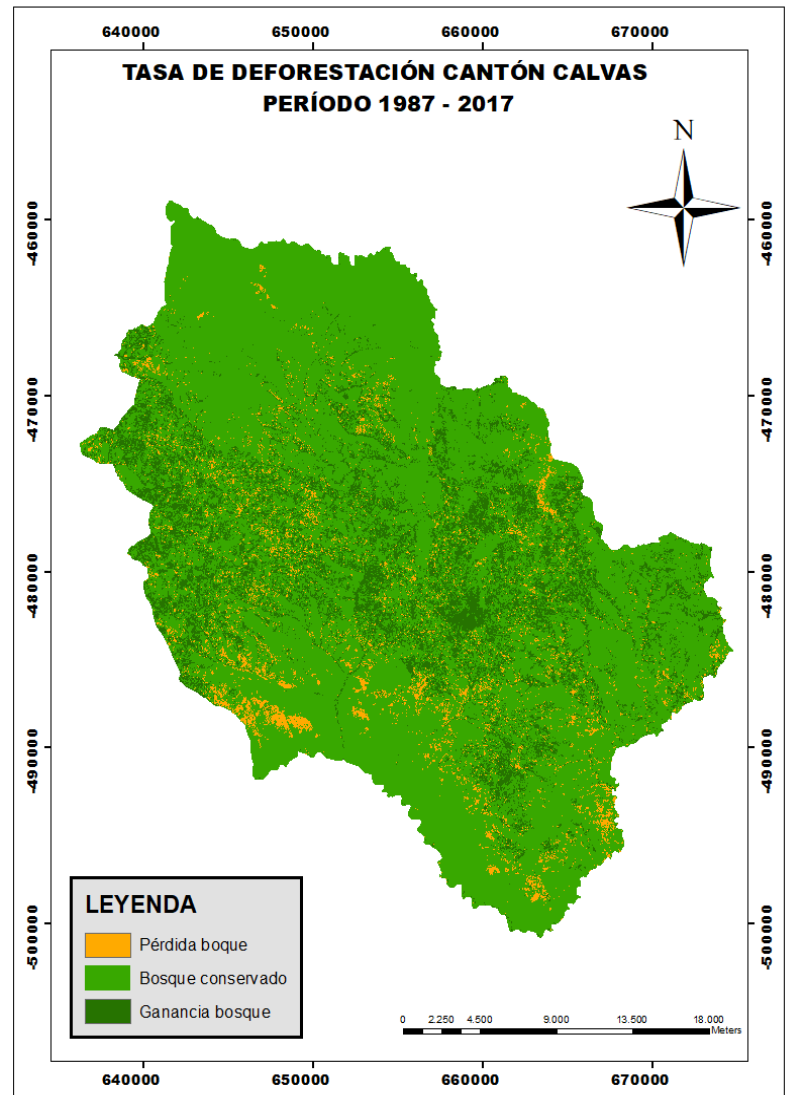
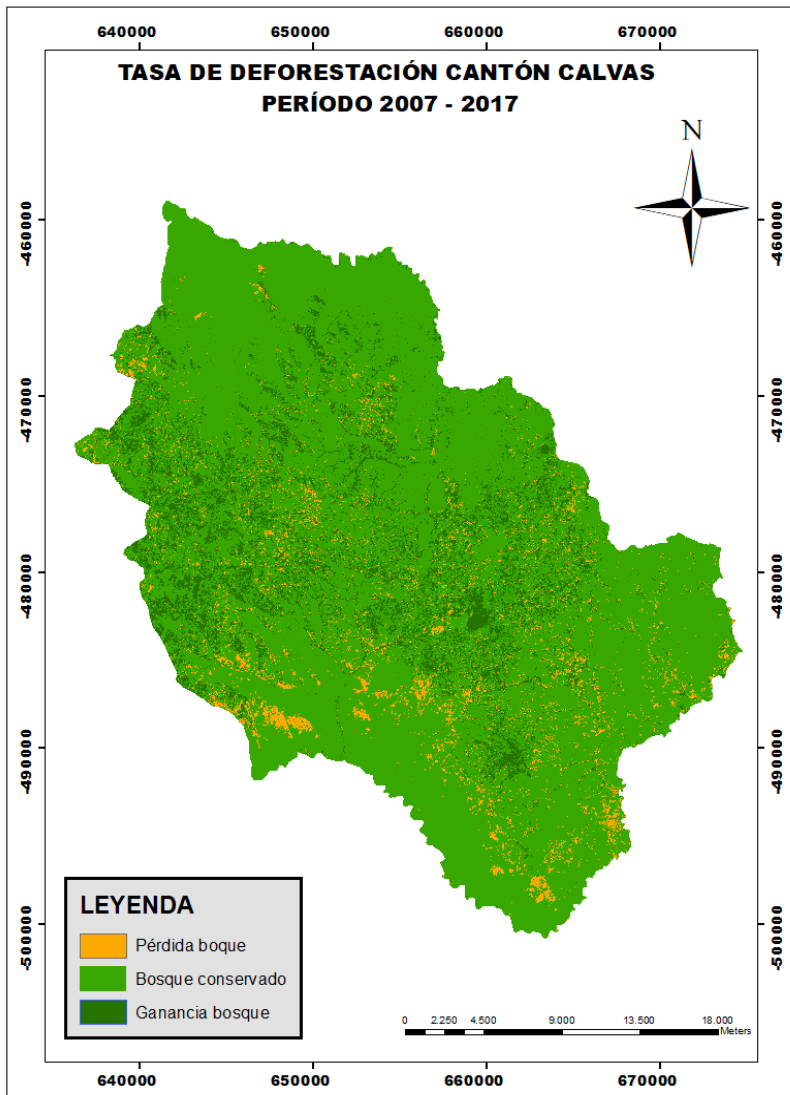
Anexo 12. Validación de la clasificación supervisada en la matriz de confusión e índice kappa correspondiente a la imagen 1987 de los cantones Sozoranga y Calvas

		DATOS DE REFERENCIA								Totales	Exactitud de usuario	Error de comisión
DATOS PREDECIDO		1	2	3	4	5	6	7	8			
Bosque	1	17		4						21	0,81	0,19
Agrícola	2		12							12	1,00	0,00
Vegetación	3	3		18			1			22	0,82	0,18
Agua	4				13					13	0,00	1,00
Antrópico	5					8				8	0,00	1,00
Suelo	6	1		3			16			20	0,80	0,20
Nube	7							2		2		
Sombra	8								2	2	0	1
Total		21	12	25	13	8	17	2	2	100		
Exactitud de productor		0,810	1	0,72	0,00	0,00	0,94		0,00			
Error de comisión		0,190	0	0,28	1,00	1,00	0,06		1,00			
Precisión global											0,86	86
Kappa											0,84	

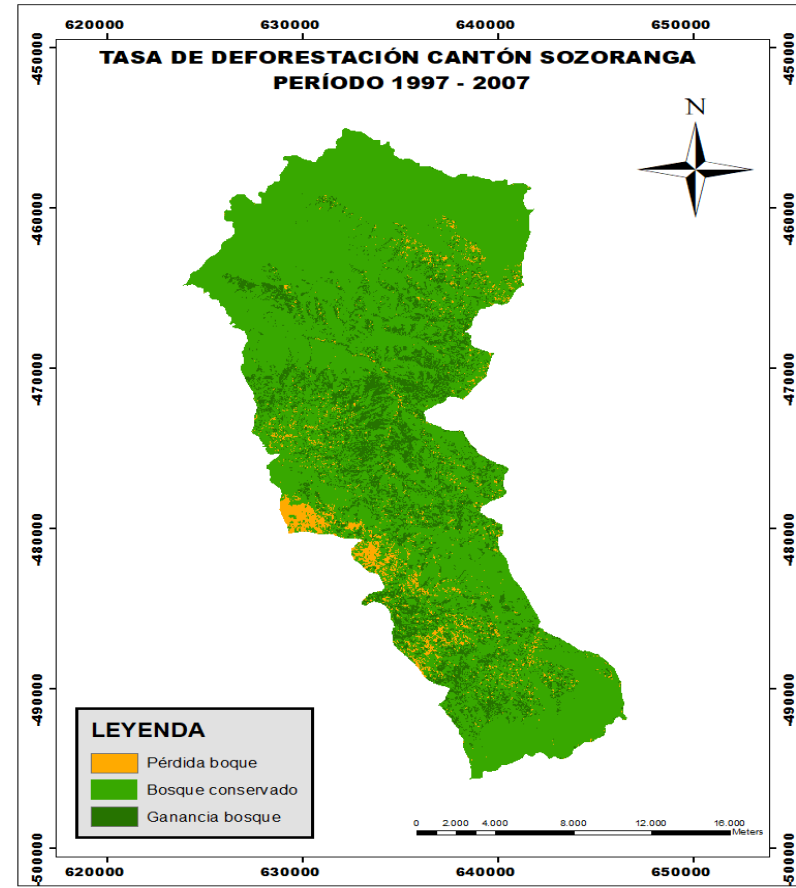
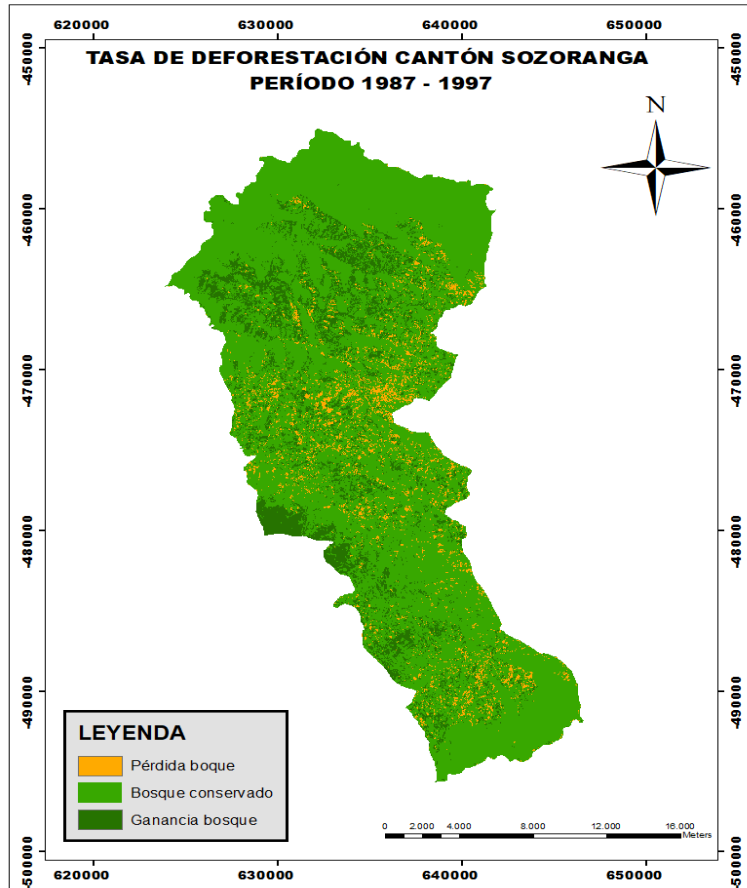
Fuente. Elaboración propia

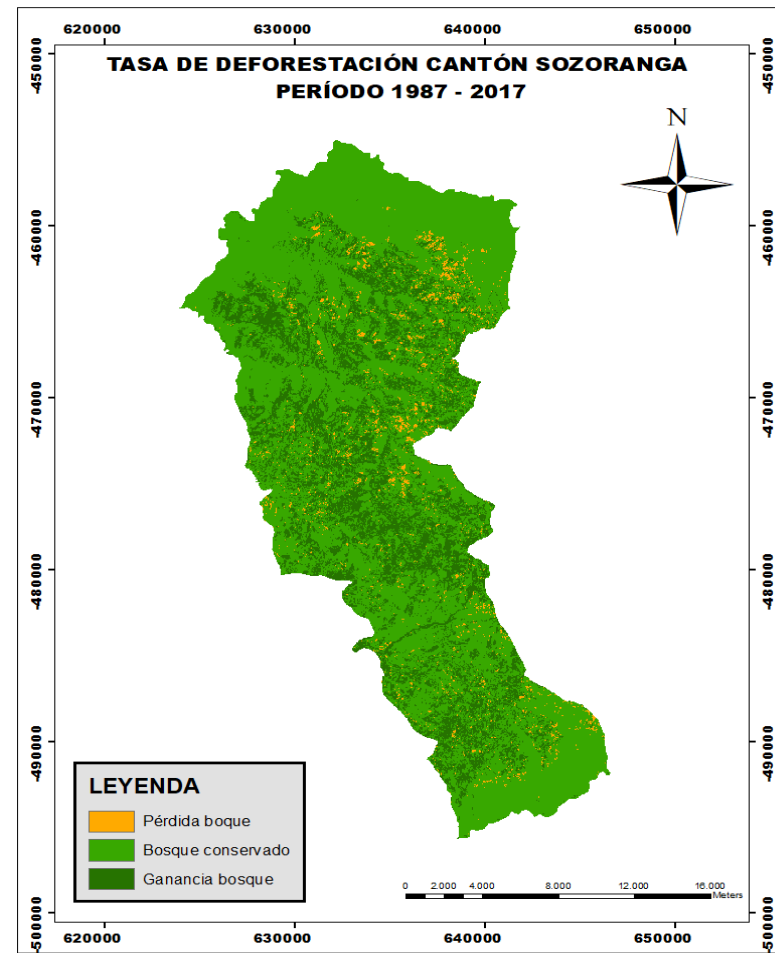
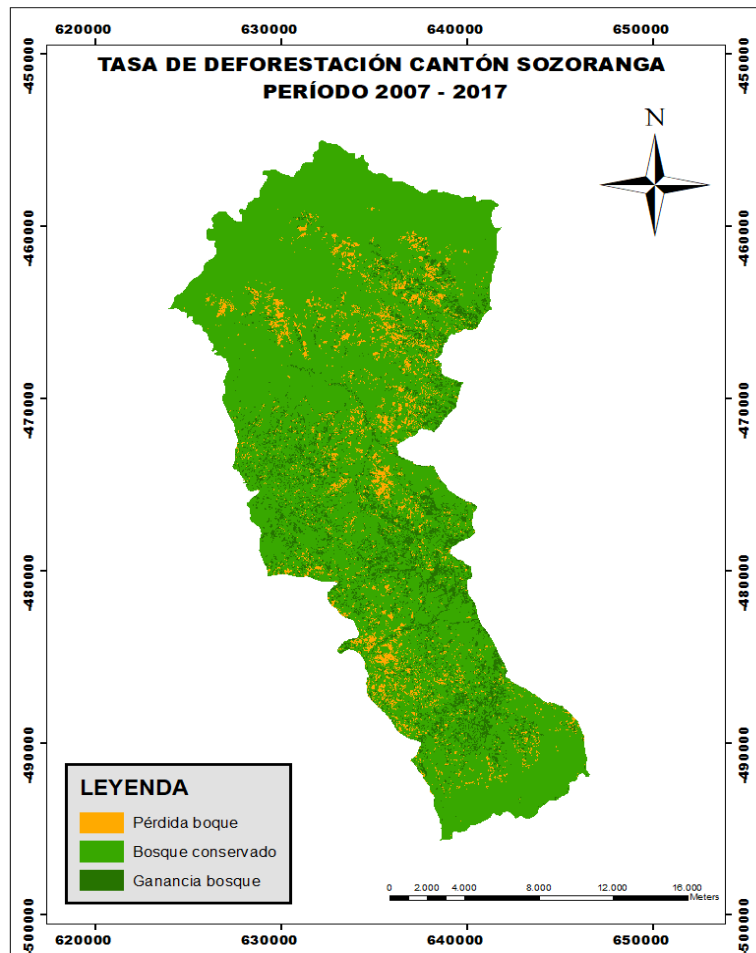
Anexo 13. Mapas de la tasa de deforestación del cantón Calvas correspondiente a los años 1987, 1997, 2007 y 2017



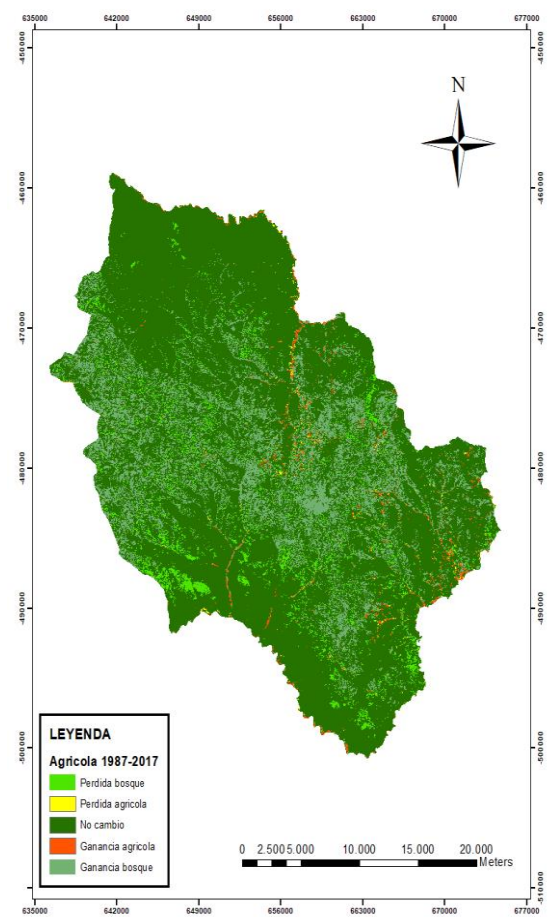
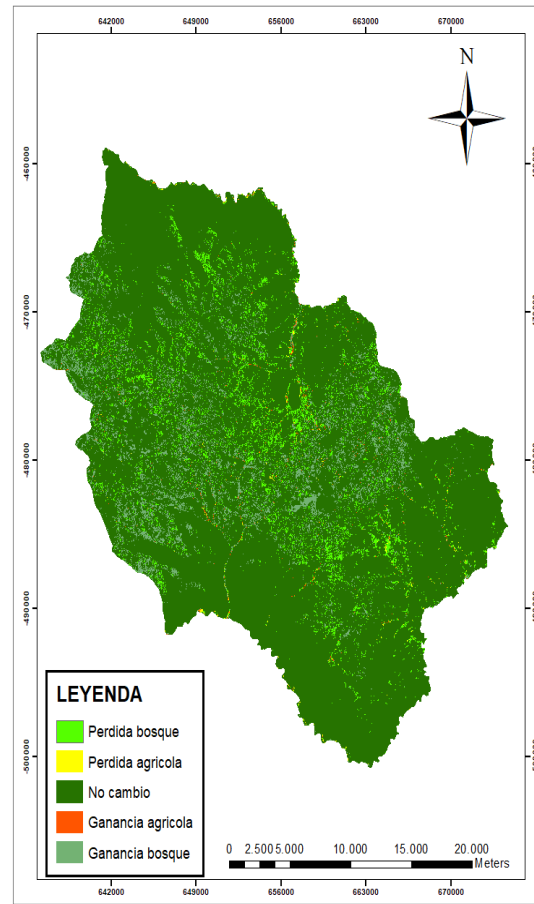
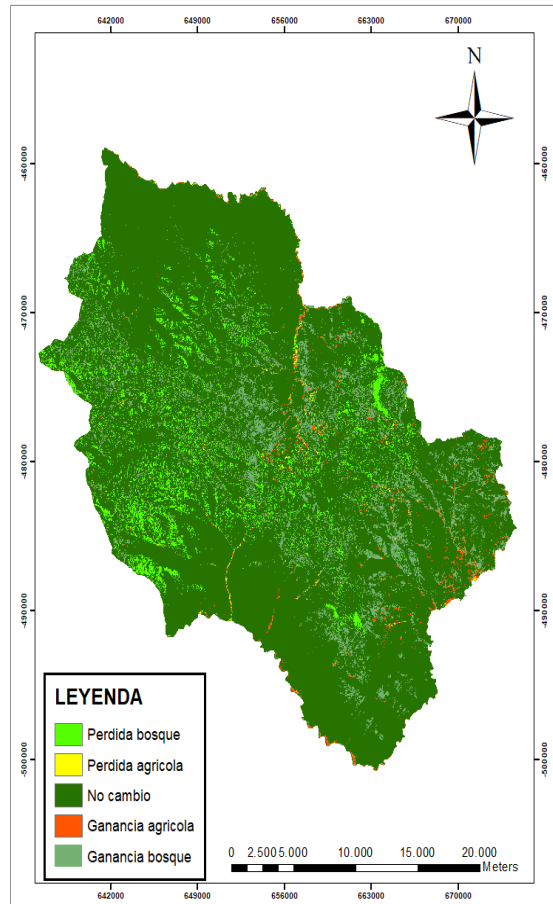


Anexo 14. Mapas de la tasa de deforestación del cantón Sozoranga correspondiente a los años 1987, 1997, 2007 y 2017

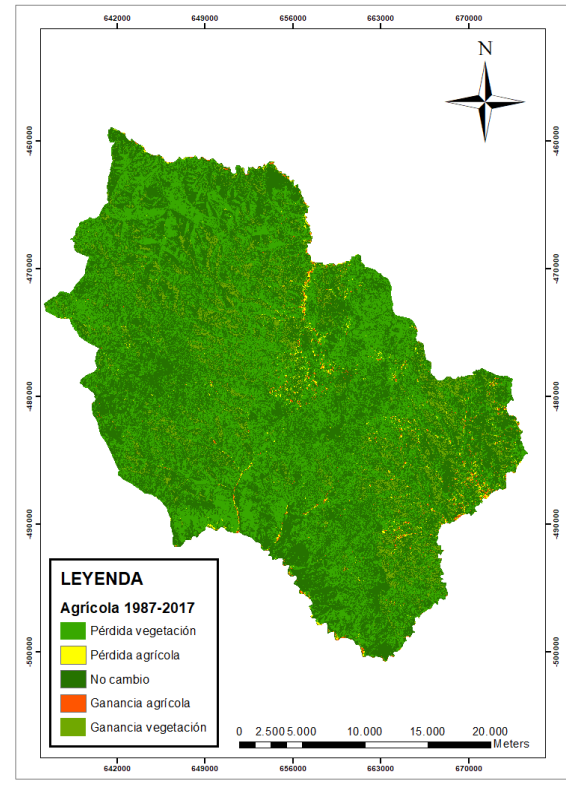
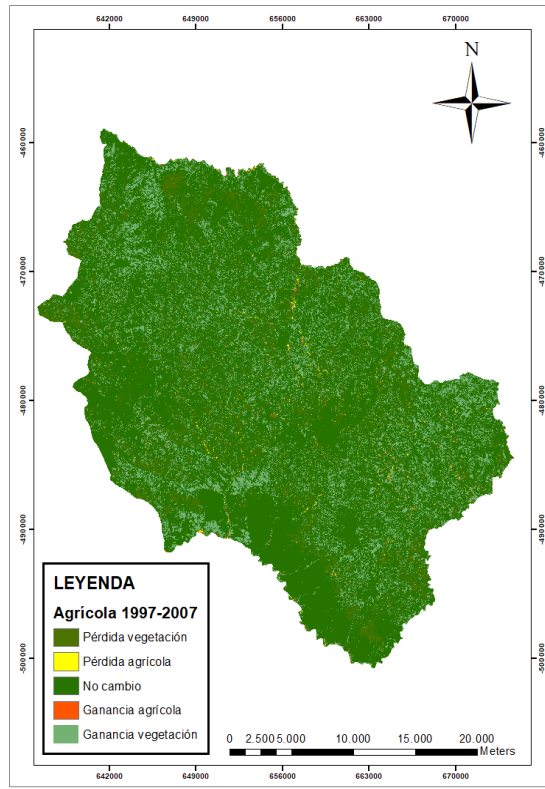
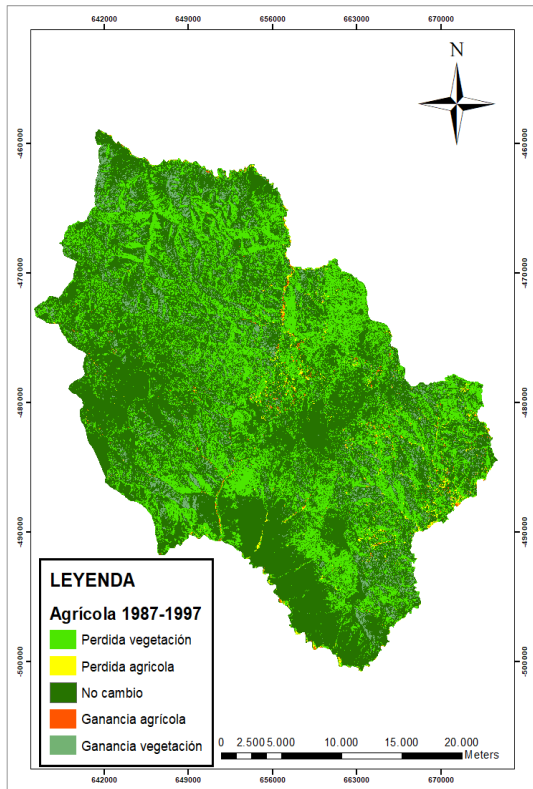




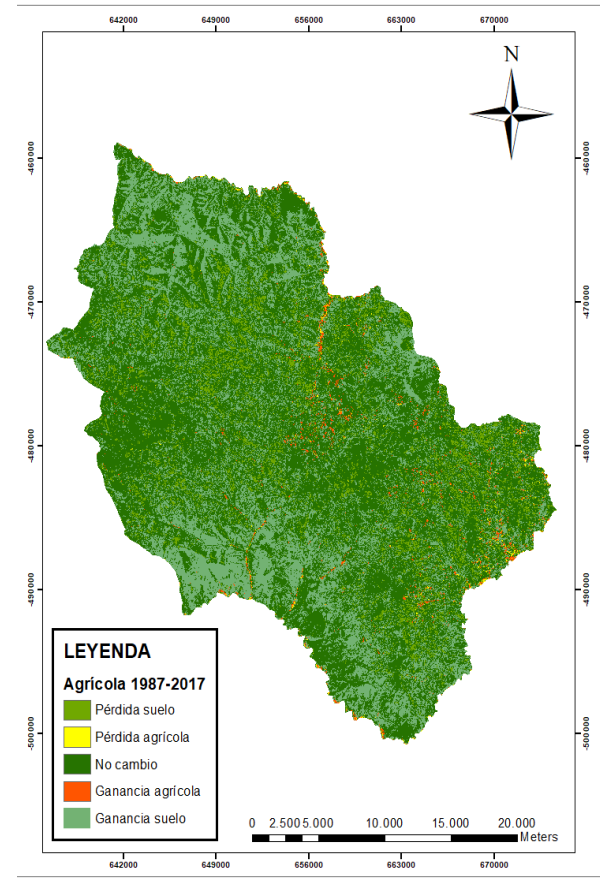
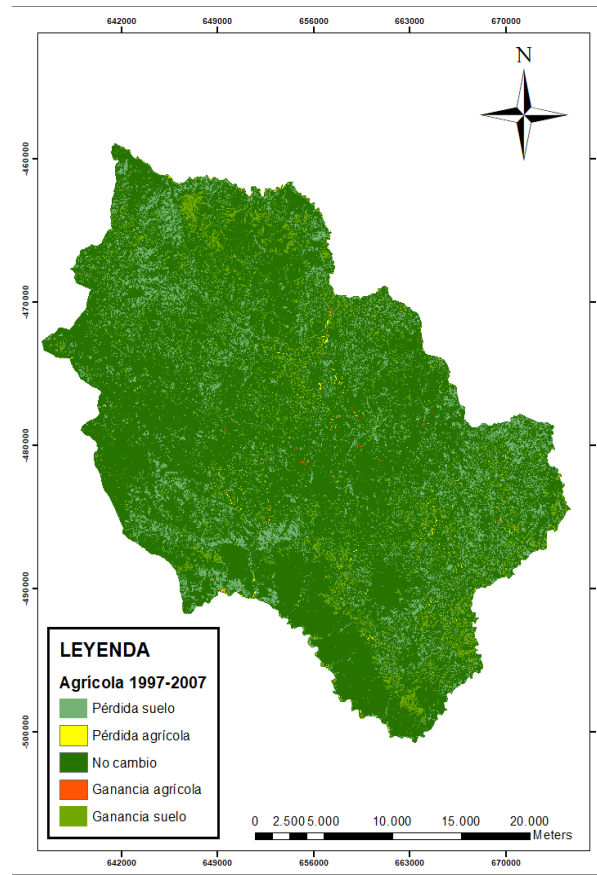
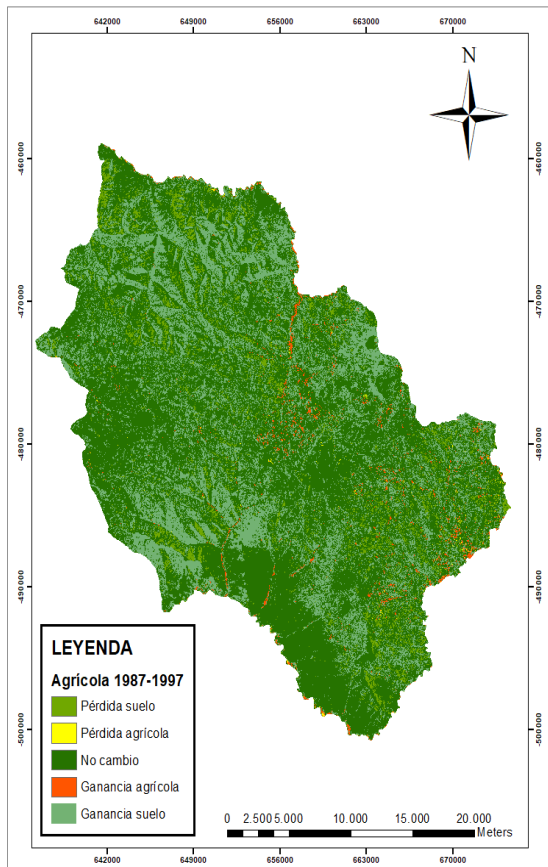
Anexo 15. Mapas comparativos de la expansión de la frontera agrícola relación bosque en los años 1987, 1997, 2007 y 2017.



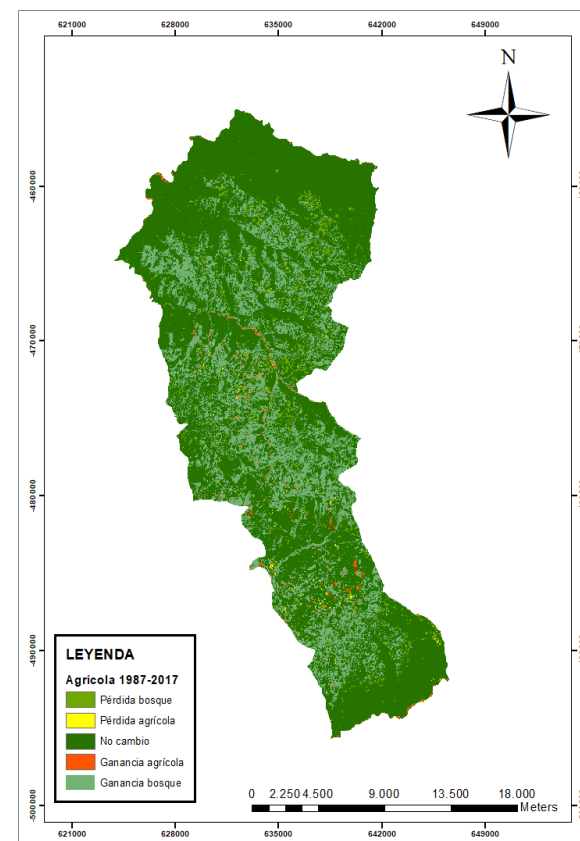
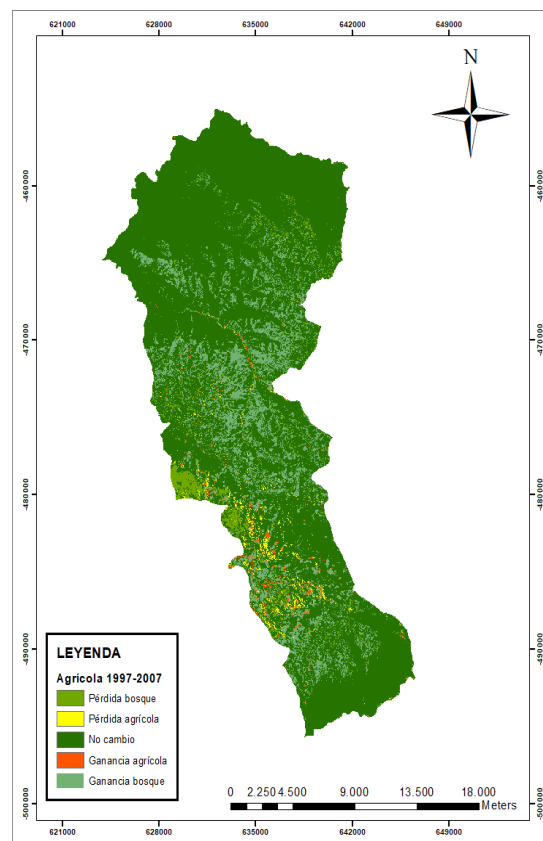
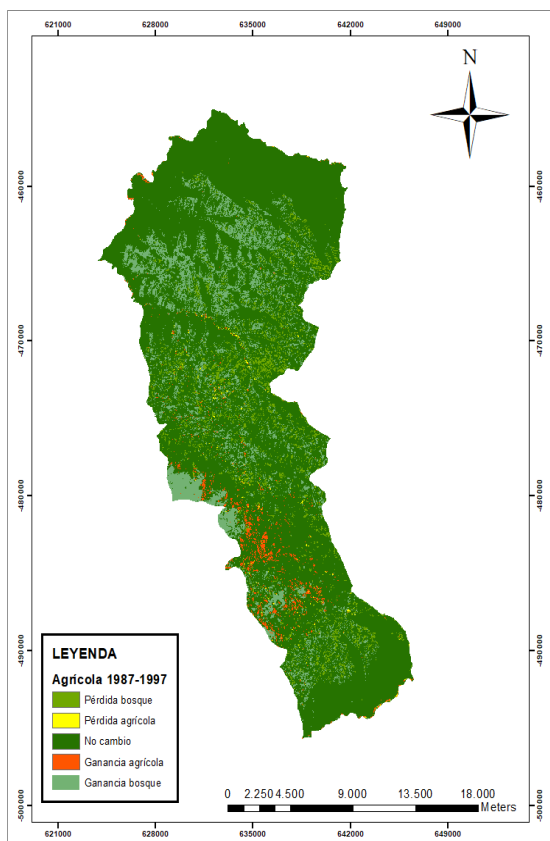
Anexo 16. Mapas comparativos de la expansión de la frontera agrícola relación vegetación en los años 1987, 1997, 2007 y 2017.



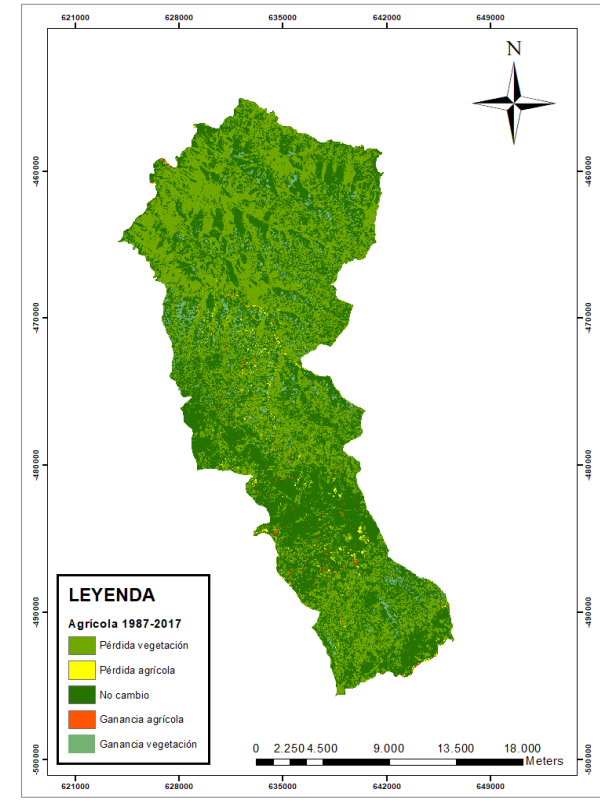
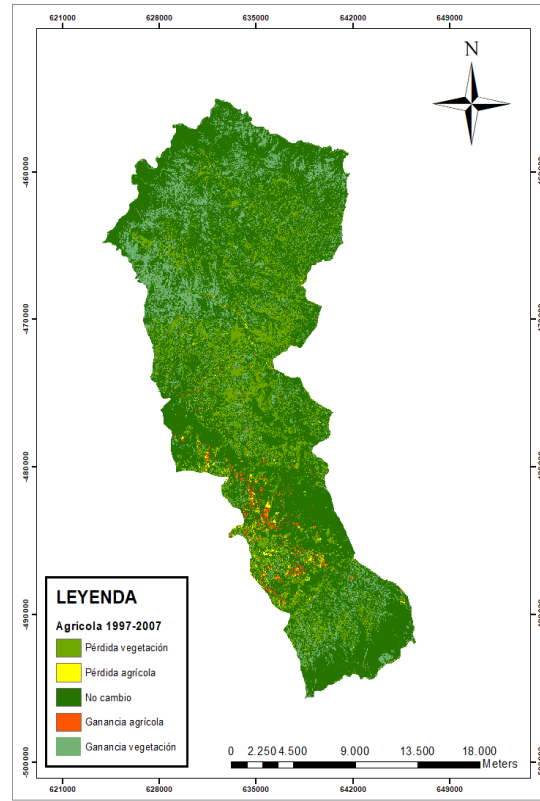
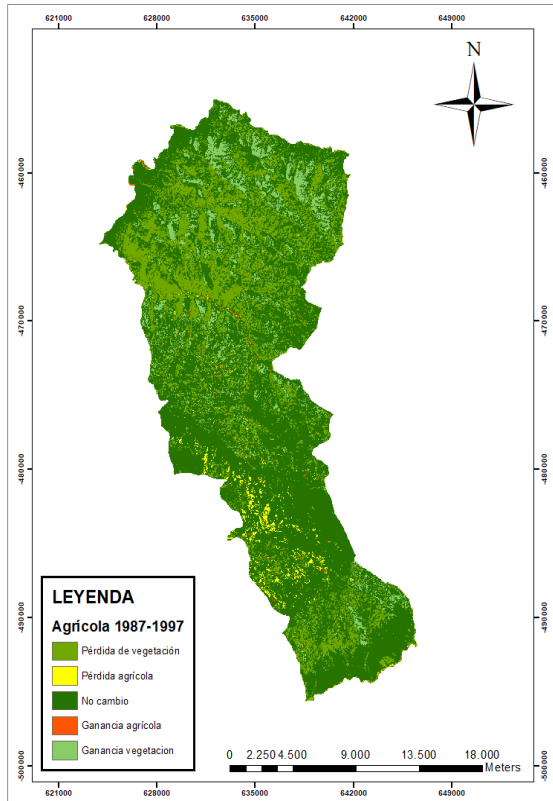
Anexo 17. Mapas comparativos de la expansión de la frontera agrícola relación suelo descubierto en los años 1987. 1997, 2007 y 2017.



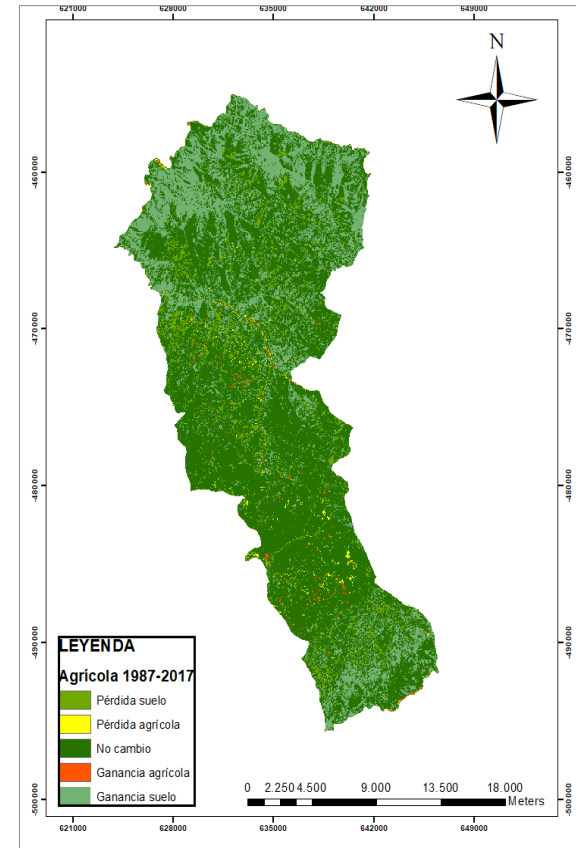
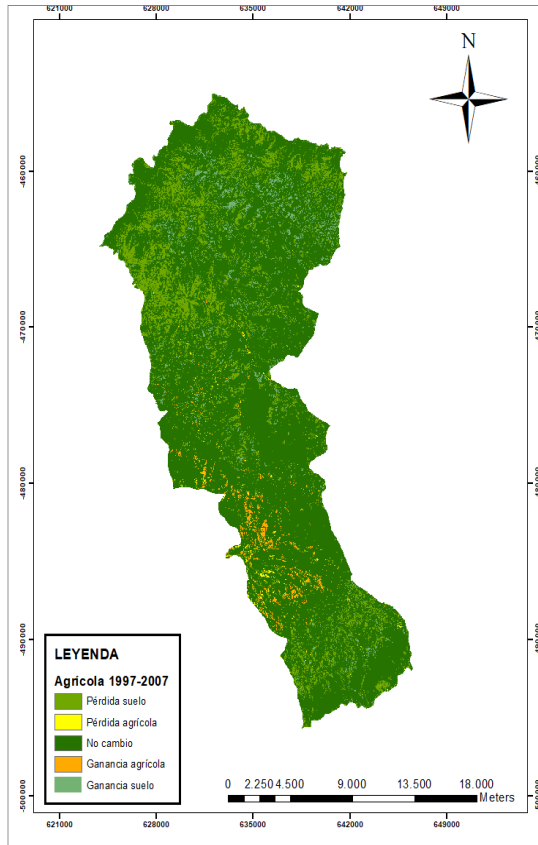
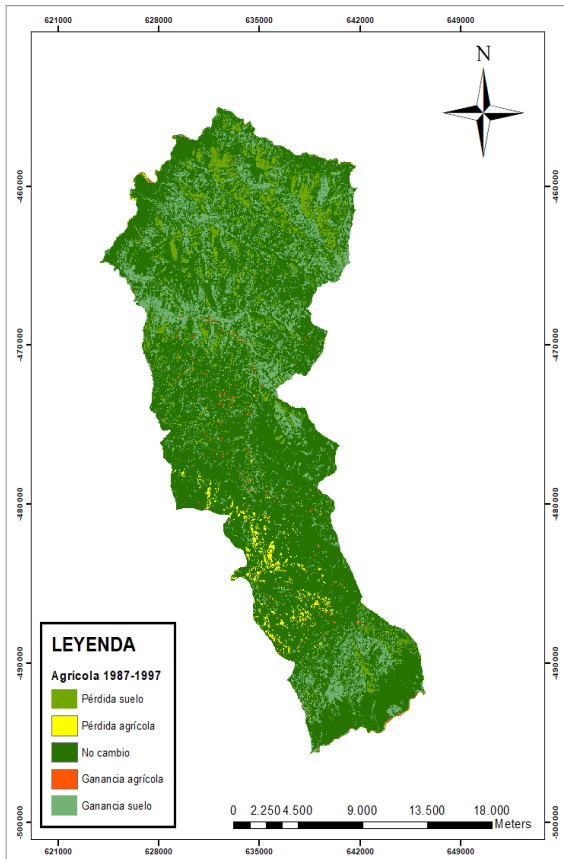
Anexo 18. Mapas comparativos de la expansión de la frontera agrícola relación bosque en los años 1987, 1997, 2007 y 2017 en el cantón Sozoranga.



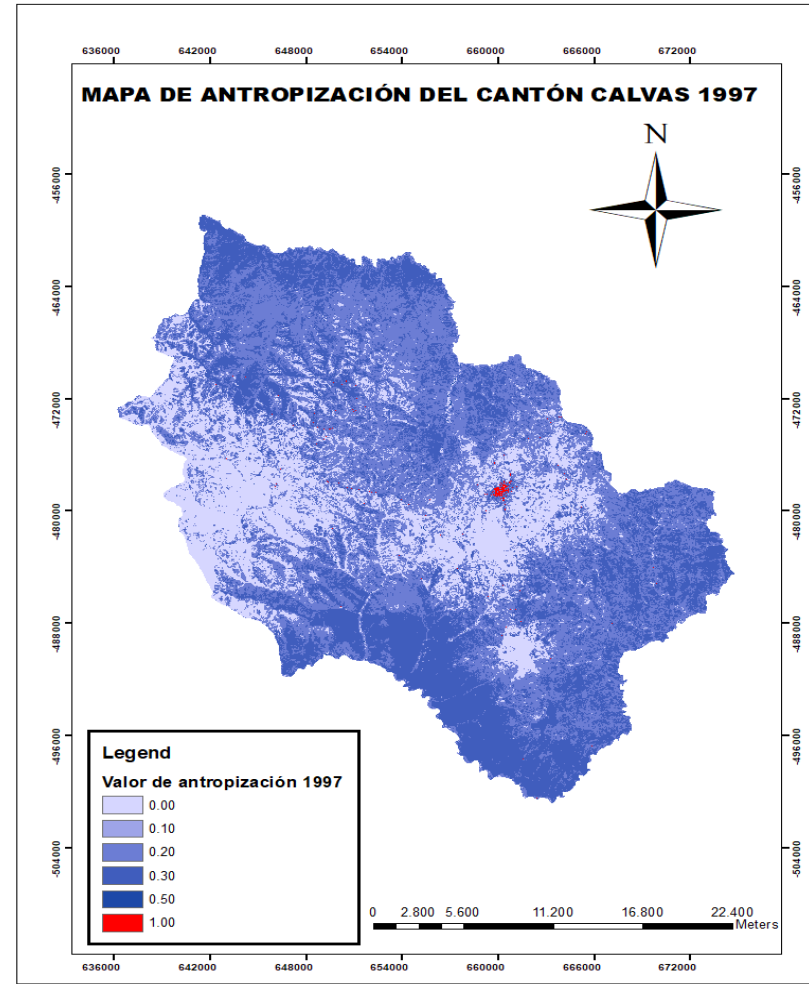
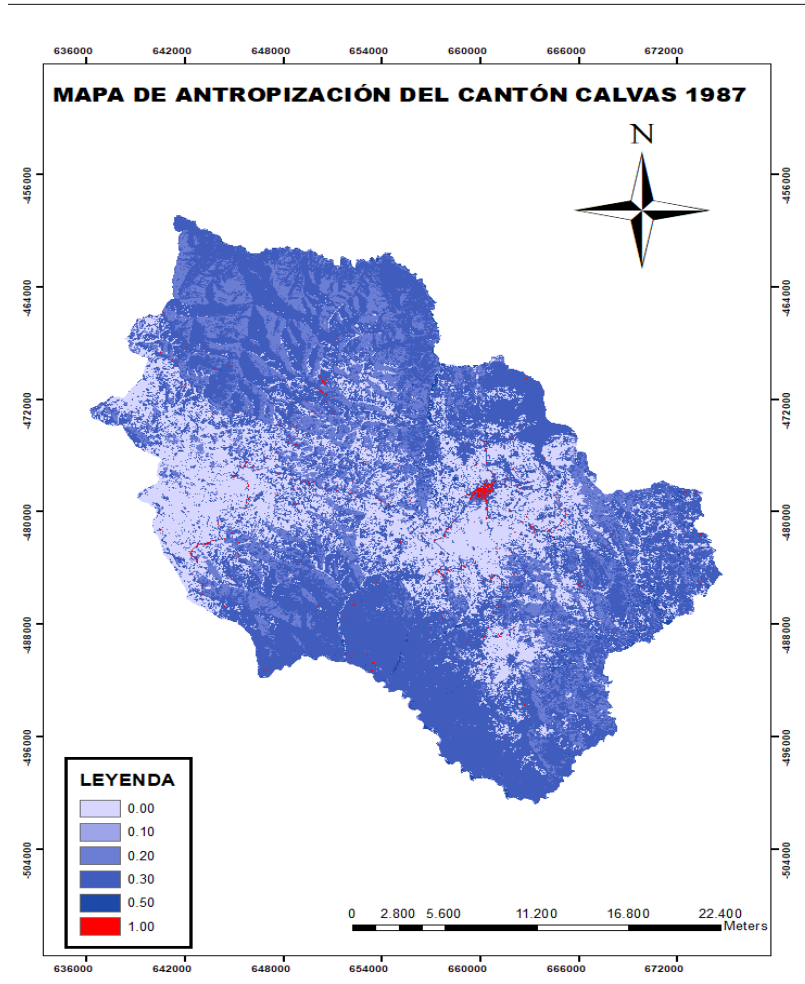
Anexo 19. Mapas comparativos de la expansión de la frontera agrícola relación vegetación en los años 1987, 1997, 2007 y 2017 en el cantón Sozoranga.

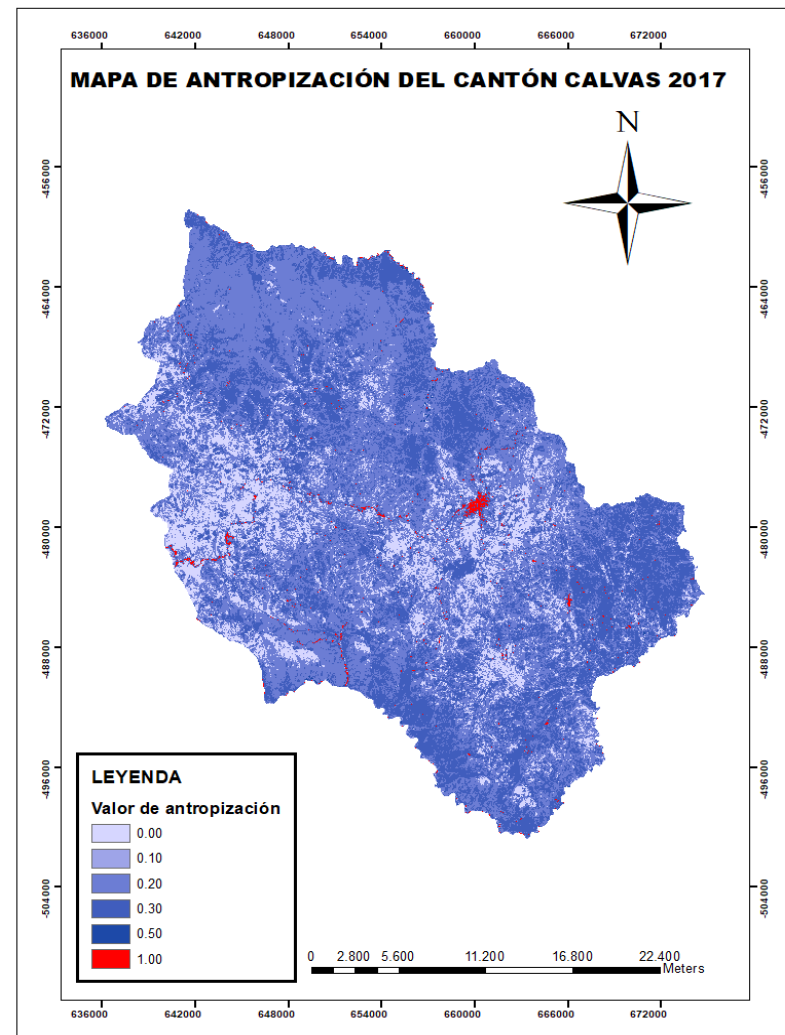
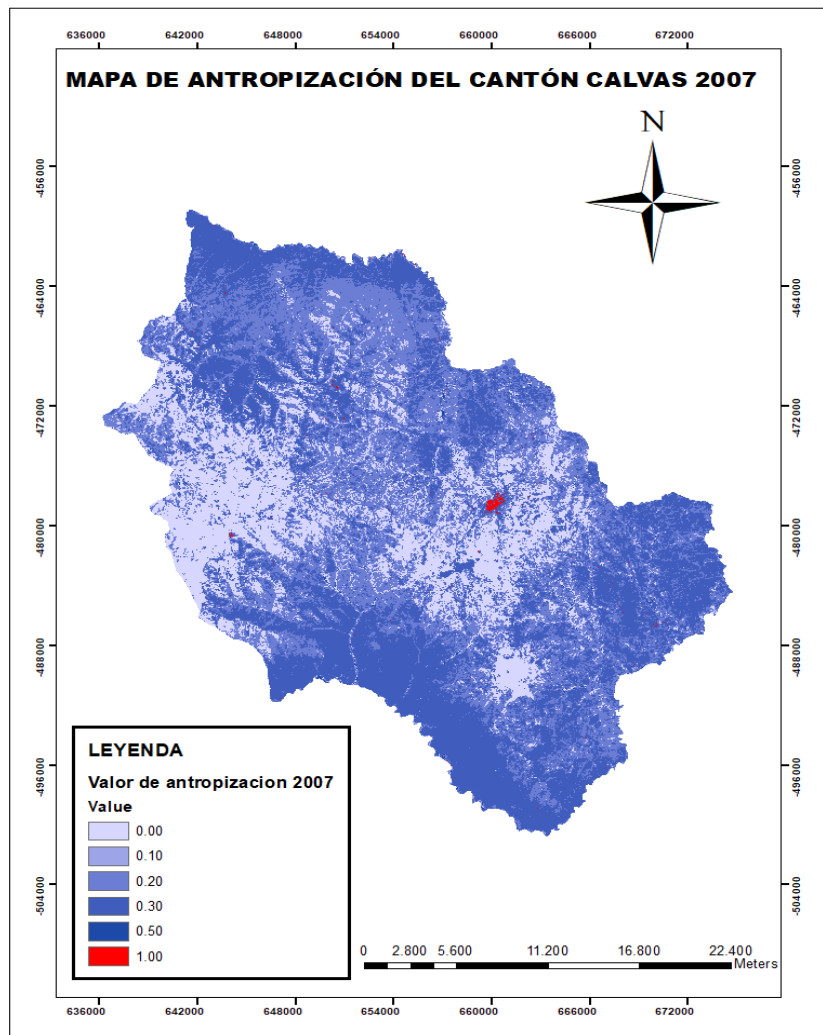


Anexo 20. Mapas comparativos de la expansión de la frontera agrícola relación suelo descubierto en los años 1987, 1997, 2007 y 2017 en el cantón Sozoranga.

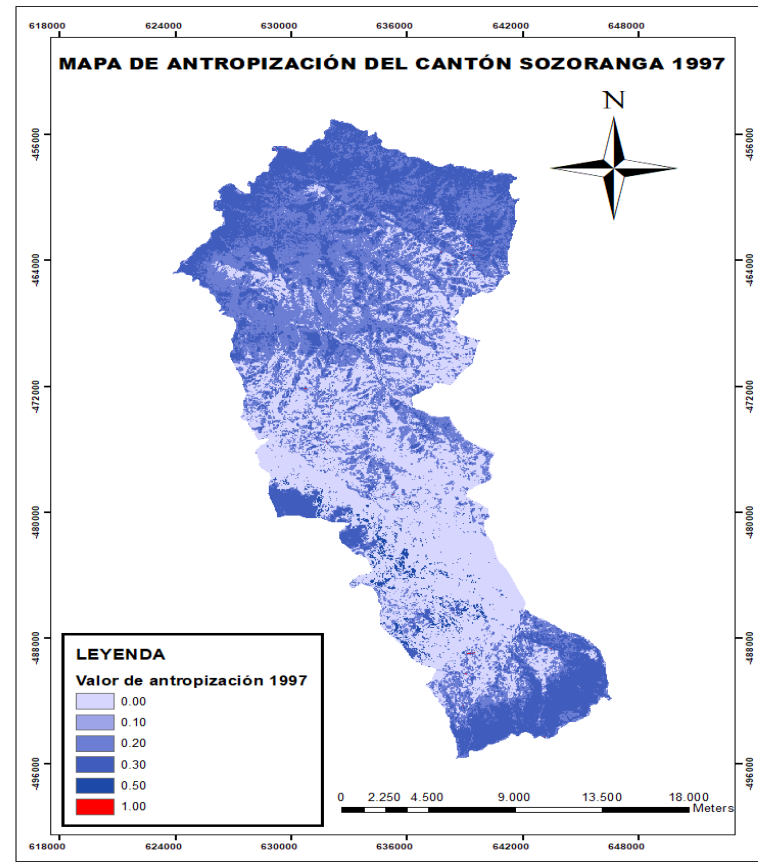
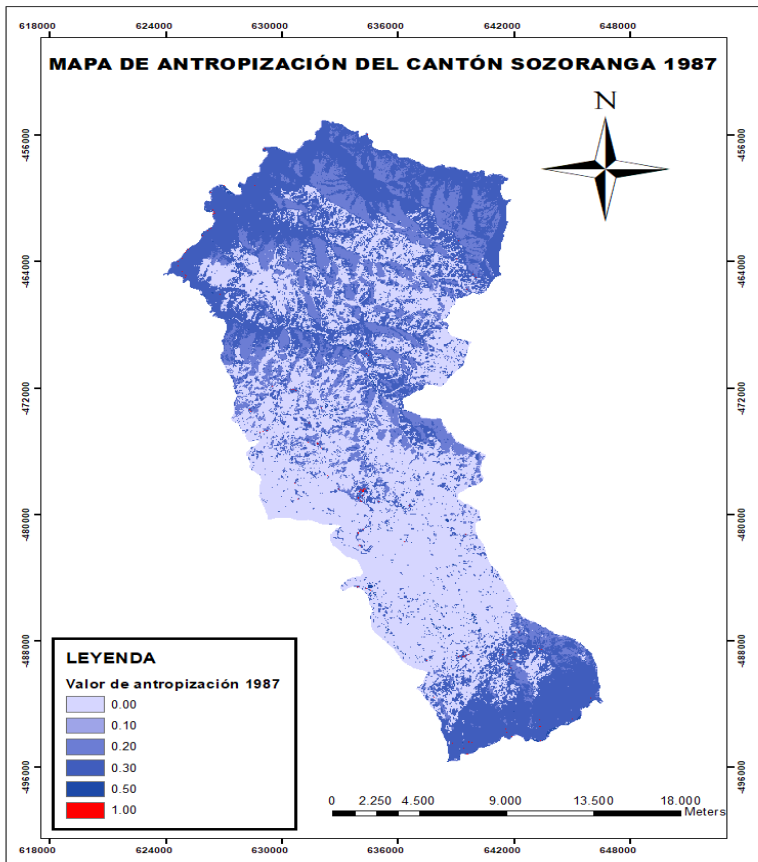


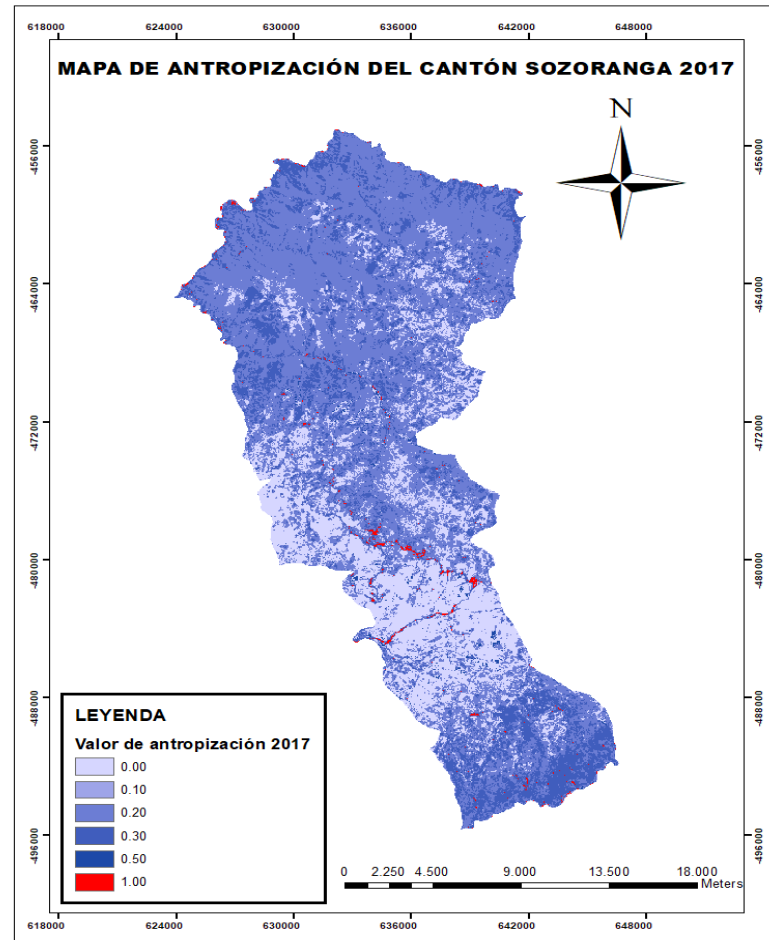
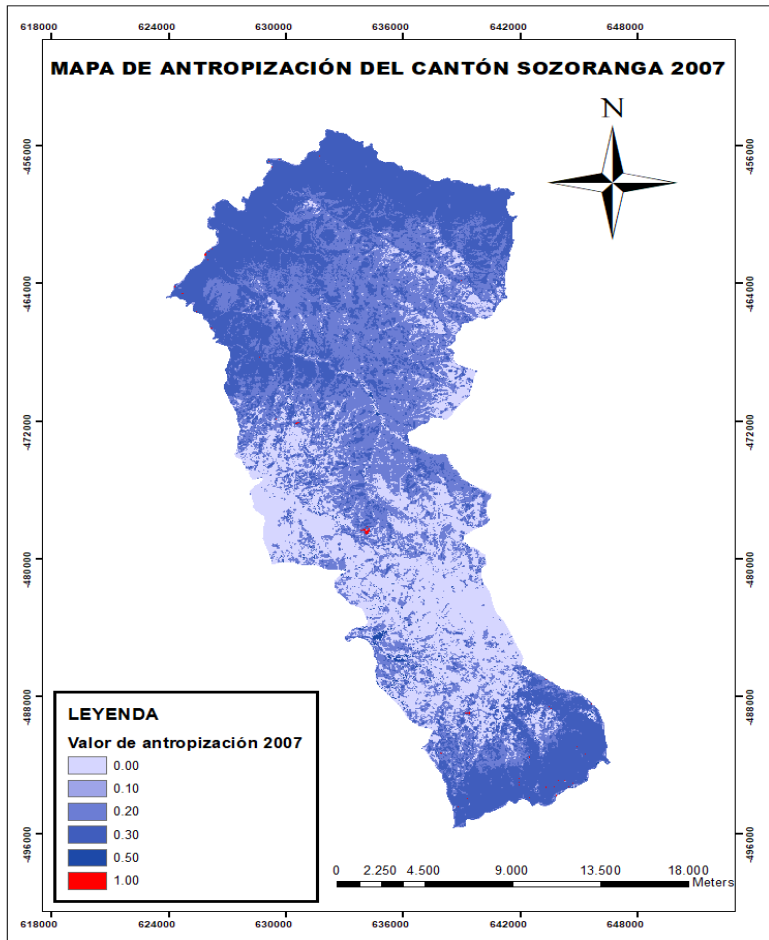
Anexo 21. Mapas del Índice de Antropización en el cantón Calvas año 1987, 1997, 2007 y 2017.



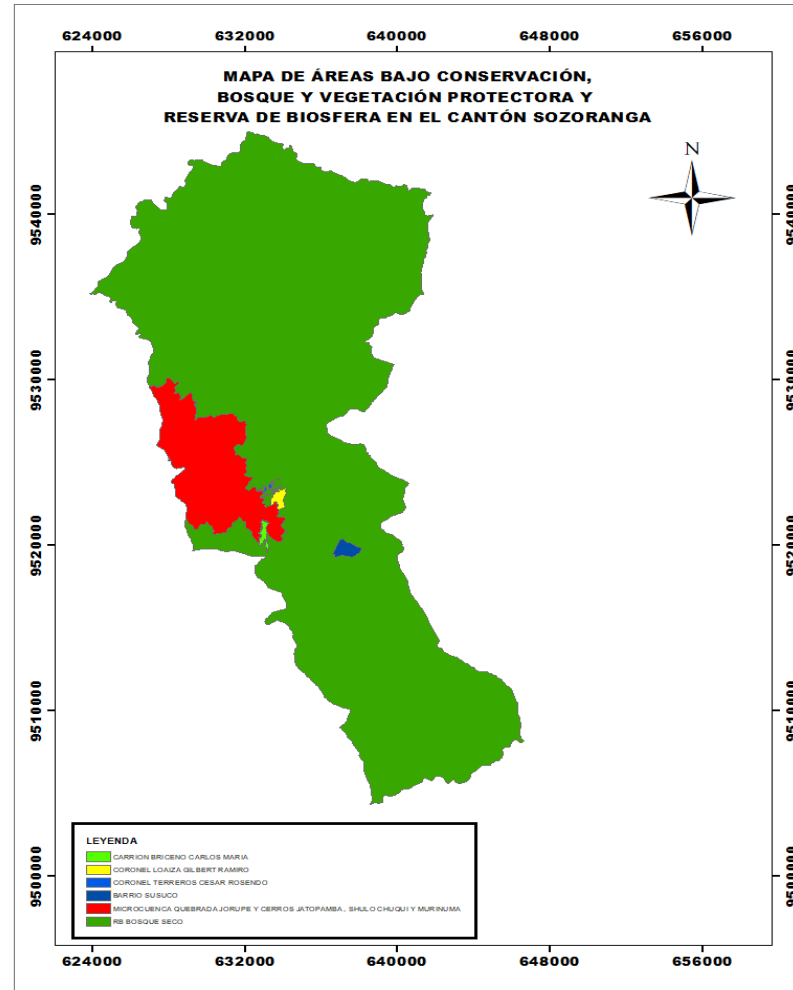
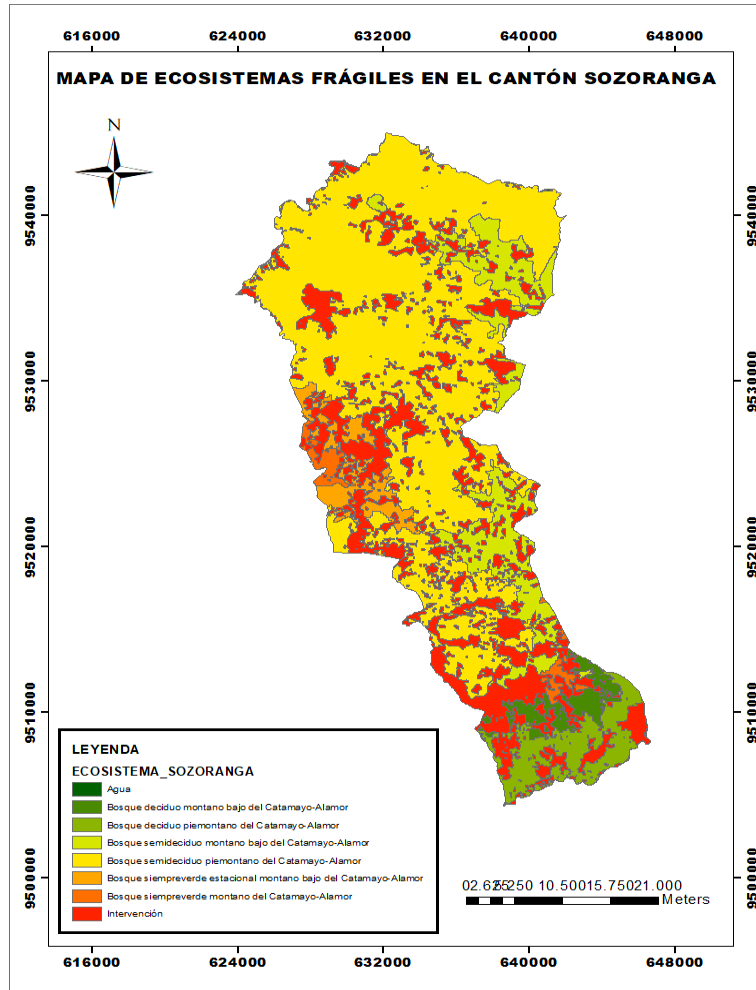


Anexo 22. Mapas del Índice de Antropización en el cantón Sozoranga año 1987, 1997, 2007 y 2017.

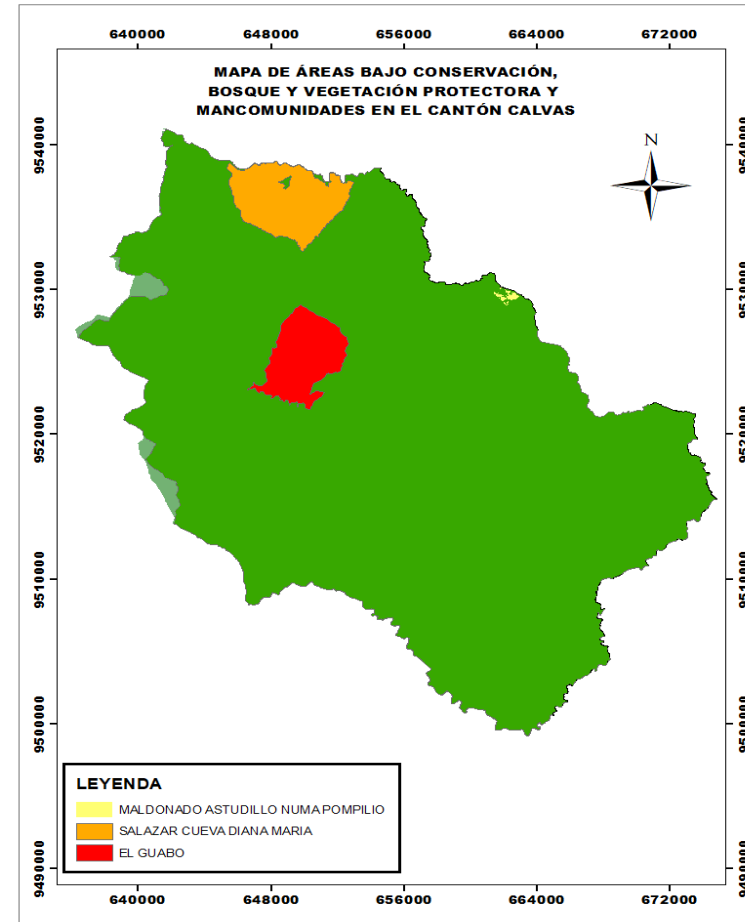
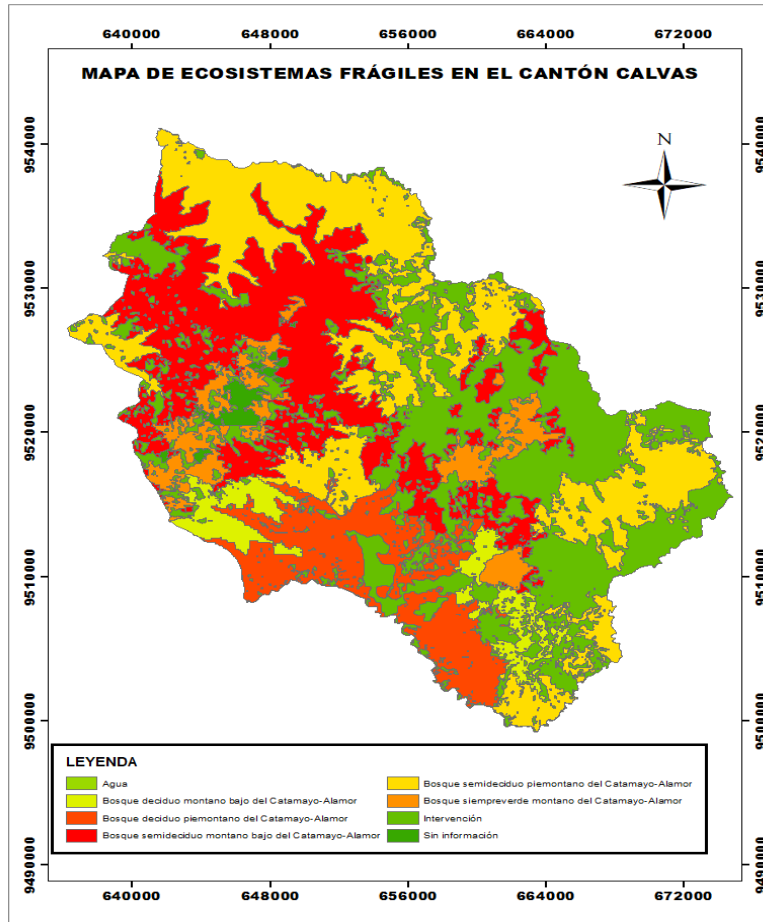




Anexo 23. Mapa de áreas protegidas del cantón Calvas.



Anexo 24. Mapa de áreas protegidas del cantón Sozoranga



Anexo 25. Coordenadas de puntos de control para la validación de datos de cambio de uso del suelo en los cantones de Sozoranga y Calvas.

Coordenadas de puntos para el año 1987

N°	Cobertura	X	Y
1	Suelo	654695,299	9523463,23
2	Sombra	663351,646	9525969,02
3	Bosque	662149,685	9516063,17
4	Vegetación	657845,413	9518898,09
5	Suelo	655488,484	9515234,1
6	Vegetación	647863,068	9531046,47
7	Bosque	646128,982	9516702,59
8	Vegetación	645747,504	9518280,41
9	Suelo	660142,809	9503448,72
10	Vegetación	671102,816	9515537,05
11	Vegetación	665685,98	9525632,51
12	Suelo	642314,883	9515540,33
13	Bosque	643402,494	9514532,67
14	Suelo	663455,018	9511879,29
15	Vegetación	666352,155	9519988,86
16	Vegetación	655449,261	9512687,58
17	Suelo	659230,58	9527422,82
18	Bosque	639832,077	9530953,65
19	Vegetación	643896,511	9535439,03
20	Suelo	647883,186	9508803,53
21	Bosque	664101,726	9519139,07
22	Bosque	641071,878	9529579,74
23	Vegetación	667499,69	9515036,61
24	Bosque	640161,318	9520903,17
25	Vegetación	652261,446	9535077,55
26	Vegetación	645511,979	9538694,21
27	Suelo	654551,413	9531551,85
28	Bosque	642495,205	9527252,45
29	Suelo	662412,423	9512575,92
30	Bosque	641966,634	9528422,42
31	Bosque	642418,334	9524464,68
32	Suelo	656434,01	9530007,58
33	Vegetación	653832,244	9507988,4
34	Bosque	647881,656	9520612,64
35	Bosque	647782,092	9522261,49
36	Bosque	658574,725	9522720,64
37	Bosque	650199,079	9530024,4
38	Bosque	657536,842	9514711,31
39	Vegetación	652455,924	9530258,92
40	Vegetación	648621,351	9532463,27

41	Suelo	649157,682	9536162,28
42	Vegetación	661181,035	9520171,43
43	Vegetación	655912,383	9520930,85
44	Suelo	659049,537	9504667,94
45	Bosque	662662,309	9509294,79
46	Vegetación	651162,231	9527479,53
47	Bosque	667138,151	9507264,18
48	Vegetación	655601,797	9535831,62
49	Suelo	659955,47	9525690,22
50	Bosque	646687,637	9520752,04
51	Bosque	636927,27	9524633,63
52	Suelo	642467,047	9509369,04
53	Bosque	633980,228	9527542,54
54	Vegetación	629191,873	9528977,96
55	Vegetación	632704,682	9528333,05
56	Suelo	626988,809	9536805,69
57	Suelo	629244,824	9542587,38
58	Bosque	637139,228	9516382,39
59	Bosque	637811,01	9533386,66
60	Bosque	634337,039	9518440,87
61	Bosque	639164,737	9519644,87
62	Bosque	641875,16	9514541,99
63	Suelo	634112,231	9540131,37
64	Vegetación	630344,407	9522008,39
65	Bosque	632568,316	9536422,11
66	Bosque	641612,031	9511252,74
67	Bosque	632256,314	9525782,96
68	Bosque	637504,896	9514328,26
69	Bosque	635050,939	9524553,71
70	Bosque	638187,86	9520317,42
71	Bosque	630977,961	9540578,27
72	Suelo	639419,322	9533902,6
73	Suelo	638172,232	9541686,78
74	Vegetación	637008,233	9534711,4
75	Bosque	627912,791	9532754,76
76	Suelo	643262,427	9507312,07
77	Bosque	638497,147	9535954,64
78	Suelo	639166,043	9507279,18
79	Vegetación	640040,248	9517299
80	Vegetación	635688,796	9530144,23
81	Bosque	632824,599	9538253,18
82	Bosque	638054,015	9530906,15
83	Suelo	634598,736	9531306,39
84	Vegetación	636054,766	9539802,13

85	Vegetación	636990,433	9531086,09
86	Vegetación	631971,679	9522623,51
87	Bosque	629288,938	9521257,34
88	vegetación	629001,535	9527620,52
89	Bosque	636239,298	9517977,33
90	Suelo	645242,645	9509024,72
91	Vegetación	627019,555	9534029,35
92	Vegetación	640830,811	9535037,21
93	Vegetación	628391,787	9538055,94
94	Vegetación	637540,279	9525883,99
95	Suelo	633889,265	9524241,21
96	Bosque	635787,804	9511565,82
97	Suelo	641209,136	9540787,53
98	Vegetación	629543,271	9524656,7
99	Suelo	640469,75	9508641,2
100	Suelo	640372,111	9538231,27

Coordenadas de puntos para el año 1997

N°	Cobertura	X	Y
1	Suelo	657862,955	9507993,75
2	Vegetación	662760,407	9515248,46
3	Suelo	638324,908	9527020,92
4	Bosque	651795,762	9516493,23
5	Suelo	652350,831	9510793,79
6	Suelo	660975,754	9501090,66
7	Suelo	639538,076	9529525,68
8	Bosque	660864,028	9511529,31
9	Suelo	658699,069	9503705,48
10	Vegetación	663670,775	9527747,33
11	Bosque	644116,158	9518135
12	Suelo	642982,086	9533240,06
13	Vegetación	644139,439	9537157,92
14	Vegetación	669069,267	9515303,97
15	Bosque	641766,023	9516573,09
16	Bosque	647175,52	9512722,62
17	Vegetación	662245,755	9526400,04
18	Bosque	641242,53	9518897,57
19	Vegetación	657448,453	9533092,93
20	Vegetación	650769,151	9532167,29
21	Suelo	642207,538	9535579,98
22	Bosque	644050,082	9521622,81
23	Suelo	667021,391	9511456,7
24	Vegetación	647073,071	9525683,71
25	Vegetación	653089,119	9509049,55

26	Suelo	652293,913	9517973,78
27	Vegetación	661324,399	9527835,8
28	Suelo	659197,469	9507950,17
29	Bosque	647848,326	9534335,4
30	Suelo	642293,169	9528379,98
31	Vegetación	659295,225	9513308,26
32	Vegetación	662552,879	9504237,65
33	Vegetación	662555,459	9509161,46
34	Bosque	663264,667	9524513,19
35	Vegetación	654368,428	9538299,43
36	Suelo	658339,632	9509014
37	Vegetación	644788,6	9535539,74
38	Bosque	645978,862	9517978,85
39	Vegetación	666160,685	9523393,43
40	Suelo	658271,599	9504990,15
41	Vegetación	653639,071	9534889,23
42	Vegetación	649046,409	9534485,43
43	Vegetación	647568,899	9526937,52
44	Bosque	646931,804	9518494,64
45	Vegetación	666722,158	9519088,86
46	Suelo	665901,639	9504464,39
47	Vegetación	664794,792	9524095,02
48	Bosque	645062,767	9532077,16
49	Suelo	660697,268	9505596,95
50	Vegetación	658835,534	9511922,11
51	Suelo	629262,973	9538102,46
52	Bosque	630068,396	9521749,17
53	Suelo	635119,67	9539394
54	Suelo	635479,155	9532372,07
55	Suelo	630719,211	9539154,84
56	Bosque	632119,002	9523168,14
57	Bosque	634640,92	9538046,61
58	Bosque	641830,565	9514808,8
59	Bosque	637053,91	9512127,32
60	Suelo	632174,84	9543032,43
61	Bosque	631784,044	9533547,81
62	Nube	633154,048	9518007,65
63	Bosque	635750,385	9516478,62
64	Bosque	635728,177	9519327,31
65	Vegetación	638643,996	9539710,74
66	Suelo	634633,656	9529714,55
67	Bosque	636625,921	9523115,19
68	Bosque	634331,59	9515874,16
69	Suelo	641469,654	9538157,35

70	Suelo	635360,262	9542282,32
71	Suelo	638117,989	9542038,5
72	Vegetación	642302,431	9512806,34
73	Vegetación	645748,927	9508746,85
74	Suelo	633115,92	9526484,96
75	Vegetación	635604,012	9523890,25
76	Vegetación	633936,1	9532192,47
77	Bosque	640271,851	9515721,44
78	Suelo	627217,99	9529666,05
79	Bosque	632551,49	9521260,42
80	Bosque	630961,827	9532586,74
81	Agrícola	639611,384	9513377,23
82	Suelo	639038,76	9534704,72
83	Suelo	640340,557	9536393,12
84	Vegetación	631800,049	9524721,45
85	Vegetación	629949,923	9534381,38
86	Bosque	630796,607	9525621,8
87	Bosque	640195,792	9511170,02
88	Vegetación	644530,772	9507038,16
89	Bosque	635878,987	9517965,76
90	Bosque	638490,559	9518336,84
91	Suelo	631721,147	9538585,93
92	Vegetación	639446,195	9523430,33
93	Vegetación	641354,653	9510441,01
94	Suelo	633270,851	9539717,72
95	Vegetación	638680,649	9506321,68
96	Bosque	636946,287	9532972,27
97	Bosque	631434,191	9535388,29
98	Nube	637026,37	9513864,7
99	Vegetación	636730,029	9534981,7
100	Suelo	644134,713	9509340,31

Coordenadas de puntos para el año de 2007

N°	Cobertura	X	Y
1	Vegetación	664699,513	9514818,82
2	Vegetación	647158,681	9530060,29
3	Vegetación	663739,238	9506656,75
4	Suelo	667878,12	9516606,83
5	Suelo	664121,5	9522555,01
6	Bosque	652895,203	9529916,51
7	Suelo	666027,938	9507567,05
8	Vegetación	672853,403	9513349,87
9	Suelo	656714,054	9508729,16
10	Suelo	652790,023	9511060,48
11	Suelo	660646,409	9529682,69

12	Suelo	662625,358	9525506,83
13	Vegetación	653850,123	9519420,61
14	Suelo	651465,419	9518216,34
15	Suelo	660253,725	9504999,19
16	Vegetación	643771,903	9516158,61
17	Suelo	646411,083	9518194,71
18	Suelo	643115,226	9527977,2
19	Suelo	652797,793	9514168,03
20	Vegetación	664697,203	9505662,11
21	Vegetación	653310,403	9531228,54
22	Vegetación	667308,865	9514462,38
23	Suelo	662546,618	9528090,58
24	Vegetación	642440,474	9535530,2
25	Suelo	672258,308	9516674,92
26	Vegetación	656325,647	9525716,02
27	Vegetación	652005,054	9520930,82
28	Vegetación	668103,668	9519531,77
29	Bosque	656887,937	9519017,88
30	Bosque	660344,255	9508581,52
31	Vegetación	655376,401	9519844,68
32	Bosque	655722,177	9513994,81
33	Suelo	649031,273	9528085,29
34	Suelo	650340,465	9512800,08
35	Suelo	661763,762	9504866,63
36	Vegetación	667202,914	9505932,78
37	Vegetación	673766,283	9514884,71
38	Vegetación	638822,012	9527356,8
39	Vegetación	669600,977	9512704,83
40	Vegetación	643896,366	9530161,11
41	Suelo	667144,623	9517462,45
42	Vegetación	662024,601	9515876,73
43	Suelo	652772,782	9537769,8
44	Suelo	655556,425	9512431,26
45	Suelo	650221,941	9537559,25
46	Bosque	665168,29	9521003,65
47	Suelo	657931,012	9507799,53
48	Bosque	638437,627	9525751,07
49	Suelo	658554,623	9502888,32
50	Bosque	654465,86	9515960,58
51	Bosque	636257,284	9511940,21
52	Vegetación	634344,373	9532975,83
53	Bosque	631226,16	9521868,86
54	Bosque	640028,556	9514925,51
55	Vegetación	632180,592	9526022,14

56	Suelo	628614,979	9532251,93
57	Bosque	640231,296	9517193,28
58	Vegetación	631420,16	9529546,79
59	Bosque	637729,351	9532946,58
60	Vegetación	639892,598	9511005,16
61	Bosque	629493,116	9525592,28
62	Vegetación	637827,903	9531586,84
63	Bosque	638382,139	9518725,31
64	Vegetación	642140,014	9508081,23
65	Suelo	631660,51	9536061,33
66	Bosque	630464,558	9523313,67
67	Vegetación	633050,594	9527988,5
68	Bosque	635833,23	9521903,96
69	Suelo	640568,903	9506402,65
70	Suelo	645277,297	9510359,64
71	Suelo	637419,015	9534875,2
72	Bosque	637525,655	9518074,86
73	Suelo	634458,187	9542510,68
74	Suelo	636236,391	9523949,99
75	Suelo	632187,175	9541935,67
76	Suelo	626902,708	9539904,76
77	Vegetación	634933,724	9540878,55
78	Suelo	641016,533	9540829
79	Suelo	632433,894	9540836,25
80	Vegetación	633244,792	9540008,83
81	Suelo	637137,881	9541136,29
82	Vegetación	627663,925	9531089,74
83	Vegetación	639744,223	9536361,27
84	Vegetación	639559,065	9539593,28
85	Bosque	634864,732	9526700,81
86	Suelo	635625,06	9542883,29
87	Vegetación	627992,196	9528778,93
88	Suelo	639051,174	9541334,72
89	Bosque	637918,618	9513408,89
90	Suelo	629651,868	9520764,42
91	Suelo	643195,017	9507799,35
92	Vegetación	631638,961	9527306,94
93	Suelo	629971,075	9542326,64
94	Vegetación	641819,661	9509891,65
95	Agrícola	634715,926	9512759,5
96	Vegetación	638408,453	9525230,39
97	Bosque	638657,765	9514681,69
98	Vegetación	629463,184	9533295,23
99	Vegetación	635733,006	9524943,44

100	Bosque	640420,651	9513290,58
-----	--------	------------	------------

Coordenadas de puntos para el año de 2017

N°	Cobertura	X	Y
1	Vegetación	640400,735	9527389,54
2	Suelo	643604,378	9539460,85
3	Vegetación	657035,585	9518323,62
4	Bosque	650368,74	9533476,29
5	Suelo	658455,941	9525364,53
6	Vegetación	652358,014	9529488,47
7	Suelo	648624,143	9511281,95
8	Suelo	673452,677	9515612,85
9	Vegetación	660523,973	9522755,76
10	Vegetación	654158,691	9525104,17
11	Vegetación	668955,141	9517676,72
12	Suelo	654719,539	9535705,21
13	Suelo	662313,99	9515884,16
14	Suelo	654500,327	9529820,45
15	Vegetación	671481,158	9517578,5
16	Vegetación	661257,434	9507617,18
17	Suelo	666288,976	9520608,6
18	Suelo	651932,077	9522189,62
19	Suelo	658825,611	9520198,16
20	Suelo	673127,231	9520502,96
21	Suelo	648064,515	9519565,07
22	Suelo	642236,59	9536154,39
23	Bosque	642700,947	9518158,89
24	Bosque	664882,821	9519009,91
25	Bosque	645598,898	9512567,1
26	Vegetación	671108,021	9513013,98
27	Vegetación	649192,253	9522610,22
28	Vegetación	641170,468	9533530,24
29	Bosque	666790,134	9505418,76
30	Vegetación	672601,096	9519502,04
31	Vegetación	657403,912	9513364,51
32	Vegetación	654735,532	9531305,01
33	Bosque	659273,821	9510903,13
34	Bosque	660487,765	9509439,8
35	Suelo	653325,482	9509347,07
36	Suelo	641296,765	9530237,08
37	Bosque	662570,382	9506697,62
38	Suelo	643742,544	9536612,34
39	Bosque	644395,393	9527887,32
40	Suelo	652736,668	9537811,97
41	Suelo	644494,112	9521544,04

42	Suelo	666916,807	9508805,71
43	Vegetación	668127,461	9515272,77
44	Vegetación	662356,934	9510572,74
45	Vegetación	645903,7	9524420,84
46	Vegetación	665390,853	9506234,16
47	Suelo	660509,013	9515256,05
48	Suelo	666878,484	9504400,37
49	Vegetación	664340,338	9510230,85
50	Vegetación	657037,147	9508020,12
51	Suelo	643062,325	9509068,77
52	Bosque	643337,516	9511187,1
53	Bosque	633066,256	9529997,49
54	Antrópico	634193,633	9536775,15
55	Suelo	642120,745	9511837,58
56	Bosque	634351,001	9532037,51
57	Suelo	630085,818	9533594,76
58	Sombra de nube	627029,612	9538755,57
59	Suelo	629197,028	9532918,82
60	Vegetación	632429,647	9525735,53
61	Vegetación	638899,967	9536552,16
62	Bosque	632207,523	9539441
63	Vegetación	636272,378	9515171
64	Agrícola	636503,766	9537942,68
65	Vegetación	628837,639	9540011,48
66	Vegetación	630271,177	9541881,66
67	Bosque	628510,272	9527429,27
68	Bosque	641296,325	9512936,99
69	Vegetación	637230,995	9538984,27
70	Suelo	636716,845	9529761,99
71	Suelo	633914,63	9526597,58
72	Bosque	631881,01	9533686,06
73	Vegetación	633290,696	9531048,59
74	Vegetación	628505,953	9535314,5
75	Bosque	637175,331	9535284,92
76	Vegetación	636151,651	9516202,49
77	Bosque	632033,543	9520984,28
78	Vegetación	632673,388	9519629,96
79	Bosque	631929,513	9544184,32
80	Vegetación	638254,513	9509045,33
81	Vegetación	626958,361	9533383,24
82	Bosque	646117,896	9509291,78
83	Bosque	633971,312	9533634,06
84	Vegetación	645635,473	9507915,05
85	Suelo	637624,886	9532619,78

86	Bosque	632075,142	9537331,92
87	Bosque	635278,586	9539022,76
88	Bosque	633556,917	9538787,04
89	Bosque	631470,969	9519952,23
90	Vegetación	631596,043	9541367,78
91	Vegetación	638891,02	9516695,92
92	Bosque	628198,272	9534347,28
93	Suelo	640629,908	9537636,04
94	Bosque	628752,375	9538530,25
95	Bosque	630887,42	9530689,68
96	Suelo	637983,624	9519282,42
97	Suelo	638753,885	9537707,56
98	Bosque	636853,076	9518503,2
99	Vegetación	629861,002	9536282,2
100	Bosque	634402,888	9540104,99

Anexo 26. Valoración de la antropización en los cantones de Sozoranga y Calvas en los años 1987, 1997, 2007 y 2017

Tabla 18. Valorización para INRA aplicada para cobertura en el cantón Sozoranga, año 1987

ÍNDICE DE ANTROPIZACIÓN PARA EL CANTÓN SOZORANGA AÑO 1987									
Unidad de análisis	0.00	0.10	0.20	0.30	0.50	1.00	Total	% Total	
1		7	12	80	1		27,6	100	
2	25	1	25	47	1	1	20,7	100	
3	23	1	40	35	1		19,1	100	
4	45		25	15	15		17	100	
5	50		25	15	10		14,5	100	
6	75		12	8	5		7,3	100	
7	70		10	10	9	1	10,5	100	
8	50	1	15	23	10	1	16	100	
9	5		15	70	10		29	100	
TOTAL	343	10	179	303	62	3	900		
%	38,1	1,11	19,89	33,6	6,89	0,33			
TOTAL							161,7		
ANTROPIZACIÓN							17,96		

Fuente. Elaboración propia

Tabla 19. Valorización para INRA aplicada para cobertura en el cantón Sozoranga, año 1997

ÍNDICE DE ANTROPIZACIÓN PARA EL CANTÓN SOZORANGA AÑO 1997									
Unidad de análisis	0.00	0.10	0.20	0.30	0.50	1.00	Total	% Total	
1		5	10	85			28	100	
2	10	5	60	24	1		20,2	100	
3	25		40	35			18,5	100	
4	40		35	10	15		17,5	100	
5	45		35	12	8		14,6	100	
6	55		10	20	15		15,5	100	
7	60		9	5	25	1	16,8	100	
8	43	1	15	25	15	1	19,1	100	
9	5	1	12	80	2		27,5	100	
TOTAL	283	12	226	296	81	2	900		
%	31,4	1,33	25,1	32,8	9,00	0,22			
TOTAL							177,7		
ANTROPIZACIÓN							19,75		

Fuente. Elaboración propia

Tabla 20. Valorización para INRA aplicada para cobertura en el cantón Sozoranga, año 2007

ÍNDICE DE ANTROPIZACIÓN PARA EL CANTÓN SOZORANGA AÑO 2007								
Unidad de análisis	0.00	0.10	0.20	0.30	0.50	1.00	Total	% Total
1		5	5	90			28,5	100
2	10	2	36	50	1	1	23,9	100
3	19	1	40	40			20,1	100
4	25		45	20	9	1	20,5	100
5	20		62	10	8		19,4	100
6	65		20	7	8		10,1	100
7	55		25	8	10	2	14,4	100
8	25	1	20	45	8	1	22,6	100
9	5	1	10	80	4		28,1	100
TOTAL	224	10	263	350	48	5	900	
%	24,89	1,11	29,22	38,89	5,33	0,56		
TOTAL							187,6	
ANTROPIZACIÓN							20,85	

Fuente. Elaboración propia

Tabla 21. Valorización para INRA aplicada para cobertura en el cantón Sozoranga, año 2017.

ÍNDICE DE ANTROPIZACIÓN PARA EL CANTÓN SOZORANGA AÑO 2017								
Unidad de análisis	0.00	0.10	0.20	0.30	0.50	1.00	Total	% Total
1		2	52	45		1	25,1	100
2	15	1	55	25	1	3	22,1	100
3	15	1	73	10		1	18,7	100
4	10		70	10	8	2	23	100
5	10		80	7	2	1	20,1	100
6	20		70	8	1	1	17,9	100
7	5	1	75	7	3	9	27,7	100
8	36	1	45	15	1	2	16,1	100
9	5	1	50	40	2	2	25,1	100
Total	116	7	570	167	18	22	900	
%	12,89	0,78	63,33	18,56	2,00	2,44		
TOTAL							195,8	
ANTROPIZACIÓN							21,75	

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 22. Valorización para INRA aplicada para cobertura en el cantón Calvas, año 1987

ÍNDICE DE ANTROPIZACIÓN PARA EL CANTÓN CALVAS AÑO 1987									
Unidad de análisis	0.00	0.10	0.20	0.30	0.50	1.00	Total	% Total	
1		3	75	20	2		22,3	100	
2	25	1	37	34	2	1	19,7	100	
3	30	3	32	31	3	1	18,5	100	
4	15		35	40	10		24	100	
5	78		10	10	0,5	1,5	6,75	100	
6	30		36	30	2	2	19,2	100	
7	50		5	25	15	5	21	100	
8	22		35	40	2	1	21	100	
9	55		21	21	1	2	13	100	
10	38	1	15	30	15	1	20,6	100	
11	50		21	20	7	2	15,7	100	
12	30		20	40	10		21	100	
13		3		93	3	1	30,7	100	
14	25	1	20	50	4		21,1	100	
15	25	1	33	40	1		19,2	100	
Total	473	13	395	524	77,5	17,5	1500		
%	52,56	1,44	43,89	58,22	8,61	1,94			
TOTAL							293,75		
ANTROPIZACIÓN							19,58		

Fuente. Elaboración propia

Tabla 23. Valorización para INRA aplicada para cobertura en el cantón Calvas, año 1997.

ÍNDICE DE ANTROPIZACIÓN PARA EL CANTÓN CALVAS AÑO 1997										
Unidad de análisis	de	0.00	0.10	0.20	0.30	0.50	1.00	Total	% Total	
1	1		1	22	75	1		27,5	100	
2	15		1	53	30	1		20,2	100	
3	10		1	62	25	2		21	100	
4	2			80	16	2		21,8	100	
5	75			14	10	1		6,3	100	
6	25			60	13	1	1	17,4	100	
7	42			35	15	2	6	18,5	100	
8	5			85	10			20	100	
9	72			20	7	1		6,6	100	
10	20		1	35	42	2		20,7	100	
11	44			35	20	1		13,5	100	
12	3			36	60	1		25,7	100	
13	1		2	2	95			29,1	100	
14	10		1	34	55			23,4	100	
15	1			49	50			24,8	100	
Total		326	7	622	523	15	7	1500		
%		36,22	0,78	69,11	58,11	1,67	0,78			
TOTAL								296,5		
ANTROPIZACIÓN								19,76		

Fuente. Elaboración propia

Tabla 24. Valorización para INRA aplicada para cobertura en el cantón Calvas, año 2007.

ÍNDICE DE ANTROPIZACIÓN PARA EL CANTÓN CALVAS AÑO 2017								
Unidad de análisis	0.00	0.10	0.20	0.30	0.50	1.00	Total	% Total
1		1	37	60	1	1	27	100
2	10		60	29		1	30,5	100
3	10	1	55	32	2		31,35	100
4	2		60	35	2	1	35	100
5	53		25	20		2	18,25	100
6	20		55	23		2	27,25	100
7	20		50	21	3	6	31,25	100
8	5		30	55			35	100
9	50		37	10		3	17,25	100
10	10		60	28	1	1	30,75	100
11	35		45	19		1	21,75	100
12	10		20	69	1		40,25	100
13		2	35	62	1		40,7	100
14	15	1	38	45	1		32,85	100
15	25		45	29	1		26,5	100
Total	265	5	652	537	13	18	1490	
%	29,44	0,56	72,44	59,67	1,44	2,00		
TOTAL							445,65	
ANTROPIZACIÓN							29,71	

Fuente. Elaboración propia

Tabla 25. Valorización para INRA aplicada para cobertura en el cantón Calvas, año 2017.

ÍNDICE DE ANTROPIZACIÓN PARA EL CANTÓN CALVAS AÑO 2007									
Unidad de análisis	de	0.00	0.10	0.20	0.30	0.50	1.00	Total	% Total
1			1	1	97	1		29,9	100
2	10		1	50	38	1		22	100
3	15		2	52	30	1		20,1	100
4	5			50	44	1		23,7	100
5	73			15	10	1	1	7,5	100
6	30			59	10	1		15,3	100
7	49			35	10		6	16	100
8	3			26	70	1		26,7	100
9	45			25	30			14	100
10	15		1	27	55	2		23	100
11	40			34	25	1		14,8	100
12	5			31	60	2		25,2	100
13			2	2	95	1		29,6	100
14	5		1	35	58	1		25	100
15	3			80	16	1		21,3	100
Total		298	8	522	648	15	7	1498	
%		33,11	0,89	58,00	72,00	1,67	0,78		
TOTAL								314,1	
ANTROPIZACIÓN								20,94	