



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

### CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

#### “ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHUCHUVÍ, PROVINCIA DE ESMERALDAS”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingenieros en Recursos  
Naturales Renovables

**Autores:** Juan Sebastián Cifuentes Flores  
Jorge Luis Valenzuela García

**Director:** Ing. Óscar Armando Rosales Enríquez, MSc.

Ibarra - Ecuador

2019



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO DE COBERTURA**  
**VEGETAL Y USO DEL SUELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO**  
**CHUCHUVÍ, PROVINCIA DE ESMERALDAS”**

Trabajo de Titulación revisado por el Comité Asesor, previa a la obtención del  
Título de:

**INGENIEROS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**APROBADA:**

Ing. Óscar Rosales, MSc.  
**DIRECTOR**



FIRMA

Ing. Mónica León, MSc.  
**ASESORA**



FIRMA

Ing. Gladys Yaguana, MSc.  
**ASESORA**



FIRMA

Ing. Paúl Arias, MSc.  
**ASESOR**



FIRMA

IBARRA - ECUADOR  
MAYO, 2019



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100284431-2		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Cifuentes Flores Juan Sebastián		
<b>DIRECCIÓN:</b>	El Alpargate, Río Tahuando		
<b>EMAIL:</b>	jsebas_953@hotmail.com		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062608389	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0988060243

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100387222-1		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Valenzuela García Jorge Luis		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Calle Pedro Moncayo e Imbabura		
<b>EMAIL:</b>	luisvalen93@hotmail.com		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062615225	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0981831095

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHUCHUVÍ, PROVINCIA DE ESMERALDAS”
<b>AUTORES:</b>	Cifuentes Flores Juan Sebastián Valenzuela García Jorge Luis
<b>FECHA:</b>	31 de mayo de 2019
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniería en Recursos Naturales Renovables
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. Óscar Armando Rosales Enríquez, MSc.

## 2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 31 días del mes de mayo del 2019

### LOS AUTORES:

  
.....

Cifuentes Flores Juan Sebastián

  
.....

Valenzuela García Jorge Luis

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradecemos a Dios por las bendiciones recibidas en el proceso de formación y por permitir que lleguemos a finalizar con éxito nuestra carrera profesional.*

*A la Universidad Técnica del Norte por habernos brindado tantas oportunidades y enriquecernos en conocimiento, a la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables y a nuestros docentes por habernos formado éticamente y profesionalmente.*

*A nuestro director MSc. Óscar Rosales, por la paciencia y por haber compartido sus conocimientos durante el desarrollo del presente trabajo.*

*A nuestros asesores MSc. Mónica León, MSc. Paúl Arias y MSc. Gladys Yaguana, por sus consejos y aportes para el enriquecimiento de este estudio.*

*A nuestros padres que con su trabajo, apoyo y esfuerzo han hecho posible la culminación de nuestra etapa universitaria.*

*Al Ing. Diego Tarupí, por permitirnos realizar el proceso investigativo dentro del bosque protector las siete cascadas, de igual manera a los señores guías Salomón y Pedro por su tiempo, ayuda en los recorridos de campo y aporte en conocimientos.*

*A los miembros de la comunidad El Guadual, especialmente al Sr. Salomón Caicedo, por la acogida y la ayuda brindada.*

*A todos, muchas gracias...*

**Juan Sebastián Cifuentes**

**Jorge Luis Valenzuela**

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por guiarme, brindarme la salud y la vida para llegar hasta este momento  
cumpliendo con uno de los objetivos planteados en mi vida.*

*A mi Madre, mi ejemplo de trabajo constante, de humildad, honradez, además de  
la valentía y tenacidad para sostener un hogar, por demostrarme que solo  
requiero decisión para obtener lo que deseo y por ese impresionante coraje para  
salir de cualquier situación juntos, mi consejera y la mejor mamá.*

*A mi familia en general por el apoyo, cariño y motivación constante a lo largo de  
mi carrera, que compartan esta alegría junto a mí.*

***Juan Sebastián Cifuentes***

## DEDICATORIA

*A Dios, por brindarme la vida, la sabiduría y las fuerzas necesarias para culminar mi carrera universitaria.*

*A mi esposa Carolina y a mis hijos Leonel y Valentina, quienes son mi vida y mi inspiración para superarme, gracias por creer en mi capacidad, y a pesar de los momentos difíciles siempre me han brindado su comprensión, paciencia, cariño y amor.*

*A mis padres Jorge y Azucena por su apoyo incondicional y por enseñarme desde pequeño el valor del sacrificio y perseverancia para alcanzar mis metas, pues todo lo que soy es gracias a ustedes.*

*A Mauricio por ser como un padre para mí y por enseñarme a salir adelante a pesar de las adversidades.*

*A mis hermanos Ronald y Dany por los momentos compartidos desde pequeños y por ser su ejemplo a seguir.*

*A Fernando y Jovi por sus consejos y por ayudarme en los momentos más difíciles en esta etapa de mi vida*

*A todos mis familiares y amigos que de una forma u otra me han apoyado para alcanzar este logro.*

*Esto es para ustedes...*

**Jorge Luis Valenzuela**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>Contenido</b>	<b>Páginas</b>
RESUMEN.....	xiii
SUMMARY .....	xiv
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problema de investigación .....	1
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos .....	5
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	5
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	5
1.4 Pregunta directriz de la investigación .....	5
<b>CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Antecedentes .....	6
2.2 Marco teórico .....	8
2.2.1 Cambio de cobertura vegetal y uso del suelo.....	8
2.2.2 Tasa de variación de la cobertura y uso del suelo.....	9
2.2.3 Cuencas visuales .....	10
2.2.4 Estrategias de conservación del suelo y cobertura vegetal .....	11
2.3 Marco legal.....	12
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>18</b>
3.1 Descripción del área de estudio.....	18
3.2 Materiales y equipos .....	25
3.3 Métodos.....	25
3.3.1 Fase I. Determinación de la tasa de variación de la cobertura vegetal y uso del suelo en el período 1987-2017 .....	26
3.3.2 Fase II. Determinación del cambio multitemporal de las cuencas visuales en los últimos 30 años.....	32
3.3.3 Fase III. Establecimiento de estrategias de conservación y uso sostenible para el suelo y la cobertura vegetal de la microcuenca.....	34
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>36</b>
4.1 Tasa de variación de las categorías de cobertura vegetal y uso del suelo en el período 1987-2017 .....	36

4.1.1 Cobertura vegetal y uso del suelo del año 1987.....	36
4.1.2 Cobertura vegetal y uso del suelo del año 2000.....	37
4.1.3 Cobertura vegetal y uso del suelo del año 2017.....	38
4.1.4 Cambios en las superficies de cobertura vegetal y uso del suelo de los años 1987, 2000 y 2017.....	40
4.1.6 Matriz de contingencia para validación de la clasificación supervisada.....	42
4.1.7 Dinámica y procesos de cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en la microcuenca entre los años 1987-2017 .....	43
4.1.8 Tasa de variación de la cobertura y uso del suelo entre los años 1987, 2000 y 2017.....	47
4.2 Cambio multitemporal de las cuencas visuales durante los últimos 30 años...51	
4.2.1 Análisis multitemporal de la cuenca visual norte de los años 1987 y 2017..51	
4.2.2 Análisis multitemporal de la cuenca visual sur de los años 1987 y 2017 .....	53
4.3 Estrategias de conservación y uso sostenible para el suelo y la cobertura vegetal de la microcuenca.....	56
4.3.1 Estrategia 1: <i>Desarrollo de actividades de ecoturismo</i> .....	61
4.3.2 Estrategia 2: <i>Incorporación del bosque protector de la microcuenca del río Chuchuví al Sistema Nacional de Áreas Protegidas.</i> .....	63
4.3.3 Estrategia 3: <i>Implementación de prácticas agroecológicas</i> .....	65
4.3.4 Estrategia 4: <i>Sistemas de agroforestería</i> .....	67
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	70
5.1 Conclusiones .....	70
5.2 Recomendaciones.....	71
REFERENCIAS.....	72
ANEXOS .....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Coordenadas de los puntos extremos del área de estudio. ....	19
<b>Tabla 2.</b> Materiales y equipos utilizados en el estudio.....	25
<b>Tabla 3.</b> Datos de las Imágenes Satelitales de los años 1987, 2000 y 2017.....	27
<b>Tabla 4.</b> Tipos de exactitud para la validación de clasificación de imágenes. ....	29
<b>Tabla 5.</b> Categoría de concordancias de validación para el coeficiente Kappa. ..	30
<b>Tabla 6.</b> Categorías obtenidas en la Clasificación Supervisada del año 1987. ....	36
<b>Tabla 7.</b> Categorías obtenidas en la Clasificación Supervisada del año 2000. ....	37
<b>Tabla 8.</b> Categorías obtenidas en la Clasificación Supervisada del año 2017. ....	39
<b>Tabla 9.</b> Cambios en la cobertura y uso del suelo de la microcuenca del río Chuchuví durante el periodo de análisis. ....	40
<b>Tabla 10.</b> Matriz de Contingencia de la clasificación supervisada de la imagen Sentinel 2(A), 2017. ....	42
<b>Tabla 11.</b> Matriz de cambios de uso del suelo y cobertura entre 1987 y 2017. ...	43
<b>Tabla 12.</b> Transición del uso del suelo y cobertura entre los años 1987 y 2017..	46
<b>Tabla 13.</b> Superficie total de variación o permanencia entre 1987 y 2017. ....	46
<b>Tabla 14.</b> Categorías de cobertura vegetal, uso del suelo y tasa de variación (TDA) en el período 1987-2000. ....	47
<b>Tabla 15.</b> Categorías de cobertura vegetal, uso del suelo y tasa de variación (TDA) en el período 2000-2017. ....	48
<b>Tabla 16.</b> Categorías de cobertura vegetal, uso del suelo y tasa de variación (TDA) en el período 1987-2017. ....	49
<b>Tabla 17.</b> Análisis multitemporal de la cuenca visual norte del periodo 1987-2017. ....	51
<b>Tabla 18.</b> Análisis multitemporal de la cuenca visual sur periodo 1987-2017. ....	54
<b>Tabla 19.</b> Análisis FODA del área de estudio.....	59
<b>Tabla 20.</b> Cruce de las variables del FODA para el establecimiento de estrategias de conservación y uso sostenible del suelo y la cobertura vegetal. ....	60
<b>Tabla 21.</b> Desarrollo de actividades de ecoturismo. ....	62
<b>Tabla 22.</b> Incorporación del bosque protector de la microcuenca al SNAP. ....	64
<b>Tabla 23.</b> Implementación de prácticas agroecológicas.....	66

<b>Tabla 24.</b> Sistemas de agroforestería. ....	68
---	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación de la microcuenca del río Chuchuví.....	18
<b>Figura 2.</b> Clima de la microcuenca del río Chuchuví .....	20
<b>Figura 3.</b> Clases de suelos de la microcuenca del río Chuchuví.....	21
<b>Figura 4.</b> Tipos de pendientes de la microcuenca del río Chuchuví .....	22
<b>Figura 5.</b> Ruta Ibarra - microcuenca del río Chuchuví .....	23
<b>Figura 6.</b> Ubicación del bosque protector “Siete Cascadas” y bosque comunitario “El Guadual” en la microcuenca .....	24
<b>Figura 7.</b> Cobertura vegetal y uso del suelo del año 1987 .....	37
<b>Figura 8.</b> Cobertura vegetal y uso del suelo del año 2000 .....	38
<b>Figura 9.</b> Cobertura vegetal y uso del suelo del año 2017 .....	39
<b>Figura 10.</b> Dinámicas de cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo .....	41
<b>Figura 11.</b> Cambios de uso del suelo y cobertura 1987-2017.....	45
<b>Figura 12.</b> Cambio y permanencia de la cobertura y uso del suelo en el periodo 1987-2017 .....	47
<b>Figura 13.</b> Tasa de variación (TDA), de la cobertura vegetal y uso del suelo entre los años 1987-2000 .....	48
<b>Figura 14.</b> Tasa de variación (TDA), de la cobertura vegetal y uso del suelo entre los años 2000-2017 .....	49
<b>Figura 15.</b> Tasa de variación (TDA), de la cobertura vegetal y uso del suelo entre los años 1987-2017 .....	50
<b>Figura 16.</b> Cuenca visual norte del año 1987.....	52
<b>Figura 17.</b> Cuenca visual norte del año 2017.....	53
<b>Figura 18.</b> Cuenca visual sur del año 1987.....	54
<b>Figura 19.</b> Cuenca visual sur del año 2017.....	55
<b>Figura 20.</b> Ubicación de las estrategias de conservación y uso sostenible del suelo y cobertura de la microcuenca.....	69

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES**  
**RENOVABLES**

**“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO DE COBERTURA**  
**VEGETAL Y USO DEL SUELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO**  
**CHUCHUVÍ, PROVINCIA DE ESMERALDAS”**

Nombres de los estudiantes: Cifuentes Flores Juan Sebastián

Valenzuela García Jorge Luis

Tutor: Ing. Óscar Rosales, MSc.

**RESUMEN**

Los estudios relacionados con los cambios de la cobertura vegetal y uso del suelo permiten analizar las tendencias espacio-temporales de procesos negativos que afectan a las cuencas hidrográficas. En el presente estudio se analizó las variaciones en el cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en la microcuenca del río Chuchuví en el período 1987-2017. Para identificar las variaciones se aplicaron técnicas de Teledetección a las imágenes de los satélites Landsat y Sentinel de los años 1987, 2000 y 2017, utilizando el método de clasificación supervisada en donde se establecieron cuatro categorías de cobertura y uso del suelo tales como: bosque, pastizal, cultivos e infraestructura que fueron detectados y cuantificados en el software ArcGIS 10.4. Se elaboró una matriz de transición y con base en esta se determinaron las tasas de cambio anual para las categorías clasificadas. Además, se analizó el cambio multitemporal de las cuencas visuales norte y sur de la microcuenca para identificar las superficies visibles desde los puntos de interés. Los resultados obtenidos muestran el aumento del bosque, cultivos e infraestructura para el año 2017; en 273,06 hectáreas (19,8%), 11,96 hectáreas (0,8%) y 7,53 hectáreas (0,5%), mientras que los pastizales presentaron una disminución de 292,55 hectáreas (-21,3%); con tasas de variación anual de 0,72%, 2,69%, 1,04% y -5,18% respectivamente. Considerando que la microcuenca está cubierta en mayor parte por bosque y en menor superficie por cultivos, pastizales e infraestructura, se ha propuesto desarrollar actividades de ecoturismo, incorporar el bosque de la microcuenca al Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador, además de implementar prácticas agroecológicas y sistemas de agroforestería para la conservación del área de estudio.

**Palabras clave:** Teledetección, imagen satelital, clasificación supervisada, matriz de transición, tasa de variación, cuenca visual.

## SUMMARY

The studies related to the vegetal coverage changes and the land use change let us to analyze the space-temporary tendencies of negative processes which affect the basins. The present research analyzed the vegetal coverage variations and the land use change in the Basin of Chuchuví River during 1987-2017. In order to identify the variations, it was used several techniques as: remote sensing of images of Landsat and Sentinel satellites in the years 1987, 2000, and 2017. It was carried out by using the supervised classification method where there were identified four categories of coverage and use of the soil such as: forest, pasture, crops and infrastructure which were detected and quantified in the software ArcGIS 10.4. Also, it was created a transition matrix in order to determine the annual changing rates. Moreover, it was analyzed the temporal change of the basins from north to south so that we can identify the visible surfaces from interest points. The results show the growth of forest, crops and infrastructure for 2017, in at least 273.06 acres (19.8%), 11.96 acres (0.8%), and 7.53 acres (0.5%). However, pasturelands decrease in 292.55 acres (-21.3%); with an annual average variations of 0.72%, 2.69%, 1.04% y -5.18%. Given that, basins are mainly covered by forest, crops, pasture and infrastructure. So, it was proposed to develop ecotourism activities, to incorporate the forest of the basin to the national system of protected areas, and to implement ecological practices and systems of agroforestry in order to conserve the area of study.

**Keywords:** Remote sensing, satellite images, supervised classification, transition matrix, variation rates, visual basin.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Problema de investigación

Durante los últimos 50 años, los ecosistemas terrestres a nivel global han presentado grandes transformaciones. Entre los cambios más destacados están la pérdida del 50% de la cubierta vegetal nativa y la devastación o perturbación irreversible del 30% de los hábitats naturales (Mas, Velásquez y Couturier, 2009). Mientras que Lambin (1997), señala a la conversión de la cobertura del terreno y la degradación e intensificación en el uso del suelo como los principales cambios ocurridos. Es evidente que, las actividades humanas ha sido la gran modificadora de los ecosistemas terrestres en los últimos 300 años (Aguayo, Pauchard, Azócar y Parra, 2009).

Los bosques albergan más del 75% de la biodiversidad terrestre mundial, además desempeñan una función sustancial en ciclo del agua, la conservación de los suelos, la fijación de carbono y la protección de hábitats. Sin embargo, la superficie de bosque en el mundo ha experimentado pérdidas de 129 millones de hectáreas (3,1%) en los últimos 30 años, considerando que el avance de la frontera agrícola ha sido la causa principal del 80% de la deforestación (FAO, 2016). La pérdida de cobertura y uso del suelo trae consigo un efecto trascendental sobre la diversidad biológica y sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas terrestres, acelerando los procesos de deterioro del recurso suelo, de la calidad del agua y la pérdida de hábitat, que, en consecuencia, afectan al ciclo hidrológico y al suministro de los bienes y servicios ecosistémicos (Peña, Pincheira, Escalona y Rebolledo, 2011).

Según la FAO (2016), en los últimos 25 años, se registró una pérdida neta de 7 millones de hectáreas anuales de bosque en los países tropicales y un aumento neto de superficies agrícolas de 6 millones de hectáreas al año. Es decir, la conversión de los bosques se debe a factores como el crecimiento de la población, el desarrollo

agrícola, la tenencia de la tierra y la gobernanza del cambio de uso del suelo. En Latinoamérica, las pérdidas de bosques se han prolongado en los últimos años, sin embargo, la tasa de pérdida se está disminuyendo, desde 4,45 millones de hectáreas por año entre 1990-2000 a 2,18 millones de hectáreas por año entre 2010-2015, esto corresponde a tasas de pérdida de 0,44% y 0,23% respectivamente. Los aumentos de bosque se deben a procesos como la forestación y la propagación del bosque natural (FAO, 2017).

Durante décadas, la deforestación se ha convertido en el principal problema para la mayor parte de los bosques tropicales del Ecuador. Las prácticas agrícolas, ganaderas extensivas y la extracción industrial de madera constituyen las principales amenazas para los bosques húmedos del Chocó (Sierra, 1996). No obstante, en los últimos años la deforestación en el país se está reduciendo, ya que en el periodo 1990-2000, la deforestación neta anual fue de 92.742 hectáreas/año, es decir, una tasa anual promedio de -0,65%; por el contrario, la deforestación neta anual para el período 2008-2014 fue de 47.497 hectáreas/año y una tasa anual promedio de -0,37%; siendo la provincia de Esmeraldas una de las más deforestadas en el período 2008-2014 con 5.476 hectáreas/año (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015).

Los ecosistemas terrestres que albergan bosques húmedo tropicales conforman alrededor del 7% de la superficie terrestre, se caracterizan por presentar una notable diversidad biológica en especies y endemismos; así como por los beneficios ecosistémicos de suministro, cultura y regulación que brindan a las poblaciones humanas aledañas a estos ecosistemas (Tucker & Townshend, 2000). Referente a los recursos suelo y bosque de regiones biogeográficas, la importancia de este tipo ecosistemas se enfoca sobre todo en los servicios de suministro de recursos naturales como: suelo, biomasa, agua y alimentos para la población, además de que cumplen un papel fundamental en la regulación climática del planeta y almacenamiento global de carbono (Balvanera, 2012). Por lo cual, ante la incidencia del factor antrópico se genera la necesidad de conservar, preservar y

brindar un manejo adecuado a los recursos naturales inmersos en estos ecosistemas frágiles que proveen funciones importantes para el globo terráqueo.

En la provincia Esmeraldas, al noroeste del Ecuador, se encuentra la microcuenca del río Chuchuví perteneciente a la parroquia de Alto Tambo, en el cantón San Lorenzo. El área de estudio posee varias clases de cobertura vegetal y uso del suelo, entre las que se tiene: bosque, cultivos (cacao del tipo CCN-51, plátano, naranja, naranjilla, borrojó, guayaba, café, yuca, plantaciones de bambú), además de pastizales e infraestructura (asentamientos y vías). Se presume que las actividades de los habitantes de la microcuenca generan cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo del área de estudio, debido a la tala ilegal de especies arbóreas, invasión y apropiación ilegal de tierras, actividades agrícolas y problemas de fertilidad del suelo a largo y corto plazo a causa de un manejo inadecuado del recurso. Es así que, tales modificaciones afectan al equilibrio del ecosistema, llevando a la microcuenca a una fase de cambio en las coberturas y usos del suelo, además generando un problema ambiental al tratarse de una zona con un alto índice de diversidad biológica y cobertura vegetal extensa (PDOT, Alto Tambo, 2015).

## **1.2 Justificación**

La falta de estudios sobre el cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en la microcuenca y generalmente en la región neotropical húmeda del Ecuador, genera escasez de información cartográfica para el manejo de los recursos naturales de este tipo de ecosistemas frágiles.

En el área de estudio actualmente no se han realizado investigaciones sobre el cambio de cobertura vegetal y uso del suelo, es así que el análisis multitemporal pretende determinar, cuantificar y visualizar a través de técnicas de sensores remotos las dinámicas del cambio de coberturas y usos del suelo, tasas de cambio y análisis de las cuencas visuales, a través de la comparación de imágenes del satélite Landsat (Sensor: TM, ETM) y Sentinel (2A), en base a los procesos ocurridos en la microcuenca del río Chuchuví durante los últimos 30 años.

Por tal razón, el presente estudio aportará con información cartográfica sobre las dinámicas del cambio de cobertura vegetal y uso del suelo de la microcuenca durante el período 1987-2017. La información obtenida contribuirá a controlar los procesos de conversión en las coberturas y usos del suelo del área de estudio y a su vez será útil para instituciones gubernamentales y comunidad, en la generación de políticas públicas, en la planificación del territorio y en el manejo sostenible de los recursos cobertura vegetal y suelo de la microcuenca, por el cual mediante la propuesta de estrategias de conservación, se asegurará la prolongación del ecosistema frágil e indispensable en la provisión de recursos naturales. De igual forma el estudio aporta al objetivo 3 y política 3.1 del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. “Toda una Vida” (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017).

#### Eje 1: Derechos para Todos Durante Toda la Vida

- Objetivo 3: “Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones”.
- Política 3.1: “Conservar, recuperar y regular el aprovechamiento del patrimonio natural y social, rural y urbano, continental, insular y marino-costero, que asegure y precautele los derechos de las presentes y futuras generaciones”.

#### Metas a 2021:

- Mantener el 16% de territorio nacional bajo conservación o manejo ambiental a 2021.
- Reducir al 15% la deforestación bruta con respecto al nivel de referencia de emisiones forestales a 2021.
- Reducir la expansión de la frontera urbana y agrícola a 2021.

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo general***

Analizar las variaciones en el cambio de cobertura vegetal y uso del suelo de la microcuenca del río Chuchuví en el período 1987-2017.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- Determinar la tasa de variación de la cobertura vegetal y uso del suelo en el período 1987-2017.
- Determinar el cambio multitemporal de las cuencas visuales en los últimos 30 años.
- Establecer estrategias de conservación y uso sostenible para el suelo y la cobertura vegetal de la microcuenca.

### **1.4 Pregunta directriz de la investigación**

¿Qué variaciones en la cobertura vegetal y uso del suelo han ocurrido en la microcuenca del río Chuchuví durante el período 1987-2017?

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1 Antecedentes**

Varios autores han efectuado estudios que se han enfocado en analizar las dinámicas del cambio de cobertura y uso del suelo, como es el caso de Etiopía en África, en el cual se realizó un análisis multitemporal con el fin de estimar los cambios espacio-temporales en el patrón de uso/cobertura de la tierra y erosión del suelo en la cuenca Yezet. La metodología que se empleó fue la clasificación supervisada y posteriormente se aplicó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), además de la ecuación universal de pérdida de suelo. La cobertura de la cuenca disminuyó en un 91% entre los años 2001 y 2010, sin embargo, para el año 2015 aumentó un 88% de acuerdo con los valores de NDVI. En definitiva, las intervenciones de manejo son necesarias para mejorar el estado y utilización de los recursos naturales de la cuenca (Tadesse, Suryabhagavan, Sridhar y Legesse, 2017).

En América Central, se desarrolló un estudio multitemporal con el propósito de evaluar el cambio de uso del suelo en el paisaje terrestre protegido Miraflor Moropotente, en Nicaragua en el periodo 1993-2011, además se determinó el estado de fragmentación del paisaje, mediante el uso de tres imágenes Landsat TM. La fragmentación se realizó con el cálculo de métricas e índices de fragmentación a nivel del paisaje. Por tanto, los cambios de uso del suelo están determinados por la degradación antrópica, principalmente en la conversión de la vegetación nativa a espacios agrícolas y la expansión de la ganadería. Estos cambios han significado un paisaje fragmentado con distintos grados de perturbación, que conllevan a una disminución de la superficie de hábitats naturales (Ruiz, Savé y Herrera, 2013).

Otro estudio similar, se realizó en la sub-cuenca el río Coroico, cerca del municipio de Caranavi, en Bolivia, en el cual se determinó las variaciones en la cubierta vegetal del suelo para los periodos de 1989-2005 y 2005-2014. En el trabajo se empleó la metodología de teledetección espacial y Sistemas de Información

Geográfica para generar la cartografía de deforestación empleando el software ArcGIS y ERDAS. Los resultados presentan una disminución progresiva de las áreas boscosas, siendo la más severa en el periodo 1989-2005 en contraste con el periodo 2005-2014. La pérdida del bosque mayormente es debido a inadecuadas prácticas agrícolas, por consiguiente, dan lugar a la habilitación de nuevas áreas agrícolas en zonas que estaban constituidas por bosque (Condori, Loza, Mamani y Solíz, 2018).

En Colombia se estudió el análisis multitemporal de cambios de uso del suelo y coberturas en la microcuenca las Minas, municipio de Pasto, durante un período de 19 años, entre 1989 y 2008. Se utilizaron distintas herramientas y procesos cartográficos como la fotointerpretación y tratamiento de imágenes satelitales. El estudio evidenció una pérdida de bosque secundario equivalente a 58,51 hectáreas, con una tasa de deforestación por año de 3,08 hectáreas, debido al aumento progresivo de pastos y cultivos. Por lo tanto, en el caso de estudio se identificó cambios negativos, pues la presión de las comunidades aledañas y ajenas a esta, ejercieron variación acelerada en el área de estudio (Guerrero, Montenegro y Hernández, 2009).

En el Nor-Oriente del Ecuador, entre las provincias de Carchi, Imbabura, y Pichincha en la Sierra; Sucumbíos, Napo y Orellana en la Amazonía, se realizó un estudio multitemporal de cobertura vegetal y uso del suelo en el período 1990-2008. La metodología apropiada se basó en el uso de sensores remotos con la finalidad de identificar, cuantificar y monitorear los cambios de cobertura vegetal y usos del suelo que se han presentado en el territorio debido al aumento de actividades y alteraciones antropogénicas o cambios climáticos. Como resultado se obtuvo que en los últimos veinte años se ha perdido 250.000 hectáreas de bosque primario, como consecuencia de la expansión agropecuaria y otras actividades extractivas. (Geografía, Planificación y Desarrollo, 2009).

## **2.2 Marco teórico**

### ***2.2.1 Cambio de cobertura vegetal y uso del suelo***

Los procesos relacionados con el cambio de cobertura vegetal y uso del suelo ocurren en una dinámica compleja, asociada a múltiples variables como son el tipo de cubierta vegetal, las interacciones ecológicas, el ambiente físico, las actividades socioeconómicas y el contexto social (Dale & Beyeler, 2001).

Seingier, Espejel y Ferman (2009), manifiestan que la cobertura del suelo se refiere al tipo de cubierta que se encuentra sobre la superficie terrestre, mientras que el uso de la tierra se relaciona a un conjunto de acciones que el ser humano desarrolla en relación con cierto tipo de cobertura, y además está asociado con los fines sociales y económicos. La pérdida de la cobertura vegetal es uno de los acontecimientos más impactantes a nivel global, pues no solo altera el ciclo hidrológico, sino que también produce serios problemas de erosión, salinización, pérdida de productividad primaria y disminución de la capacidad de infiltración de agua (Rosas, Carranza, Nava y Luque, 2006).

Se realizó un estudio en Morelos, México para determinar el cambio de cobertura vegetal y uso del suelo durante el periodo 2000-2009; a través de la teledetección (imágenes aéreas o de satélite) se mapeó y analizó los cambios en el área de estudio. Se empleó la técnica de clasificación supervisada con la que se identificaron 14 categorías de cobertura vegetal y uso del suelo, y se construyó la matriz de confusión para valorar el asertividad de la clasificación de lo observado en campo. Los resultados encontrados muestran que hay un aumento notable en la agricultura con 1373 hectáreas y urbano con 189 hectáreas mientras que la selva baja y los bosques presentan una notable disminución de 1841 hectáreas y 858 hectáreas respectivamente. La dinámica de cambio es compleja y se identifican como causas principales a la tenencia de tierras y a los factores socio ambientales presentes en el estado de Morelos (Calderón, Ordóñez, Nieto y Ordóñez, 2017)

### ***2.2.2 Tasa de variación de la cobertura y uso del suelo***

La tasa de variación actúa como un indicador que permite visualizar la magnitud y velocidad con la que se está presentando un proceso, su determinación es necesaria para conocer la dinámica y magnitud del cambio, así como los efectos que producen estas variaciones. La tasa expresa el cambio anual de la superficie de cobertura vegetal y uso del suelo en porcentaje de acuerdo con la ecuación utilizada por la FAO (1996).

Osuna et al (2015), realizó un estudio sobre la evaluación del cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en la cuenca del río Tecolutla, Veracruz, México, durante el período 1994-2010, con el fin de evaluar el impacto de las actividades antropogénicas. La metodología empleada consistió en la utilización de imágenes del satélite Landsat. Para validar la clasificación supervisada, se calculó el índice Kappa y se realizó una matriz de transición. La matriz de cambio evidenció una tendencia de incremento en las superficies agrícolas presentando cambio de 28% y 67%, por consiguiente, se visualizó una disminución en la tasa de variación anual de 1,1% en las superficies con coberturas naturales, específicamente bosques y selvas.

Camacho et al. (2015), analizó los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo ocurridos entre 1989 y 2009, en la Porción Suporniente del Estado de México (PSEM), a través de la interpretación de imágenes de satélite Landsat TM, y a su vez evaluó la confiabilidad temática. Se construyó una matriz de cambios y en base en ésta se determinaron las tasas de cambio. Como resultados se resalta el decremento de la categoría bosque con una tasa de anual de -0,56%. Sin embargo, el incremento de la tasa anual de la categoría agropecuario corresponde a 0,57%. Es así que la superficie correspondiente a la categoría agropecuario se incrementó a expensas del área que comprendía a los bosques de la PSEM.

Ibarra et al. (2011), desarrolló un análisis de los cambios en la cobertura y uso de suelo en la subcuenca Huichol-Atengo entre los años 1976 y 2000, a partir del

empleo de las coberturas y del suelo y el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG). La dinámica de variación muestra que el bosque de pino y encino han disminuido a una tasa de 0,20% y la segunda a 0,76%.

### ***2.2.3 Cuencas visuales***

Al entorno visual o conjunto de áreas que son vistas desde un punto de observación se le llama cuenca visual, la misma que se obtiene al trazar rectas imaginarias desde el punto de observación hasta otro punto destino con un ángulo horizontal el cual limita la exploración denominado azimut. Finalmente se dibujan en el mapa base los puntos de comienzo y fin de las zonas de sombra para conocer las áreas que no son visibles y si son visibles desde cada punto de observación (Otero, Varela, Mancebo y Ezquerro, 2009).

En el Valle de Balcosna, Argentina, se realizó un estudio mediante el análisis de cuencas visuales. El trabajo se desarrolló con la finalidad de conocer la visibilidad e inter-visibilidad entre sitios arqueológicos. Para el cálculo de la cuenca visual se tomó en cuenta factores como la altitud del punto de observación, el ángulo de exploración (azimut) y los radios mínimos y máximos de exploración para el campo de visión. Se realizó análisis en SIG para obtener los porcentajes de km<sup>2</sup> que cubren las cuencas visuales: >30%, 20 a 30 %, 10 a 19% y 1 a 9%; donde el mayor rango visual se denota en los sitios ubicados en la parte sur del valle debido a que es más ancho y no tan elevado como el norte. Es así que, lo significativo del estudio resalta en la visualización entre quienes habitaron el valle para mantenerse en contacto de un sitio a otro, ya que los sitios no están dispuestos necesariamente para la observación del paisaje debido a la inter-visibilidad que existe como causa de la cobertura vegetal boscosa (Villafañez, 2017).

En el Ecuador, se realizó un análisis de paisaje de la cuenca del cerro Collay, con el fin de conocer la visibilidad teórica que presentó el sitio ceremonial arqueológico del entorno de Riobamba. En primer lugar, se delimitó la zona de estudio considerando trabajar a un radio de 5km, ya que a esta distancia se encuentran

elevaciones naturales como lomas con potencialidad arqueológica. Se utilizó la cuenca visual como herramienta para el estudio al identificar las celdas de un *ráster* de entrada que pueden visualizarse desde una o más ubicaciones de observación, este análisis de visibilidad genera 2 valores para cada píxel *visible* y *no visible*, el cual fue generado mediante sistemas de información geográfica a partir de la información obtenida de un modelo digital del terreno (MDT). Por tanto, se lograron identificar las zonas que son visibles en un radio de 5 km desde un punto en la parte más alta de la cuenca en las que se encuentran 3 lomas de importante referencia arqueológica por lo que se llega a considerar al cerro Collay como un sitio destinado especialmente para uso ceremonial por el control que realiza sobre el entorno, lugares arqueológicos y vías de acceso (Mejía y Carretero, 2017).

#### ***2.2.4 Estrategias de conservación del suelo y cobertura vegetal***

La planificación estratégica se considera un proceso administrativo basado en mantener un equilibrio adecuado entre los objetivos, habilidades, los recursos y oportunidades, para crear una visión estratégica, establecer y ejecutar dicha estrategia en el transcurso del tiempo (Palma, 2016).

La transformación de los ecosistemas naturales ha aumentado, como resultado de esto, los bosques tropicales que mantienen una alta diversidad de especies de flora y fauna, han sido transformados en pastizales introducidos y áreas de cultivo como consecuencia directa de la deforestación y pérdida de la cobertura vegetal, debido a diversas actividades antrópicas. Por ende, la conservación de la cobertura vegetal y el suelo consiste en dar un manejo adecuado en el que la sostenibilidad juegue un rol importante al beneficiar al ecosistema y al ser humano a largo plazo (Etter et al, 2006).

Los análisis e interpretación de resultados derivados de insumos cartográficos (tasas de cambio, pérdida o ganancia, cambio neto), ha causado cierta incertidumbre en la comunidad científica, especialmente en estudios relacionados con ésta temática debido a la falta de aplicación de métodos que validen su fiabilidad y la calidad de

los insumos utilizados; condiciones necesarias para implementar estrategias orientadas al cuidado, conservación, manejo y uso de los recursos naturales (Mas y Couturier, 2011).

Salahún y Reyes (2018), realizaron un estudio sobre los impactos por cambio de uso del suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México, y se determinó el impacto potencial del cambio en el uso del suelo y la cobertura vegetal de las Áreas Naturales Protegidas (ANP), a través del análisis espacial y simulación de escenarios de cambio potencial. Los resultados indican que las ANP, son sometidas a presiones de cambio en el uso de la tierra, a pesar de ser la estrategia más efectiva para mitigar y prevenir los efectos derivados de amenazas por el cambio de uso del suelo, se debería rediseñar las estrategias de manejo y monitoreo a corto y mediano plazo.

Ayma (2014), aplicó un procesamiento analítico jerárquico en sistemas de información geográfica para determinar a través de un modelo lineal ponderado la vulnerabilidad de áreas de bosque a la deforestación del municipio de Independencia de Bolivia. El modelo incluye criterios biofísicos que limitan o facilitan la presencia de bosque como: la pendiente, la altitud y distancia de fuentes de agua; factores antrópicos como la distancia de bosque a pueblos y distancia a caminos y densidad de familias usuarias del bosque en cada comunidad. En el mapa se identificaron los sectores de bosque y comunidades para aplicar medidas de manejo y conservación del bosque.

### **2.3 Marco legal**

En la siguiente sección se presenta las leyes y normativas vigentes que sustentan el presente estudio desde una perspectiva legal.

### ***2.3.1 Constitución de la República del Ecuador***

El presente estudio tiene como principal sustento en el ámbito legal, la Constitución de la República del Ecuador del año 2008, manifestando lo siguiente: en el Título II Derechos: Capítulo segundo; Derechos del buen vivir, sección segunda, Ambiente sano, del Art. 14 “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*”. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, prevención del daño ambiental y la recuperación de espacios naturales degradados.

En el Título VII del Régimen del buen vivir: Capítulo segundo; Biodiversidad y Recursos Naturales, sección primera, Naturaleza y Ambiente; referente al presente estudio se reconoce en el Art. 365 el siguiente principio ambiental, de acuerdo al literal 1. “El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras”.

En la sección tercera, Patrimonio natural y ecosistemas, vinculado con el presente trabajo, se menciona que en el Art. 404 “El patrimonio natural del Ecuador único e invaluable comprende, entre otras, las formaciones físicas, biológicas y geológicas cuyo valor desde el punto de vista ambiental, científico, cultural o paisajístico exige su protección, conservación, recuperación y promoción”. Su gestión se sujetará a los principios y garantías consagrados en la Constitución y se llevará a cabo a través del ordenamiento territorial y una zonificación ecológica de acuerdo a la ley.

Además, al tratarse de un ecosistema de bosque húmedo tropical que está inmerso en el área de estudio, la Constitución manifiesta que en el Art. 406 “El Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos,

humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marino - costeros”.

### ***2.3.2 Convenio sobre la Diversidad Biológica***

Con respecto a los tratados internacionales, es esencial mencionar a la ley aprobatoria del Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB, 1995), el cual la República del Ecuador está suscrito desde el año 1995. Es un tratado internacional que generalmente se enfoca en promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible. Jurídicamente se relaciona con tres objetivos principales como: la conservación de la diversidad biológica, el uso sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven de los recursos genéticos.

De esta manera en el Art. 8 de la conservación in situ del convenio; se ejecutará medidas en donde según proceda:

- a) Establecerá un sistema de áreas protegidas o áreas donde haya que tomar medidas especiales para conservar la diversidad biológica;
- b) Cuando sea necesario, elaborará directrices para la selección, el establecimiento y la ordenación de áreas protegidas o áreas donde haya que tomar medidas especiales para conservar la diversidad biológica;
- c) Reglamentará o administrará los recursos biológicos importantes para la conservación de la diversidad biológica, ya sea dentro o fuera de las áreas protegidas, para garantizar su conservación y utilización sostenible;
- d) Promoverá la protección de ecosistemas y hábitats naturales y el mantenimiento de poblaciones viables de especies en entornos naturales;
- e) Promoverá un desarrollo ambientalmente adecuado y sostenible en zonas adyacentes a áreas protegidas, con miras a aumentar la protección de esas zonas;

- f) Rehabilitará y restaurará ecosistemas degradados y promoverá la recuperación de especies amenazadas, entre otras cosas mediante la elaboración y la aplicación de planes u otras estrategias de ordenación.

### ***2.3.3 Código Orgánico del Ambiente***

Con referencia a el Código Orgánico del Ambiente (COA, 2017), el estudio se fundamenta en el Art. 30 en el que se mencionan los objetivos del estado relativos a la biodiversidad; el literal 2 se centra en mantener la estructura, la composición y el funcionamiento de los ecosistemas, de tal manera que se garantice su capacidad de resiliencia y la posibilidad de generar bienes y servicios ambientales; mientras que en el literal 11 se considera el incorporar criterios de sostenibilidad del patrimonio natural en la planificación y ejecución de los planes de ordenamiento territorial, en los planes de uso del suelo y en los modelos de desarrollo, en todos los niveles de gobierno.

En el Art. 94 de la conservación de la cobertura forestal; se prohíbe convertir el uso del suelo a usos agropecuarios en las áreas del Patrimonio Forestal Nacional y las que se encuentren asignadas en los planes de ordenamiento territorial, tales como bosques naturales y ecosistemas frágiles.

### ***2.3.4 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización***

De acuerdo con el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD, 2010), Capítulo IV, Del Ejercicio de las Competencias Constitucionales en el Art. 132. Ejercicio de la competencia de gestión de cuencas hidrográficas expresa que: “Los gobiernos autónomos descentralizados regionales, en coordinación con todos los niveles de gobierno, implementarán el plan de manejo de cuencas, subcuencas y microcuencas, en sus respectivas circunscripciones territoriales”.

En el Art. 136.- Ejercicio de las competencias de gestión ambiental; se menciona que los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales promoverán actividades de preservación de la biodiversidad y protección del ambiente para lo cual impulsarán en su circunscripción territorial programas y/o proyectos de manejo sustentable de los recursos naturales y recuperación de los ecosistemas frágiles; protección de las fuentes y cursos de agua; prevención y recuperación de suelos degradados por contaminación, desertificación y erosión; forestación y reforestación con la utilización preferente de especies nativas y adaptadas a la zona; y, educación ambiental, organización y vigilancia ciudadana de los derechos ambientales y de la naturaleza. Estas actividades serán coordinadas con las políticas, programas y proyectos ambientales de todos los demás niveles de gobierno, sobre conservación y uso sustentable de los recursos naturales.

También en el Art. 297.- Objetivos del ordenamiento territorial; el ordenamiento del territorio regional, provincial, distrital, cantonal y parroquial, tiene por objeto complementar la planificación económica, social y ambiental con dimensión territorial; racionalizar las intervenciones sobre el territorio; y, orientar su desarrollo y aprovechamiento sostenible, a través de los siguientes objetivos:

- a) La definición de estrategias territoriales de uso, ocupación y manejo del suelo en función de los objetivos económicos, sociales, ambientales y urbanísticos;
- b) El diseño y adopción de instrumentos y procedimientos de gestión que permitan ejecutar actuaciones integrales y articular las actuaciones sectoriales que afectan la estructura del territorio; y,
- c) La definición de los programas y proyectos que concreten estos propósitos.

### ***2.3.5 Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021***

Según el Plan Nacional de Desarrollo, “toda una vida”, en referencia al Objetivo 3 es “Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones”. Establece en su política 3.1 “Conservar, recuperar y regular el aprovechamiento del patrimonio natural y social, rural y urbano, continental, insular

y marino - costero, que asegure y precautele los derechos de las presentes y futuras generaciones” (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017).

## CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

En el siguiente capítulo se describen las características relevantes del área de estudio, además de los métodos, técnicas y equipos utilizados.

### 3.1 Descripción del área de estudio

La microcuenca hidrográfica del río Chuchuví está ubicada en la provincia Esmeraldas, cantón San Lorenzo, parroquia de Alto Tambo, en la comunidad El Guadual, a 7 km del límite provincial entre Esmeraldas e Imbabura, al noroeste de la República del Ecuador. El área de estudio limita al Norte con el río Mira y la provincia Carchi, al Sur con la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas (RECC), al Este con la parroquia de Lita, provincia Imbabura y al Oeste con la parroquia de Alto Tambo (Figura 1).

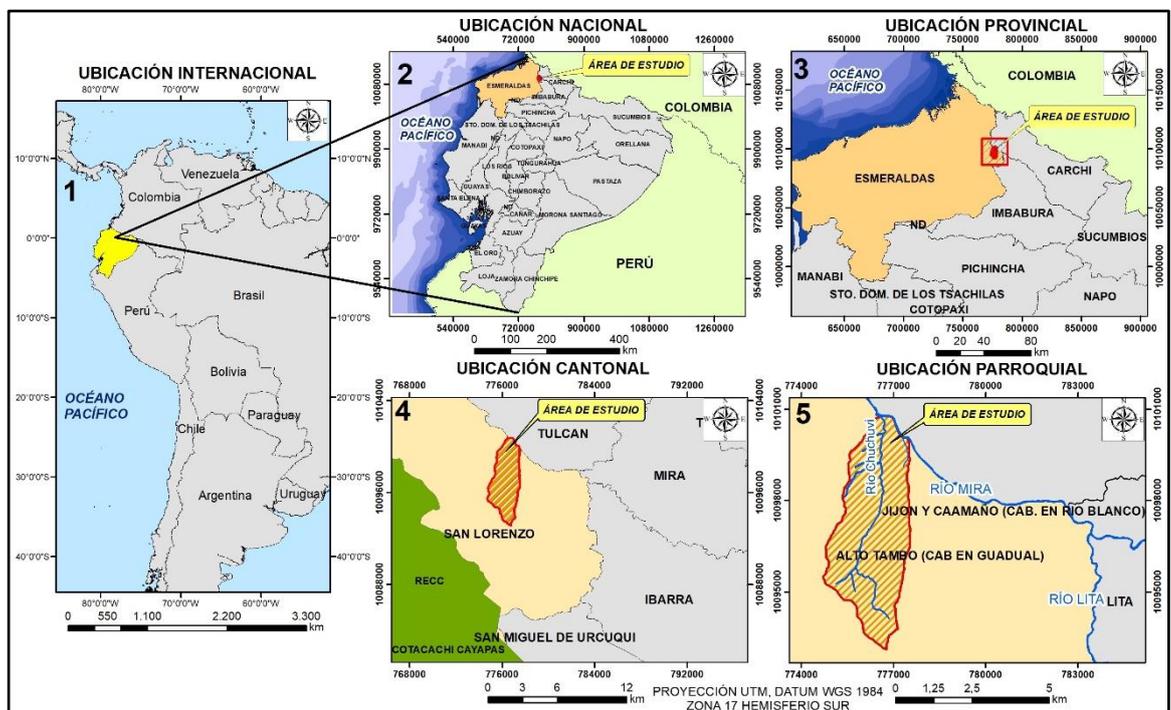


Figura 1. Ubicación de la microcuenca del río Chuchuví

Los puntos externos del área de estudio se encuentran dentro de las coordenadas con proyección UTM (Datum WGS 84; Zona 17; Hemisferio Sur) (Tabla 1).

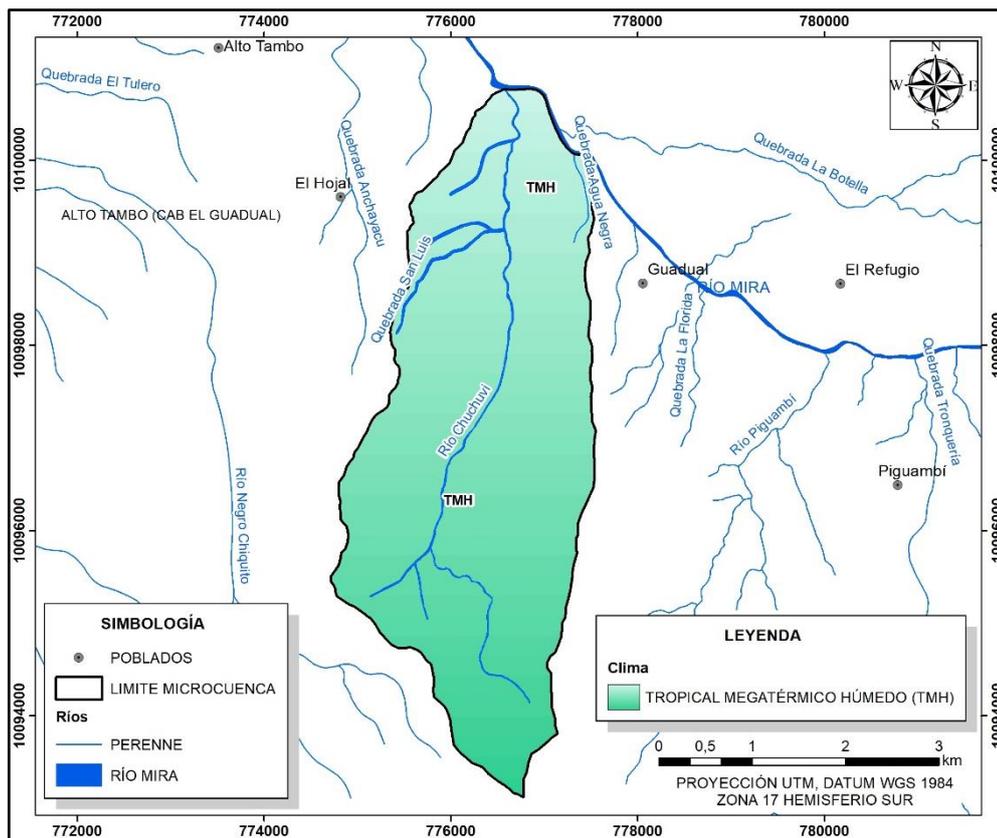
**Tabla 1.** Coordenadas de los puntos extremos del área de estudio.

<b>Puntos</b>	<b>Coordenada (x)</b>	<b>Coordenada (y)</b>	<b>Altitud (m.s.n.m)</b>
Norte	774666	100102059	380
Sur	777849	100092961	1400
Este	774249	100098692	840
Oeste	780109	100097841	440

La microcuenca del río Chuchuví es parte de la zona de amortiguamiento nor-occidental de la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas (RECC), además forma parte de la región biogeográfica del Chocó conocido como “hot spot”, que abarca 187.400 km<sup>2</sup> (Mera y Ruiz, 2010). La región neotropical húmeda se extiende desde el este de Panamá atravesando la costa pacífica de Colombia hasta el noroccidente del Ecuador. Esta región contiene una de las áreas con mayor diversidad y riqueza biológica global (Myers, Mittermeier, Mittermeier, Da Fonseca, & Kent 2000).

El área de estudio se caracteriza por presentar un tipo de clima: tropical megatérmico húmedo, acorde a la clasificación climática de Pourrut (1995), (Figura 2). La microcuenca se encuentra altitudinalmente entre los 380 y 1400 m.s.n.m. El promedio anual de precipitación y temperatura en la microcuenca oscilan entre los 3500 y 4500 mm y los 18 °C y 24 °C respectivamente.

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) de la parroquia Alto Tambo del año 2015, la humedad relativa media es de 90% y un rango mensual entre 87 y 91%. En la microcuenca se encuentran afluentes menores tales como la quebrada de San Luis, La Esperanza y Agua Negra, ubicados en la parte baja que en conjunto constituyen una superficie total de 1373,21 hectáreas en el área de drenaje de la microcuenca.



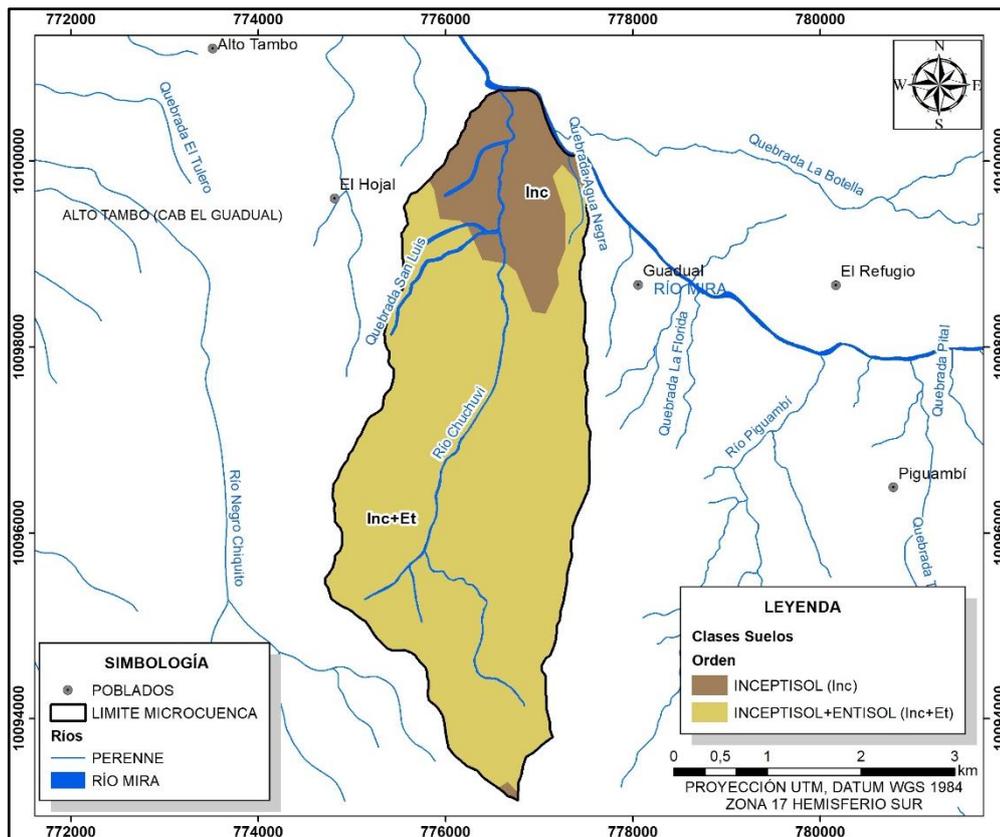
**Figura 2.** Clima de la microcuenca del río Chuchuví

De acuerdo con la clasificación de Zonas de Vida y Formaciones Vegetales de Holdridge (1967), existe dos zonas de vida en el área de estudio: Bosque Muy Húmedo Tropical y Bosque Pluvial Premontano (bmhT - bpPM). Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del GAD Provincial de Esmeraldas del año 2011, la vegetación característica del área de estudio está constituida por las siguientes especies maderables: chanúl (*Humiriastrum procerum*), copal (*Dacryodes peruviana*), sande (*Brosimum utile*), amarillo (*Persea rigens*), guayacán (*Minquartia guianensis*), guaripito (*Pseudosamanea guachapele*), caimitillo (*Chrysophyllum caimito*), balsa (*Ochroma pyramidales*), matapalo (*Coussipia egersii*), tangare (*Carapa guianensis*), guadua (*Guadua angustifolia*) entre otras. De igual forma, entre las especies de epífitas, se encuentran bromelias, helechos y orquídeas como la flor de platanillo (*Heliconia latispatha*) (Quinchoango, 2013).

En cuanto a la fauna silvestre, se encuentran especies de mamíferos, aves, anfibios y reptiles más representativas tales como: el oso perezoso (*Bradypus variegatus*),

guanta (*Cuniculus paca*), guatusa (*Dasyprocta punctata*), armadillo (*Dasypros novemcinctus*), tatabra (*Tayassu pecari*), ardilla (*Notosciurus granatensis*), cusumbí (*Potos flavus*), murciélago (*Peropteryx kappleri* Peters), tucán (*Andigena laminirostris*), papagayo (*Ara ambiguus guayaquilensis*), gallinazo (*Coragyps atratus*), lagartija jesucristo (*Basiliscus galeritus*), culebra equis (*Bothrops atrox*), falsa coral (*Lampropeltis triangulum*), verrugosa (*Lachesis muta*) y boa (*Epicrates cenchria*) (PDOT.GAD Provincial de Esmeraldas, 2011).

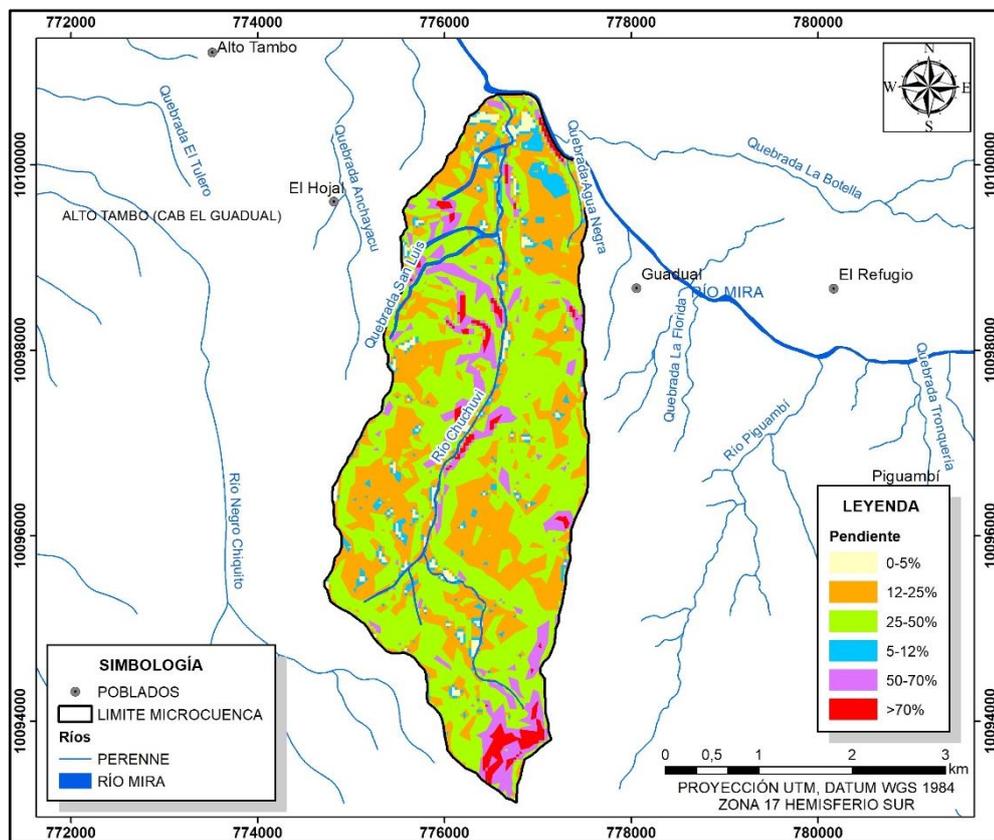
Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2014), el tipo de suelo que predomina en el área de estudio corresponde a los órdenes Entisoles e Inceptisoles, subórdenes Fluvents y Usteps. Los Entisoles son suelos con escasa materia orgánica, están desarrollados inicialmente de aluviones y superficies erosionadas con pendientes fuertes. Los Inceptisoles se caracterizan por estar desarrollados sobre rocas ígneas e intrusivas (Figura 3).



**Figura 3.** Clases de suelos de la microcuenca del río Chuchuví

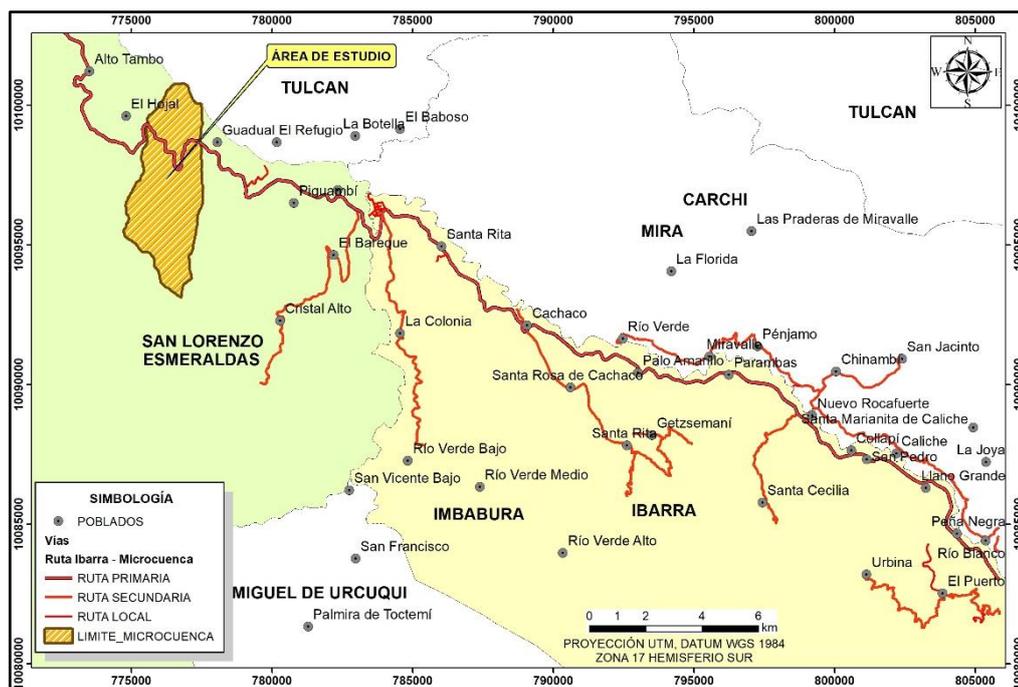
Las texturas de los Entisoles en su mayoría, son moderadamente gruesas (franco arenoso), por el contrario, en los Inceptisoles el contenido de arcilla es superior, el cual dominan las texturas tales como: franco arcillosa, franco arcillosa arenosa y arcillosa (Chinchilla, Mata y Alvarado, 2011).

De acuerdo al PDOT. Alto Tambo (2015), en la microcuenca predomina el relieve montañoso o piedemonte, con pendientes que oscilan entre 25-50% aproximadamente. Este tipo de relieve es el punto donde se origina la montaña y la llanura, desarrollada al pie de un macizo montañoso por los aluviones, es por eso que condiciona las actividades agrícolas (Figura 4).



**Figura 4.** Tipos de pendientes de la microcuenca del río Chuchuví

La distancia para acceder desde la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, hasta la microcuenca del río Chuchuví, provincia de Esmeraldas, es de 109 km, en sentido Sur - Oeste por la vía de primer orden Ibarra - San Lorenzo (Figura 5).

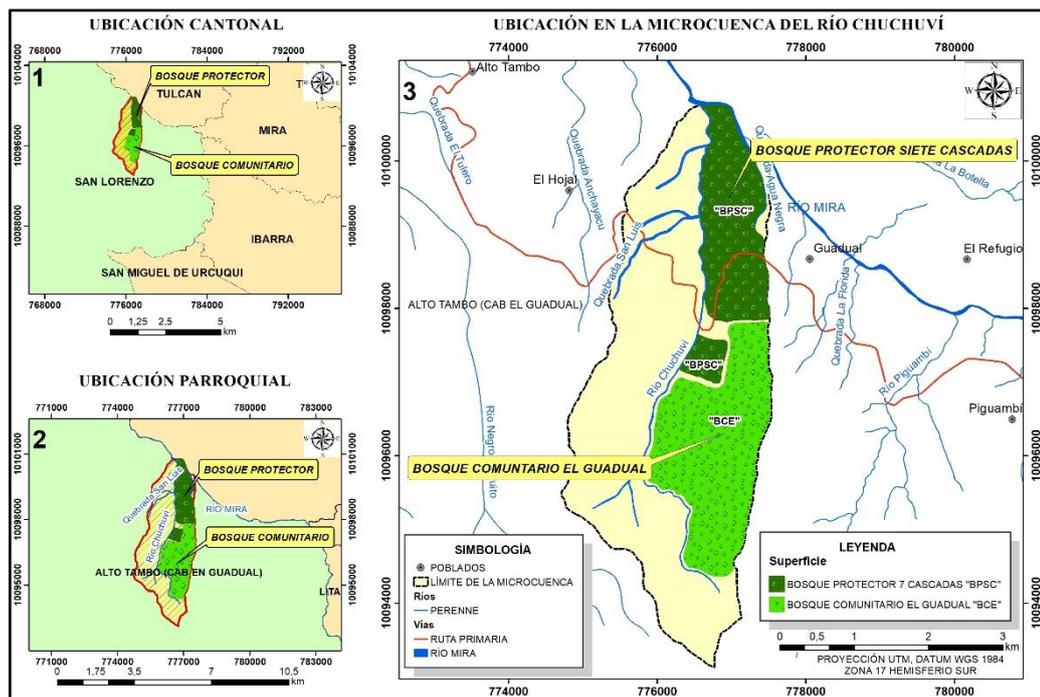


**Figura 5.** Ruta Ibarra - microcuena del río Chuchuví

La población más influyente al área de estudio es la comunidad El Guadual, puesto que se encuentra dentro de la microcuena del río Chuchuví. Según el Instituto de Estadísticas y Censos (INEC) del año 2010, en la microcuena principalmente en la comunidad El Guadual, existen 68 habitantes de los cuales el 70% de la población es mestiza, el 10% son mulatos y afro - ecuatorianos, y finalmente el 20% es Awá. La comunidad Awá es considerada una zona pluricultural, multiétnica y multilingüística. Las principales actividades económicas predominantes que se realizan en la microcuena son: el ecoturismo, aprovechamiento forestal, caza, pesca, silvicultura, agricultura, ganadería y minería artesanal (PDOT. Alto Tambo, 2015).

En la microcuena también se localiza al bosque protector “Las Siete Cascadas”, área privada destinada a la conservación voluntaria que está ubicada en la comunidad El Guadual, cantón San Lorenzo, parroquia de Alto Tambo, entre las provincias de Esmeraldas y Carchi. La propiedad privada está conformada por 207 hectáreas de bosque pre-montano que se encuentra entre los 550 a 950 m.s.n.m., influenciado por el río Chuchuví y el río Mira (Gordillo, 2012). Además, existen senderos ecológicos que conducen al bosque primario de la reserva y a las cascadas

del río Chuchuví, facilitando la observación de la diversidad de flora y fauna del sitio natural (Quinchoango, 2013). El área es considerada como un atractivo natural, que posee un gran potencial ecoturístico debido al escenario paisajístico y recursos naturales que contiene. Se debe agregar también, la existencia de un bosque comunitario que forma parte de la microcuenca con una superficie de 355 hectáreas (Figura 6).



**Figura 6.** Ubicación del bosque protector “Siete Cascadas” y bosque comunitario “El Guadual” en la microcuenca

El objetivo primordial del bosque protector “Las Siete Cascadas” es “conservar el bosque y la microcuenca hidrográfica del río Chuchuví, pequeños afluentes y quebradas, preservando así los recursos genéticos y ecosistemas para la conservación biológica, reducir la pérdida de bosques naturales, detener la deforestación, controlar los procesos de erosión, fomentar el ecoturismo y lograr la educación ambiental de las comunidades e investigación de ésta área” (Gordillo, 2012).

### 3.2 Materiales y equipos

En esta sección se detallan los materiales y equipos que fueron utilizados en el presente estudio (Tabla 2).

**Tabla 2.** Materiales y equipos utilizados en el estudio.

Materiales	Equipos
- Software ArcGIS (versión 10.4)	- Navegador GPS Garmin 76 CSx
- Software ENVI (versión 5.3)	- Brújulas
- Imágenes satelitales: LANDSAT sensores TM y ETM, con resolución espacial de 30m del año 1987 y 2000 recuperadas del servidor Earth explorer del USGS <i>Path Row 10/59</i>	- Computadora portátil Dell
- Imagen del satélite: SENTINEL 2A, con resolución espacial de 10m del año 2017, recuperada del servidor Earth explorer del USGS <i>Path Row 10/59</i>	- Infocus
- Libretas de campo	- Cámara Fotográfica Digital
- Cartas topográficas digitales del IGM de Alto Tambo y Lita a escala 1:50.000	- Vehículo 4x4
- Cartas digitales de los sistemas productivos del cantón San Lorenzo recuperados del IEE (Instituto Espacial Ecuatoriano) a escala 1:50.000.	

### 3.3 Métodos

A continuación, se describen las fases metodológicas del estudio, las cuales ayudaron a alcanzar los objetivos específicos planteados.

### **3.3.1 Fase I. Determinación de la tasa de variación de la cobertura vegetal y uso del suelo en el período 1987-2017**

#### *3.3.1.1 Reconocimiento y delimitación del área de estudio*

Se realizó el recorrido de campo para el reconocimiento de la microcuenca del río Chuchuví, en donde se delimitó el área de estudio mediante el registro de coordenadas con proyección cartográfica UTM (*Universal Transversal de Mercator*), Datum WGS84 - Zona 17 Hemisferio Sur, para el cual se empleó un navegador GPS Garmin 76 CSx y una libreta de campo con la finalidad de registrar la ubicación y características de los distintos usos del suelo y cobertura vegetal presentes dentro del área de estudio. Posteriormente se realizó la cartografía del límite de la microcuenca considerando las cotas de 433 y 977 msnm de la parte baja, media y alta, empleando el software ArcGIS 10.4

#### *3.3.1.2 Trabajo de campo y georreferenciación de las áreas de entrenamiento*

Se realizaron recorridos de campo (*in situ*) en la parte baja, media y alta de la microcuenca del río Chuchuví, en las cuales se establecieron polígonos de 40 m<sup>2</sup> para la generación de las áreas de entrenamiento en donde fue posible identificar e interpretar las categorías: bosque, pastizal, cultivos e infraestructura, información que fue georreferenciada mediante un navegador GPS Garmin 76 CSx en proyección cartográfica UTM (WGS84-17Sur); basándose en la metodología expuesta por (Rodríguez, 2011).

A partir de la combinación de bandas multiespectrales de las imágenes 1987, 2000 y 2017 se identificaron las categorías de análisis y sobre estas se digitalizaron 80 polígonos o áreas de entrenamiento (conjunto de píxeles representativos), información que fue procesada en el software ArcGIS 10.4. La distribución espacial de las áreas de entrenamiento en el campo de ArcMap, se realizó de manera aleatoria y homogénea (Camacho et al., 2015).

### 3.3.1.3 Adquisición y tratamiento de imágenes satelitales

La adquisición se realizó por medio de la búsqueda y descarga de dos imágenes del satélite Landsat, de los sensores *TM* (*Thematic Mapper*) y *ETM+* (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) con 30 metros de resolución espacial (multiespectral) y una del satélite Sentinel 2(A) con un tamaño de celda de 10 metros, a través del portal web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (*United States Geological Survey - USGS*), utilizando el visor *Earth Explorer* (USGS, 2017); verificando que las imágenes seleccionadas presenten un porcentaje de nubosidad menor al 10%. En la Tabla 3, se presenta los datos de las imágenes descargadas para el presente estudio.

**Tabla 3.** Datos de las Imágenes Satelitales de los años 1987, 2000 y 2017.

Sensor	Fecha de adquisición	Path/ Row	Tamaño de celda	Identificador de escena	RGB
Landsat 5+TM	02/09/1987	10/59	(30,30)	LT50100591987245XXX01	542
Landsat 7+ETM	18/02/2000	10/59	(30,30)	LE70100592000049EDC00	542
Sentinel 2(A)	07/05/2017	10/59	(10,10)	L1C_T17NQB_A009789_20170507T154244	432

Posteriormente se aplicaron los procesos de corrección geométrica, radiométrica, atmosférica y topográfica, con el fin de mejorar la calidad de las imágenes e interpretar de mejor manera el uso del suelo y la cobertura vegetal de la microcuenca del río Chuchuví (Chander, Markham, y Helder, 2009). Las correcciones se realizaron a través del software ArcMap 10.4 y ENVI 5.3 (Aguilar, Mora y Vargas, 2014). A continuación, se recortó las escenas de las imágenes del satélite Landsat y Sentinel de los años 1987, 2000, 2017 con el límite de la microcuenca del río Chuchuví. El corte se realizó con el uso de la herramienta *extract by mask* del software ArcMap 10.4.

Finalmente se procedió a cambiar la resolución espacial del *dataset ráster* de la imagen del satélite Sentinel 2(A) del año 2017, debido a que presenta un distinto tamaño de píxel de (10\*10) metros en relación a la resolución espacial de (30\*30) metros de las imágenes del sensor Landsat *TM* y *ETM+*. Para unificar el tamaño de

celda de la imagen del año 2017 con las imágenes de los años 1987 y 2000, se utilizó la herramienta *Resample* del software ArcMap 10.4, estableciendo reglas para agregar o interpolar valores para obtener el nuevo tamaño de píxel de 30 metros para la imagen del año 2017.

#### 3.3.1.4 Clasificación supervisada de imágenes satelitales

De acuerdo con la metodología descrita por Lang, Shao, Pijanowski, and Farnsworth (2008), el método de clasificación consta de dos fases: entrenamiento y asignación. En la primera fase se realizó una observación total de las áreas a estudiar, determinando patrones de formas y colores vinculadas a una categoría, entrenando el conglomerado de píxeles a través de polígonos en cada categoría de cobertura vegetal y uso del suelo identificados en campo (*in situ*); y generando las firmas espectrales mediante la herramienta *Create Signatures* del Software ArcMap 10.4 (Arango, Branch y Botero, 2005).

Posteriormente, en la segunda fase se evaluó una función de verosimilitud multidimensional completa, para esto se ejecutó el algoritmo paramétrico de Máxima Verosimilitud o Probabilidad (*Maximun Likelihood Algorithm*) del software ArcMap 10.4, el cual agrupa los píxeles de la imagen con el mismo valor de nivel digital en reflectancia, etiquetando a cada polígono en la categoría correspondiente (Chuvieco, 2010).

Finalmente se sometió a las nuevas coberturas y usos del suelo a un proceso de edición, en el cual se aplicó un filtro de reducción en las superficies resultantes de la clasificación supervisada en formato *ráster*, utilizando la herramienta *Eliminate* del software ArcGIS 10.4. En este caso se consideró como unidad cartografiable a los valores menores a una hectárea; es decir que los valores menores pertenecientes a un determinado conglomerado pasan a ser parte de otros agrupamientos (Hernández, Carrillo, Farfán y Cornejo, 2016).

### 3.3.1.5 Validación de la clasificación supervisada

La matriz de contingencia fue construida para validar los resultados obtenidos en la clasificación supervisada de la imagen Sentinel (2A) del año 2017, con la que se evaluó la exactitud de la clasificación, situando en las filas las categorías adquiridas en el mapa y en las columnas las mismas categorías con datos reales del campo (*in situ*) (Osuna et al., 2015). Los tipos de exactitud están detallados en la siguiente Tabla 4 (Li et al., 2009).

**Tabla 4.** Tipos de exactitud para la validación de clasificación de imágenes.

Exactitud	Explicación
Global (EG)	Indica la exactitud del conjunto de las clases del método a evaluar. $EG = \frac{\sum_{i=1}^r X_{ii}}{N}$ $X_{ii}$ : diagonal mayor de C, $N$ : número total de puntos de muestreo, $r$ : número de filas de la matriz
De Usuario (EU)	Es el acertamiento de una clase en particular, respecto toda la clasificación $EU = \frac{X_{ii}}{X_{i+}} \times 100$ $X_{ii}$ : diagonal de dicha fila, $X_{i+}$ : totales marginales de la fila $i$
De Productor (EP)	Es el acercamiento de una clase en particular, respecto a la clasificación a evaluar $EP = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100$ $X_{ii}$ : diagonal de dicha columna, $X_{+i}$ : totales marginales de la columna $i$

**Fuente:** Li et al. (2009). *Matriz de confusión*, 35.

Posteriormente, para corregir los tipos de exactitud de la matriz de contingencia se calculó el “Coeficiente Kappa” propuesto por Cohen en 1960, con la finalidad de determinar el grado de concordancia de las categorías obtenidas en la clasificación supervisada y los datos levantados en campo (*in situ*) (Dou et al., 2007; Li et al., 2009).

El índice Kappa se realizó por medio de la siguiente ecuación:

$$CK = \frac{\sum_{i,j=1}^r x_{ij} - \sum_{i,j=1}^r (\sum x_i \cdot \sum x_j)}{N^2 - \sum_{i,j=1}^r (\sum x_i \cdot \sum x_j)}$$

Donde:

$CK$ : coeficiente Kappa en (%);

$r$  = es el número de filas en la matriz

$x_{ij}$ = número de píxeles en la fila  $i$ , columna  $j$ , es decir la diagonal mayor

$x_i$ = fila  $i$

$x_j$ = columna  $j$

$N$ = total de píxeles de la matriz

Según Cerda y Villarroel (2008), establecieron seis categorías de concordancia de validación para el índice Kappa, los cuales evalúan si la clasificación realizada es rechazada o aceptada (Tabla 5).

**Tabla 5.** Categoría de concordancias de validación para el coeficiente Kappa.

Rango	Concordancia
0	Nula
0,01 – 0,02	Leve
0,21 – 0,40	Aceptable
0,41 – 0,60	Moderada
0,61 – 0,80	Considerable
0,80 – 1,00	Casi perfecta

**Fuente:** Cerda y Villarroel (2008). *Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa*, 57.

### 3.3.1.6 Cálculo de la tasa de variación de la cobertura vegetal y uso del suelo del período 1987-2017

Para determinar las tasas de variación de la cobertura vegetal y uso del suelo del área de estudio, se elaboró una matriz de transición propuesta por Pontius et al. (2004) y Camacho et al. (2015).

#### - Matriz transicional de cambios

El análisis temporal de la dinámica de los cambios generados en la cobertura vegetal y uso del suelo de la microcuenca durante el período de análisis, se llevó a cabo mediante la sobreposición de la cartografía descriptiva (cobertura vegetal y uso del suelo de los años 1987-2017) empleando la herramienta *Intersect* del software

ArcMap, además de la elaboración de una tabla bidimensional, conocida también como matriz de cambios o transición propuesta por Pontius et al. (2004). La matriz de cambios se elaboró en el software Excel 2016 con la información de los mapas de cobertura vegetal y uso del suelo, en la cual se representan en las columnas los datos de la fecha final, mientras que las filas contienen los datos de la fecha inicial. La diagonal principal de la matriz representa en superficie la persistencia de las categorías de cobertura vegetal y uso del suelo que careció de cambios entre la fecha inicial y final (Camacho et al., 2015).

Con base a los datos resultantes de la matriz de cambios (área de cada categoría), se obtuvieron las tasas de cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo para el período 1987-2017. Las tasas de variación se determinaron a partir de la ecuación propuesta por la (FAO, 1996):

(TDA):

$$TDA = \left( \left[ \frac{S_2}{S_1} \right]^{\frac{1}{n}} - 1 \right) \times 100$$

Dónde:

*TDA*: tasa de cambio anual en (%);

$S_1$ = superficie en la fecha 1, (inicial) en (ha)

$S_2$ = superficie en la fecha 2, (final) en (ha)

$n$ = número de años transcurridos entre la fecha inicial y final

### *3.3.1.7 Elaboración de mapa de cambios de uso del suelo y cobertura vegetal 1987-2017*

Para la elaboración de la cartografía de cambios de las categorías de cobertura y uso del suelo, se utilizaron las superficies de uso del suelo del año 1987 y 2017. Posteriormente, se cruzaron las superficies de usos de cada año y mediante el

empleo de la herramienta *intersect* de ArcMap se obtuvo el mapa de cambios de las categorías clasificadas.

#### *3.3.1.8 Elaboración de los mapas temáticos de cobertura vegetal y uso del suelo de los años 1987, 2000 y 2017*

Se elaboró los mapas de cobertura vegetal y uso del suelo respectivos para los años 1987, 2000 y 2017 por medio de la teledetección y el uso de las imágenes del satélite Landsat *TM* y *ETM+* y Sentinel *2A*, con la intención de evidenciar los cambios con respecto a la cobertura vegetal y uso del suelo de la microcuenca. Para la elaboración de los mapas se utilizó la escala de 1:35.000 y se realizó empleando el software ArcGIS 10.4.

### **3.3.2 Fase II. Determinación del cambio multitemporal de las cuencas visuales en los últimos 30 años**

Para la determinación de la variación multitemporal de las cuencas visuales se utilizaron las coberturas y usos del suelo de los años 1987, 2000 y 2017, de acuerdo con la metodología descrita por (Tévar, 1996).

#### *3.3.2.1 Establecimiento de los puntos de referencia de las cuencas visuales*

Se realizó un recorrido hacia la parte alta, media y baja de la microcuenca, en el cual se establecieron cinco puntos de observación, dos puntos con observación hacia el norte y tres puntos con visualización hacia el sur respectivamente. Los puntos de referencia fueron ubicados desde la carretera debido a que se visualizaron las diferentes categorías de cobertura vegetal y uso del suelo de la parte baja y alta del área de estudio sin ninguna obstrucción. Los puntos de referencia fueron georreferenciados empleando un navegador GPS Garmin 76 CSx con coordenadas UTM y una libreta de campo.

### 3.3.2.2 *Análisis de las cuencas visuales norte y sur*

Luego de haber establecido los puntos de observación, se realizó el análisis de la cuenca visual norte y sur en donde se dibujó una recta imaginaria desde el punto de observación hasta otro punto destino, lo que se denomina azimut. En este proceso se utilizó una brújula con la que se midió el ángulo de la visual y por medio del navegador GPS se midió el rumbo en grados, datos que después fueron digitalizados en el software ArcGIS 10.4 (Tévar, 1996). Los ángulos de azimut norte fueron de 85° y 220° y los ángulos de azimut sur de 69°, 130° y 110°.

### 3.3.2.3 *Elaboración de los mapas de cuencas visuales norte y sur*

Con base a la información obtenida en campo se digitalizaron los datos en el software ArcGIS 10.4, con la finalidad de generar la cartografía de las áreas visibles y no visibles del área de estudio. Para realizar este proceso se utilizó la herramienta *Viewshed 3D Analyst tool* de ArcMap 10.4, además de un modelo digital de elevación (DEM) del área de estudio. Posteriormente mediante la herramienta del mismo software se dibujó los puntos de observación, y los ángulos de los azimuts norte y sur. Finalmente se obtuvieron las partes visibles y no visibles de la microcuenca (Tévar, 1996).

### 3.3.2.4 *Análisis multitemporal de las cuencas visuales en el período 1987-2017*

Para realizar el análisis multitemporal de las cuencas visuales, se utilizaron los *shapefiles* de las categorías de cobertura vegetal/uso del suelo de los años 1987 y 2017; también se utilizó el *shapefile* visible y no visible de la microcuenca verificando no que este en archivo formato *ráster*. Posteriormente se procedió a realizar un corte la con herramienta *clip* de ArcMap entre los *shapefiles* de cobertura/uso del suelo de 1987 y 2017 con el *shapefile* visible y no visible con el fin de visualizar las coberturas que se perdieron a favor de otras superficies de cobertura/uso del suelo. Finalmente, mediante la herramienta *dissolve* de ArcMap,

se cuantificaron las superficies de la cuenca visual, obteniendo así un análisis pasado y actual de la cuenca visual norte y sur del área de estudio (Tévar, 1996).

### **3.3.3 Fase III. Establecimiento de estrategias de conservación y uso sostenible para el suelo y la cobertura vegetal de la microcuenca**

Para el establecimiento de las estrategias de conservación y uso sostenible del suelo y cobertura vegetal de la microcuenca, se aplicaron entrevistas con el fin de obtener la percepción de los habitantes de la microcuenca, información que se utilizó para la realización del FODA y construcción de las estrategias.

#### *3.3.3.1 Aplicación de la investigación cualitativa*

Se realizó la investigación cualitativa mediante la técnica de la entrevista con preguntas semiestructuradas, que permitieron la obtención de información de manera eficaz. Se construyó el cuestionario con un desglose de 10 preguntas abiertas y cerradas dirigidas a 16 representantes de cada familia de la Comunidad el Guadual, se conoció su percepción acerca de los cambios que han ocurrido en la cobertura vegetal y uso del suelo dentro de la microcuenca del río Chuchuví (Díaz, García, Hernández y Ruiz, 2013)

#### *3.3.3.2 Análisis FODA*

Dentro de los componentes del análisis FODA, se hace referencia a las Fortalezas y Debilidades, las cuales son aspectos fuertes y débiles propios de la comunidad, mientras que las Oportunidades y Amenazas son factores externos potenciales no controlables.

Para generar el FODA se utilizó la información obtenida en las entrevistas en campo, con las que se establecieron las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la microcuenca, además la información que se generó con el cálculo de la tasa de variación y el análisis multitemporal de la cuenca visual

correspondientes a los objetivos uno y dos del trabajo de titulación respectivamente, mismos que aportaron a determinar las fortalezas y debilidades del área de estudio (Ponce, 2007).

#### *3.3.3.3 Estrategia de conservación*

Las estrategias que se plantearon fueron en base al cruce de variables de la matriz FODA, priorizando las de mayor relevancia para el estudio (Posso, 2011).

#### *3.3.3.4 Elaboración del mapa de ubicación de las estrategias de conservación y uso sostenible del suelo y cobertura vegetal de la microcuenca*

Se elaboró la cartografía descriptiva de la ubicación de las estrategias de conservación y uso sostenible del suelo y cobertura vegetal del área de estudio, en el cual se realizó la sobreposición de las pendientes, uso/cobertura del año 2017 y el uso potencial de la microcuenca. Las capas de uso potencial o sistemas productivos del cantón San Lorenzo fueron adquiridos del IEE (Instituto Espacial Ecuatoriano). El proceso se realizó mediante el empleo de la herramienta *Intersect* del software ArcMap 10.4.

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Tasa de variación de las categorías de cobertura vegetal y uso del suelo en el período 1987-2017

Después de haber realizado la clasificación supervisada de las imágenes Landsat (TM y ETM+) y Sentinel 2(A) de los años 1987, 2000 y 2017, respectivamente, se obtuvieron los datos de las superficies clasificadas, valores que posteriormente fueron utilizados para el cálculo de las tasas de cambio de cobertura y uso del suelo del periodo de análisis.

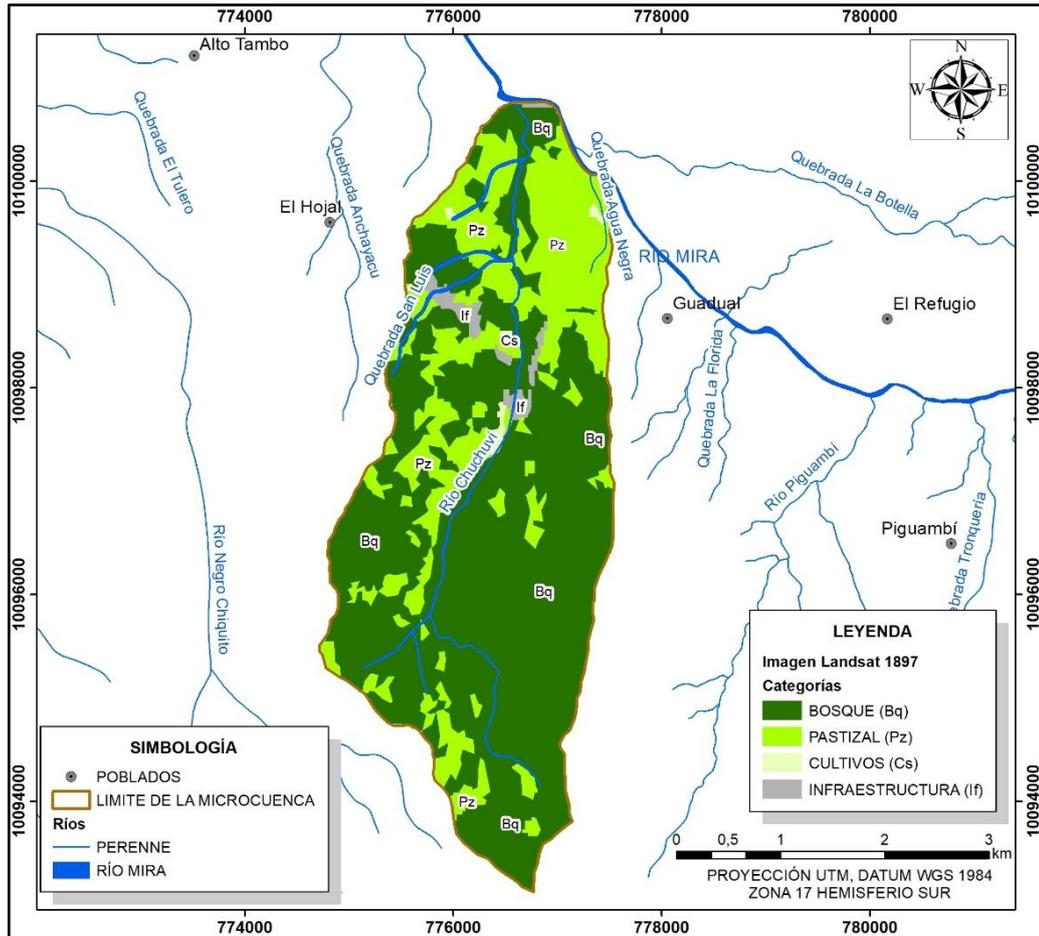
#### 4.1.1 Cobertura vegetal y uso del suelo del año 1987

Según el análisis realizado a la imagen Landsat del año 1987, la cobertura vegetal y uso del suelo de este año presenta las siguientes áreas para cada categoría (Tabla 6).

**Tabla 6.** Categorías obtenidas en la Clasificación Supervisada del año 1987.

Categorías	Área (ha)	Porcentaje (%)
Bosque	994,23	72,4
Pastizal	352,22	25,6
Cultivos	8,40	0,6
Infraestructura	18,36	1,3
Total Superficie (ha)	1.373,21	100

La superficie que predomina en el año 1987, es la categoría bosque con 994,23 hectáreas (72,4%); mientras que la categoría cultivos evidencia un área mínima de 8,40 hectáreas (0,6) (Figura 7).



**Figura 7.** Cobertura vegetal y uso del suelo del año 1987

#### 4.1.2 Cobertura vegetal y uso del suelo del año 2000

De acuerdo con el análisis realizado respecto a la imagen Landsat del año 2000, la cobertura vegetal y uso del suelo de este año presenta las siguientes superficies para cada categoría (Tabla 7).

**Tabla 7.** Categorías obtenidas en la Clasificación Supervisada del año 2000.

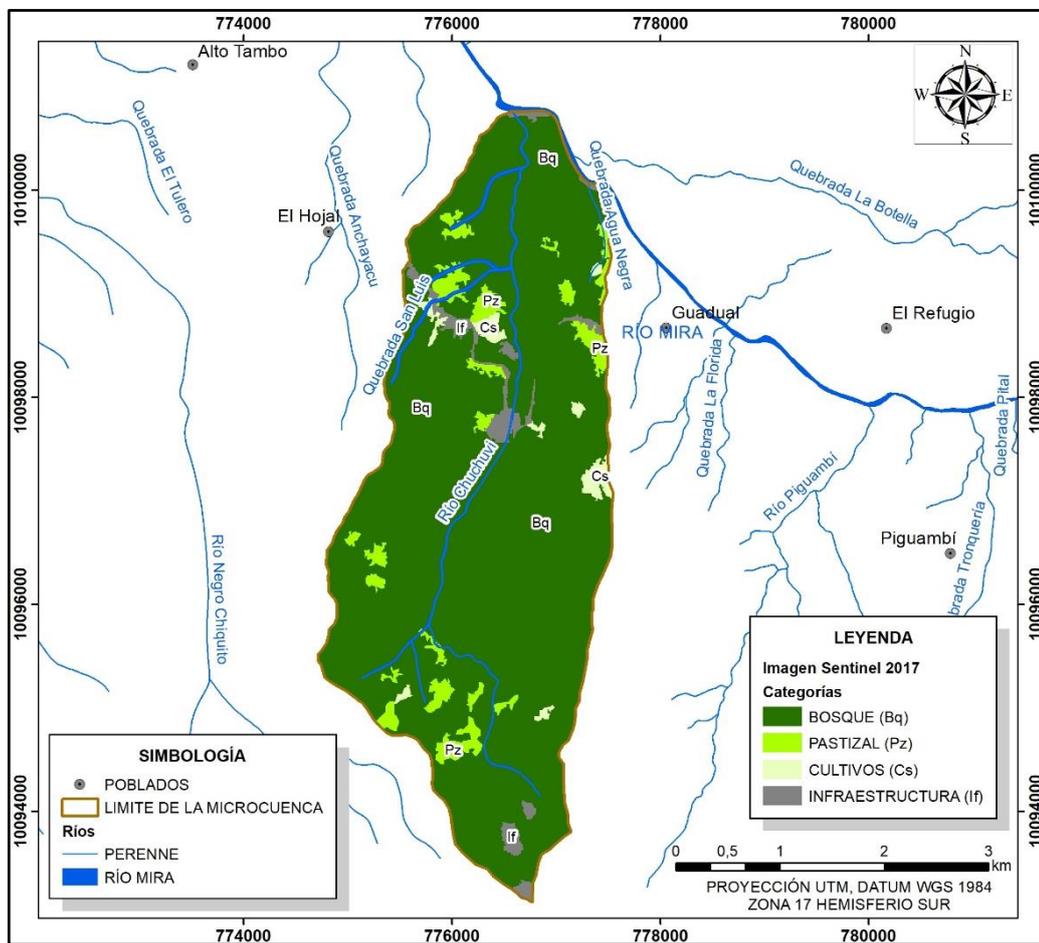
Categorías	Área (ha)	Porcentaje (%)
Bosque	1085,93	79,1
Pastizal	153,06	11,1
Cultivos	111,12	8,1
Infraestructura	23,10	1,7
TOTAL	1.373,21	100



**Tabla 8.** Categorías obtenidas en la Clasificación Supervisada del año 2017.

Categorías	Área (ha)	Porcentaje (%)
Bosque	1267,29	92,3
Pastizal	59,67	4,3
Cultivos	20,36	1,5
Infraestructura	25,89	1,9
TOTAL	1.373,21	100

La superficie que predomina en el año 2017, de la misma manera es la categoría bosque con 1267,29 hectáreas (92,3%); mientras que la categoría cultivos evidencia un área mínima de 20,36 hectáreas (1,5%) (Figura 9).



**Figura 9.** Cobertura vegetal y uso del suelo del año 2017

#### 4.1.4 Cambios en las superficies de cobertura vegetal y uso del suelo de los años 1987, 2000 y 2017

La Tabla 9, indica la disminución y aumento que han presentado las superficies de las categorías clasificadas de cobertura vegetal y uso del suelo durante los periodos de análisis multitemporal 1987, 2000 y 2017. Los cambios de superficie están representados en hectáreas/año como se indica a continuación:

**Tabla 9.** Cambios en la cobertura y uso del suelo de la microcuenca del río Chuchuví durante el periodo de análisis.

Categorías cobertura/uso	Años			Diferencia					
	1987	2000	2017	1987-2000		2000-2017		1987-2017	
				Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Bosque	994,23	1085,93	1267,29	91,70	6,6	181,36	13,2	273,06	19,8
Pastizal	352,22	153,06	59,67	-199,16	-14,5	-93,39	-6,8	-292,55	-21,3
Cultivos	8,40	111,12	20,36	102,72	7,4	-90,76	-6,6	11,96	0,8
Infraestructura	18,36	23,10	25,89	4,74	0,3	2,79	0,2	7,53	0,5

En base a los resultados encontrados en la clasificación supervisada durante el período 1987-2000, se detectó un aumento progresivo de las categorías bosque, cultivos e infraestructura, especialmente el bosque que incrementó en 91,70 hectáreas (6,6%) durante los últimos trece años, así como también los cultivos e infraestructura han aumentado en 102,72 hectáreas (7,4%) y 4,74 hectáreas (0,3%) respectivamente hasta el año 2000; sin embargo, el pastizal se redujo en 199,16 hectáreas (-14,5%).

En el análisis de uso del suelo y cobertura vegetal del área de estudio para el período 2000-2017, se encontró que las superficies de pastizal y cultivos han disminuido en 93,39 hectáreas (-6,8 %) y 90,76 hectáreas (-6,6%) respectivamente, en cuanto a las superficies de bosque e infraestructura, han aumentado en 181,36 hectáreas (13,2 %) y 2,79 hectáreas (0,2%) respectivamente.

Finalmente, la detección de cambios durante el período 1987-2017, indica que las extensiones de bosque, cultivos e infraestructura incrementaron en 273,06 hectáreas (19,8%), 11,96 hectáreas (0,8%) y 7,53 hectáreas (0,5%), mientras que los pastizales se redujeron en superficie 292,55 hectáreas (-21,3%).

En la Figura 10, se muestra las tendencias de aumento y disminución de las superficies de cobertura vegetal y uso del suelo clasificadas, para lo cual se utilizó las diferencias de los periodos de análisis obteniendo lo siguiente:



**Figura 10.** Dinámicas de cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo

Los resultados obtenidos muestran que las categorías de cobertura vegetal y uso del suelo han variado en el período 1987-2017. La clase bosque fue la que presentó mayor aumento en la superficie de la microcuenca debido a procesos de regeneración natural pasiva y disminución de la tala ilegal; mientras que la categoría pastizal fue la que disminuyó significativamente debido al abandono de tierras cultivables, migración de la población y la restauración pasiva en la parte media y baja de la microcuenca. Las categorías cultivos e infraestructura también registraron un aumento en superficie debido a la presión de los pobladores locales que produjeron aumento en las expansiones de usos agrícolas con fines de producción y comercio, y aumento de la población en la construcción de viviendas, vías y centros turísticos aledaños a la vía principal. Otros estudios similares mencionan

sobre las unidades existentes en el ecosistema que se encuentran conectados por bosque secundarios y agentes dispersores, donde se hace énfasis a la regeneración natural propia del bosque (Marín et al., 2008). Las variaciones de las superficies de las categorías de cobertura vegetal y uso del suelo en este estudio son similares a los de Tadesse et al. (2017) en donde se indica que los bosques y tierras cultivadas han aumentado en superficie, debido a la implementación de un programa de manejo de cuencas hidrográficas.

#### 4.1.6 Matriz de contingencia para validación de la clasificación supervisada

La matriz de contingencia para la validación de la clasificación supervisada de la imagen Sentinel 2(A) del año 2017, indica los valores que fueron calculados en columnas por el usuario y en filas los valores calculados como predicción por el software ArcGIS 10.4. Se encontraron valores para el bosque de 202 en usuario y 221 en predicción, para el pastizal el valor de 95 en usuario y 72 en predicción, para los cultivos un valor de 41 en usuario y 43 en predicción en el software, finalmente para la clase infraestructura un valor de 27 en usuario y 29 en predicción lo que demuestra una alta relación entre los datos de cobertura y uso del suelo en campo en el año 2017 y los datos de cobertura y uso del suelo obtenidos mediante la clasificación supervisada de la imagen del satélite Sentinel 2(A) del año 2017. A continuación, se presentan los datos encontrados en la matriz de contingencia realizada para la validación de la clasificación de la cobertura y uso del suelo del área de estudio (Tabla 10).

**Tabla 10.** Matriz de Contingencia de la clasificación supervisada de la imagen Sentinel 2(A), 2017.

CLASES	REFERENCIA				TOTAL	EXACTITUD DEL USUARIO	ERROR COMISIÓN
	1	2	3	4			
CLASIFICACIÓN	1	198	10	13	221	0,896	0,104
	2	3	31	9	43	0,721	0,279
	3	0	0	72	72	1,000	0,000
	4	1	0	1	27	0,931	0,069
TOTAL	202	41	95	27	365		
EXACTITUD DEL PRODUCTOR	0,980	0,756	0,758	2,667			
ERROR OMISIÓN	0,020	0,244	0,242	-1,667			

Los resultados encontrados evidencian la validez del estudio, debido a la precisión obtenida con la aplicación de la matriz de contingencia. En la microcuenca se obtuvo una clasificación casi perfecta, en acuerdo al valor de precisión general **Po: 89%** y el índice Kappa **K: 0,82%**, es decir que aprueba el análisis multitemporal. De tal manera el estudio demuestra que la clasificación de la cobertura vegetal y uso del suelo realizado en la microcuenca del río Chuchuví es significativa. Los valores obtenidos son similares a los de otros estudios de análisis multitemporal en los cuales sus resultados se consideran como considerables y casi perfectos (Nemmaoui et al., 2013). Por lo tanto, los resultados obtenidos muestran la correcta predicción del software y la del usuario en el levantamiento de información en campo.

#### ***4.1.7 Dinámica y procesos de cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en la microcuenca entre los años 1987-2017***

La Tabla 11, corresponde a la matriz de transición de cobertura y uso del suelo del área de estudio en el periodo 1987-2017. En la matriz, se muestra la superficie de cada categoría de cobertura y uso del suelo (en hectáreas) para cada año, así como los cambios en términos de aumento, disminución o permanencia. La diagonal principal muestra las superficies que no han cambiado hasta el año 2017.

**Tabla 11.** Matriz de cambios de uso del suelo y cobertura entre 1987 y 2017.

<b>Matriz de transición del uso del suelo y cobertura vegetal en hectáreas (ha)</b>						
		Año 2017				
Año 1987	Bosque	Pastizal	Cultivos	Infraestructura	Total año 1987	
Bosque	<b>884,37</b>	38,64	14,68	18,27	955,96	
Pastizal	341,39	<b>29,59</b>	6,69	6,02	383,69	
Cultivos	5,52	1,05	<b>0,01</b>	2,85	9,43	
Infraestructura	11,53	1,63	0,98	<b>9,99</b>	24,13	
Total año 2017	1242,81	70,91	22,36	37,13	<b>1.373,21</b>	

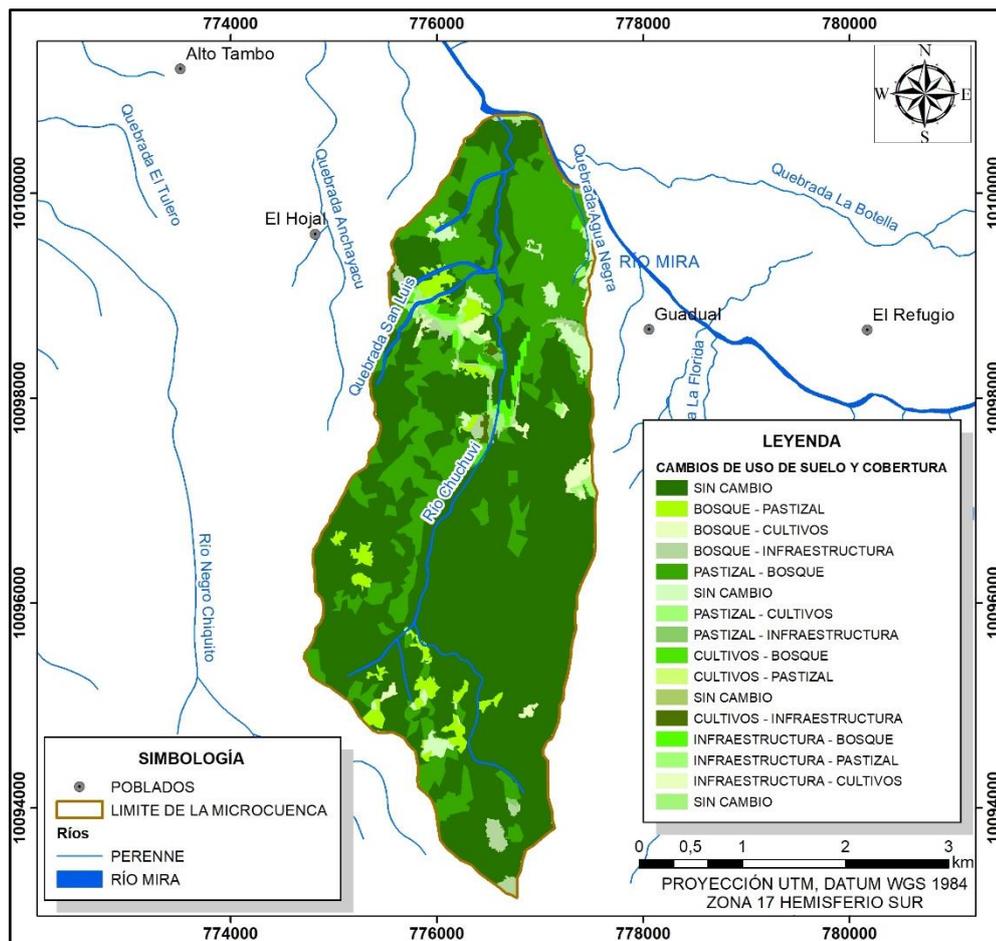
En el año 1987 la categoría bosque presentó una superficie de 955,96 hectáreas, sin embargo, para el año 2017 se conservaron solamente 884,37 hectáreas. Por lo tanto, se perdió 71,59 hectáreas de bosque, las cuales fueron reemplazadas por pastizal en 38,64 hectáreas, cultivos en 14,68 hectáreas e infraestructura en 18,27 hectáreas.

En cuanto a la categoría pastizal para el año 1987 tenía una superficie de 383,69 hectáreas y para el año 2017 se mantuvieron 29,59 hectáreas del área de la microcuenca. En consecuencia, se perdieron 354,10 hectáreas de superficies de pastizal que fueron sustituidas por bosque en 341,39 hectáreas, cultivos 6,69 hectáreas e infraestructura 6,02 hectáreas para el año 2017.

En lo que refiere a la categoría cultivos presentó una superficie de 9,43 hectáreas en el año 1987, de manera que para el año 2017 solamente mantuvo una extensión mínima de 0,01 hectáreas. Por lo que se perdieron 9,42 hectáreas de la categoría cultivos, el cual fue reemplazado por las categorías bosque, pastizal e infraestructura en 5,52 hectáreas, 1,05 hectáreas y 2,85 hectáreas respectivamente.

Finalmente, la categoría infraestructura registró una superficie de 24,13 hectáreas en el año 1987, sin embargo, para el año 2017 se conservaron solamente 9,99 hectáreas. Por lo tanto, se perdieron 14,14 hectáreas de la categoría pastizal, las cuales fueron sustituidas por bosque en 11,53 hectáreas, pastizal en 1,63 hectáreas y cultivos en 0,98 hectáreas.

En la Figura 11, se observa la transición del uso del suelo y cobertura vegetal que presentaron las categorías clasificadas entre los años 1987 y 2017, además de las coberturas a las cuales fueron sustituidas.



**Figura 11.** Cambios de uso del suelo y cobertura 1987-2017

En la Tabla 12 se detalla los usos del suelo y cobertura vegetal de los años 1987 y 2017, además de las superficies de cambios en hectáreas, porcentaje y estado de cambio de las categorías de uso del suelo y cobertura vegetal para el año 2017.

**Tabla 12.** Transición del uso del suelo y cobertura entre los años 1987 y 2017.

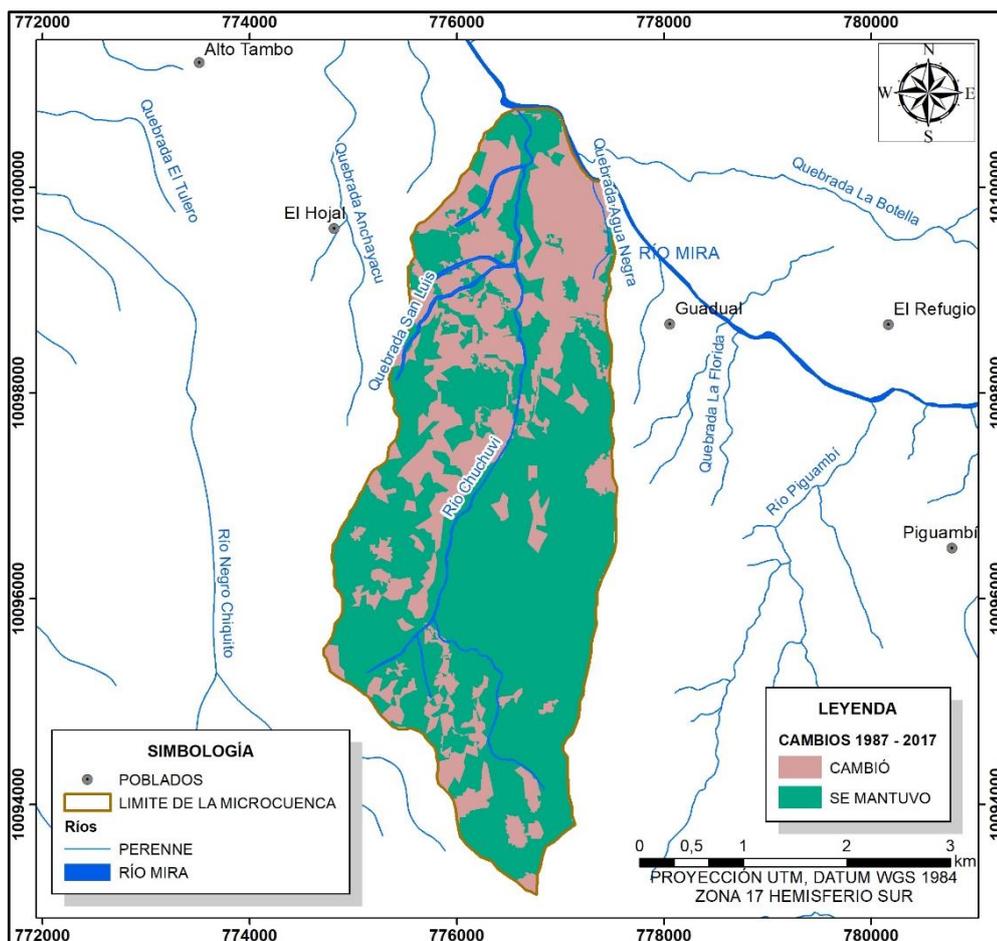
Uso año 1987	Uso año 2017	Cambios en (ha)	Porcentaje (%)	Estado
Bosque	Bosque	884,37	64,40	Sin cambio
Cultivos	Bosque	5,52	0,40	Hay variación
Infraestructura	Bosque	11,53	0,84	Hay variación
Pastizal	Bosque	341,39	24,86	Hay variación
Bosque	Cultivos	14,68	1,07	Hay variación
Cultivos	Cultivos	0,01	0,001	Sin cambio
Infraestructura	Cultivos	0,98	0,07	Hay variación
Pastizal	Cultivos	6,69	0,49	Hay variación
Bosque	Infraestructura	18,27	1,33	Hay variación
Cultivos	Infraestructura	2,85	0,21	Hay variación
Infraestructura	Infraestructura	9,99	0,73	Sin cambio
Pastizal	Infraestructura	6,02	0,44	Hay variación
Bosque	Pastizal	38,64	2,81	Hay variación
Cultivos	Pastizal	1,05	0,08	Hay variación
Infraestructura	Pastizal	1,63	0,12	Hay variación
Pastizal	Pastizal	29,59	2,15	Sin cambio
<b>Total</b>		1.373,21	100	

En definitiva, el 67,28% (923,91 hectáreas), del área total de la microcuenca no presentó ningún cambio. No obstante, el 32,72% (449,30 hectáreas) de la superficie presentó variaciones en el periodo 1987-2017. En la siguiente Tabla 13, se detalla el total de las extensiones que presentaron cambios o se mantuvieron.

**Tabla 13.** Superficie total de variación o permanencia entre 1987 y 2017.

Estado	Área en (ha)	Porcentaje (%)
Hay variación	449,30	32,72
Sin cambio	923,91	67,28
Total	1.373,21	100

En la Figura 12, se observa la superficie total de las categorías clasificadas que presentaron cambios y permanencias para el año 2017.



**Figura 12.** Cambio y permanencia de la cobertura y uso del suelo en el periodo 1987-2017

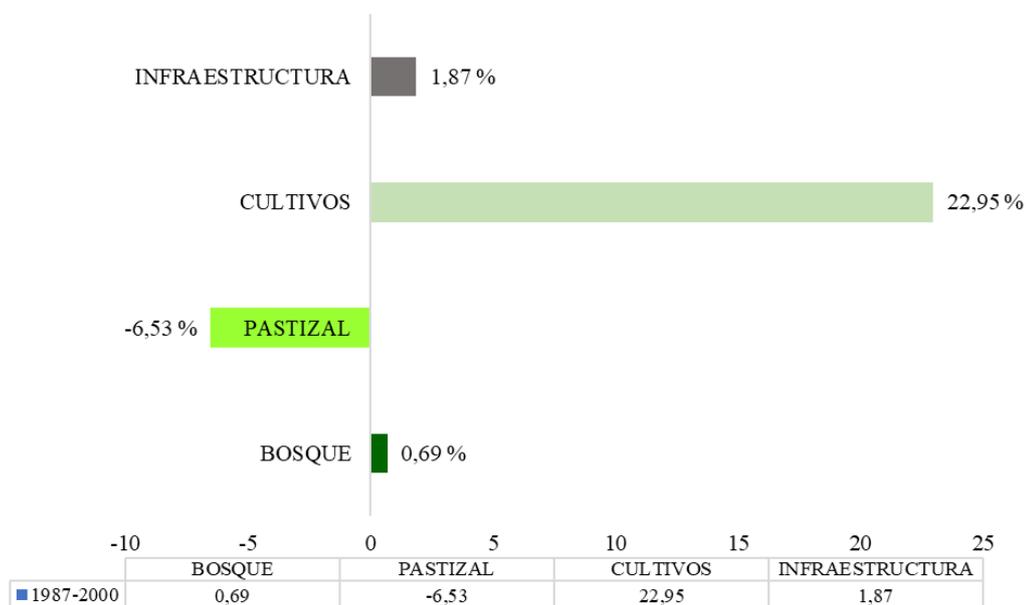
#### 4.1.8 Tasa de variación de la cobertura y uso del suelo entre los años 1987, 2000 y 2017

Las tasas de variación de la cobertura vegetal y uso del suelo en el período 1987-2000 (lapso de 13 años), se muestran en la siguiente Tabla 14.

**Tabla 14.** Categorías de cobertura vegetal, uso del suelo y tasa de variación (TDA) en el período 1987-2000.

Categorías	Superficie año inicial 1987 (ha)	Superficie año final 2000 (ha)	Tasa de Variación (TDA%)
Bosque	994,23	1085,93	0,69
Pastizal	352,22	153,06	-6,53
Cultivos	8,40	111,12	22,95
Infraestructura	18,36	23,10	1,87
Total	1.373,21	1.373,21	-

La categoría cultivos presentó la mayor tasa de cambio anual con un aumento del 22,95%, infraestructura aumentó en 1,87% y el bosque aumentó en menor superficie con un 0,69% anual. Sin embargo, los pastizales presentaron una tasa de variación de pérdida del 6,53% (Figura 13).



**Figura 13.** Tasa de variación (TDA), de la cobertura vegetal y uso del suelo entre los años 1987-2000

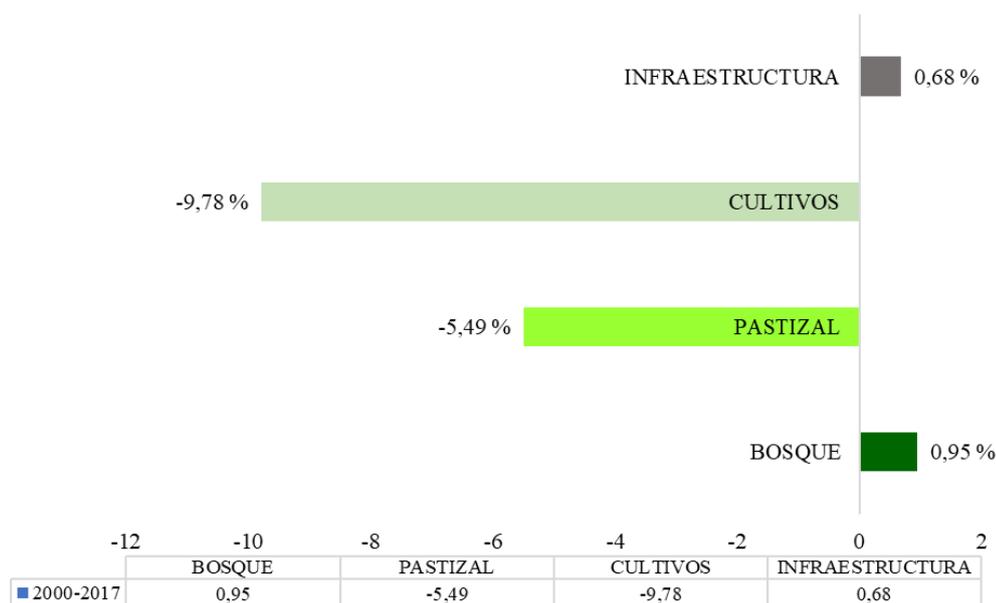
Las tasas de cambio de las categorías de cobertura vegetal y uso del suelo del período 2000-2017 (lapso de 17 años), se muestran en la Tabla 15.

**Tabla 15.** Categorías de cobertura vegetal, uso del suelo y tasa de variación (TDA) en el período 2000-2017.

Categorías	Superficie año inicial 2000 (ha)	Superficie año final 2017 (ha)	Tasa de Variación (TDA%)
Bosque	1085,93	1267,29	0,95
Pastizal	153,06	59,67	-5,49
Cultivos	111,12	20,36	-9,78
Infraestructura	23,10	25,89	0,68
Total	1.373,21	1.373,21	-

Las categorías bosque e infraestructura presentan un aumento en las tasas de incremento anual del 0,95% y 0,68% respectivamente; mientras tanto que las

categorías pastizal y cultivos presentan una pérdida en la tasa de variación del 5,49% y 9,78% respectivamente (Figura 14).



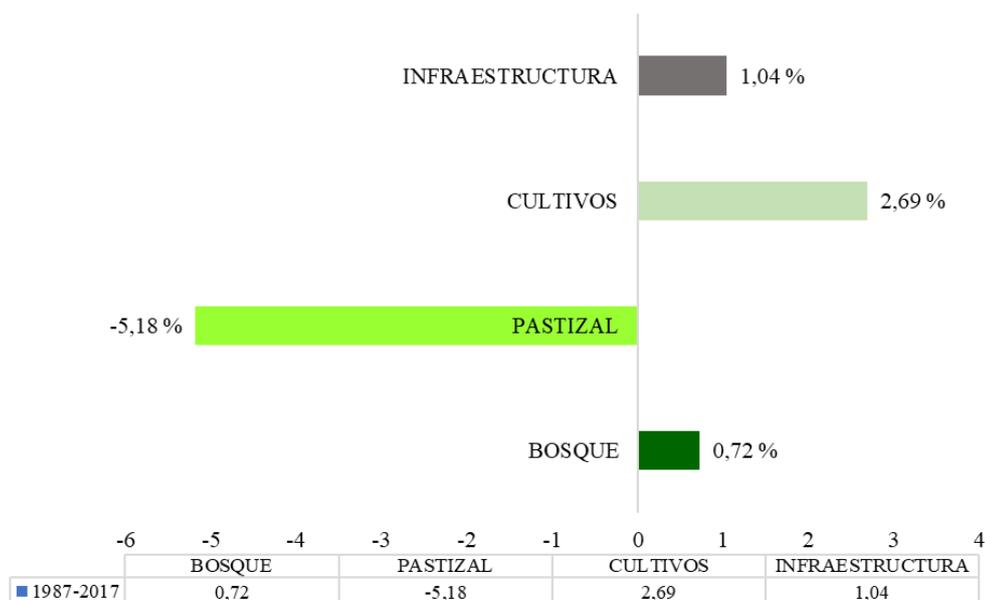
**Figura 14.** Tasa de variación (TDA), de la cobertura vegetal y uso del suelo entre los años 2000-2017

Las tasas de variación de la cobertura vegetal y uso del suelo para el periodo 1987-2017 (lapso de 30 años), se presenta en la Tabla 16.

**Tabla 16.** Categorías de cobertura vegetal, uso del suelo y tasa de variación (TDA) en el período 1987-2017.

Categorías	Superficie año inicial 1987 (ha)	Superficie año final 2017 (ha)	Tasa de Variación (TDA%)
Bosque	994,23	1267,29	0,72
Pastizal	352,22	59,67	-5,18
Cultivos	8,40	20,36	2,69
Infraestructura	18,36	25,89	1,04
Total	1.373,21	1.373,21	-

La categoría cultivos fue la que presentó mayor tasa de cambio anual con un aumento de 2,69%, seguido de la infraestructura con 1,04% y por último el bosque con 0,72%; mientras que el pastizal presentó una disminución de 5,18% en la tasa de variación anual (Figura 15).



**Figura 15.** Tasa de variación (TDA), de la cobertura vegetal y uso del suelo entre los años 1987-2017

Los resultados encontrados muestran que efectivamente la microcuenca ha experimentado cambios en un periodo de 30 años. Se evidencia que la tasa de decremento de la categoría pastizal fue de -5,18%, puesto que, en el área de estudio las actividades pecuarias han disminuido, las cuales dieron paso a la regeneración natural del bosque que se representa en un incremento en la tasa anual de 0,72%. Otro resultado relevante, es el incremento de la tasa de variación de la categoría cultivos, que corresponde a 2,69%; este comportamiento puede atribuirse a la posesión ilegal de tierras a través del desmonte de la cubierta de bosque para utilizar el suelo en actividades agrícolas, a su vez la mayoría de los pobladores se ocupan en la agricultura como sustento familiar y pocos de ellos con fines comerciales; lo cual se relaciona con lo mencionado por FAO (2017), la cual indica que las causas del aumento del bosque es efecto de procesos como la forestación y expansión del bosque natural y la preservación en áreas protegidas. Sin embargo, la mayoría de estudios muestran principalmente la tasa anual de pérdida en la categoría bosque, así como también agropecuario y asentamientos humanos; debido al incremento en procesos de deforestación, expansión de la frontera agrícola y establecimiento de áreas con fines pecuarios (Camacho et al., 2015).

## 4.2 Cambio multitemporal de las cuencas visuales durante los últimos 30 años

En el análisis multitemporal de cobertura vegetal y uso del suelo de las cuencas visuales norte y sur en el período 1987-2017, se obtuvieron los siguientes resultados de acuerdo a los cambios que presentan las categorías observadas desde los cinco puntos en el área de estudio.

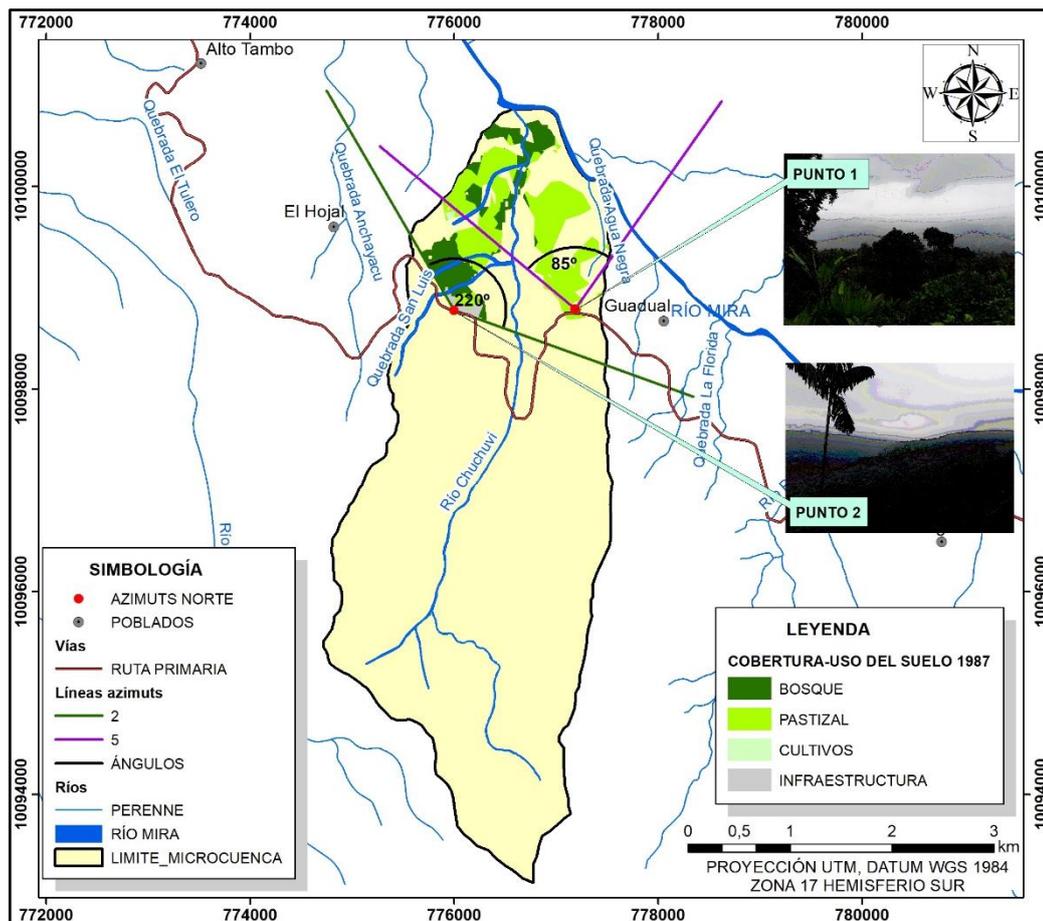
### 4.2.1 Análisis multitemporal de la cuenca visual norte de los años 1987 y 2017

De acuerdo a las superficies de cobertura vegetal y uso del suelo observadas en las cuencas visuales desde los puntos de referencia (1 y 2), en la Tabla 17 se muestra la variación que presentó la cuenca visual norte en el período 1987-2017.

**Tabla 17.** Análisis multitemporal de la cuenca visual norte del periodo 1987-2017.

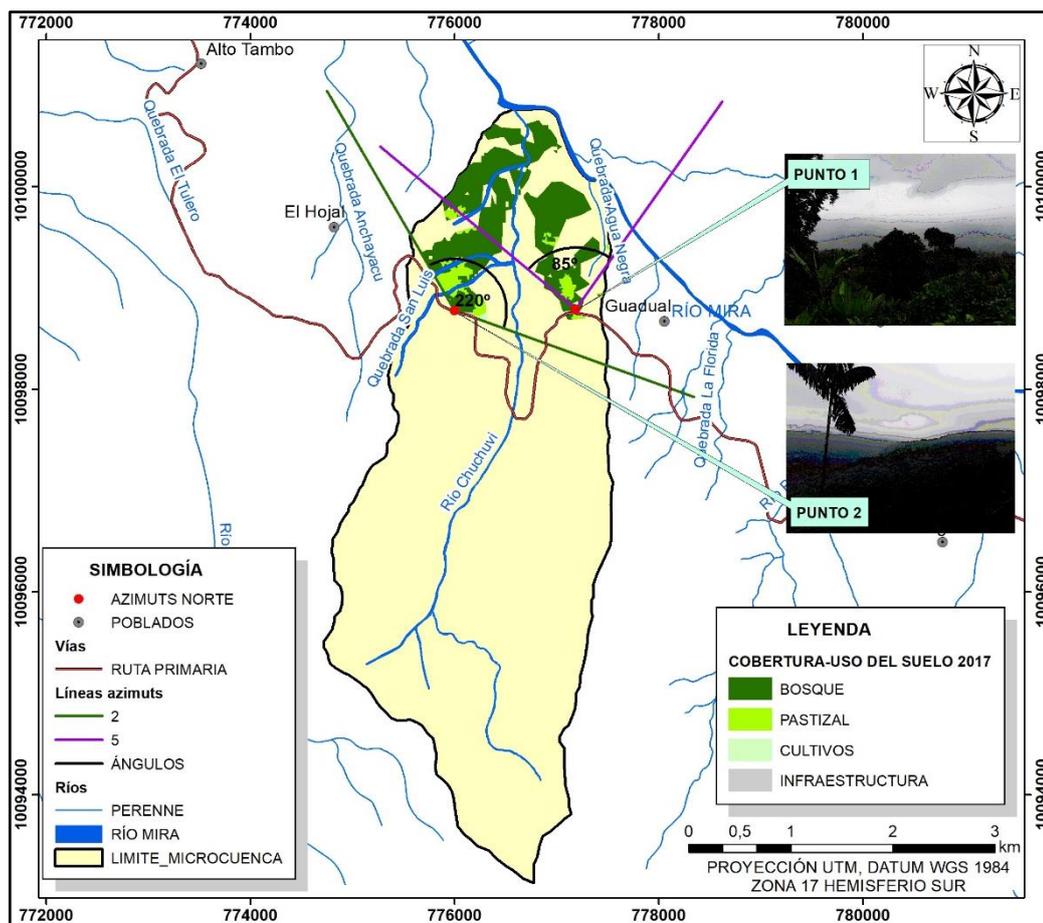
<b>Categorías</b>	<b>Área visual (ha) año 1987</b>	<b>Área visual (ha) año 2017</b>	<b>Variación (ha)</b>
Bosque	43,15	118,84	75,69
Pastizal	89,21	15,72	-73,49
Cultivos	0,55	0,60	0,05
Infraestructura	3,36	1,22	-2,14
Total (ha)	136,27	136,38	0,11

En la cuenca visual norte para el año 1987 desde los puntos de observación 1 y 2 las superficies más visibles fueron las extensiones de pastizal con 89,21 hectáreas y bosque con 43,15 hectáreas; mientras que las superficies de cultivos e infraestructura evidenciaron una superficie visual de 0,55 hectáreas y 3,36 hectáreas respectivamente (Figura 16).



**Figura 16.** Cuenca visual norte del año 1987

La cuenca visual norte para el año 2017, presenta que desde los puntos de observación 1 y 2, las superficies de mayor relevancia fueron las extensiones de bosque con 118,84 hectáreas y pastizal con 15,72 hectáreas; mientras que las superficies de cultivos e infraestructura evidenciaron una superficie visual de 0,60 hectáreas y 1,22 hectáreas respectivamente (Figura 17).



**Figura 17.** Cuenca visual norte del año 2017

La variación multitemporal para la cuenca visual norte muestra que las categorías bosque y cultivos aumentó su campo visual en 75,69 hectáreas y 0,05 hectáreas respectivamente; por el contrario, las categorías pastizal e infraestructura redujeron su campo visual en 73,49 y 2,14 hectáreas. La superficie total neta de variación de la cuenca visual norte durante el período 1987-2015 fue de 0,11 hectáreas, lo que representa un mínimo cambio en la visual del paisaje de la microcuenca.

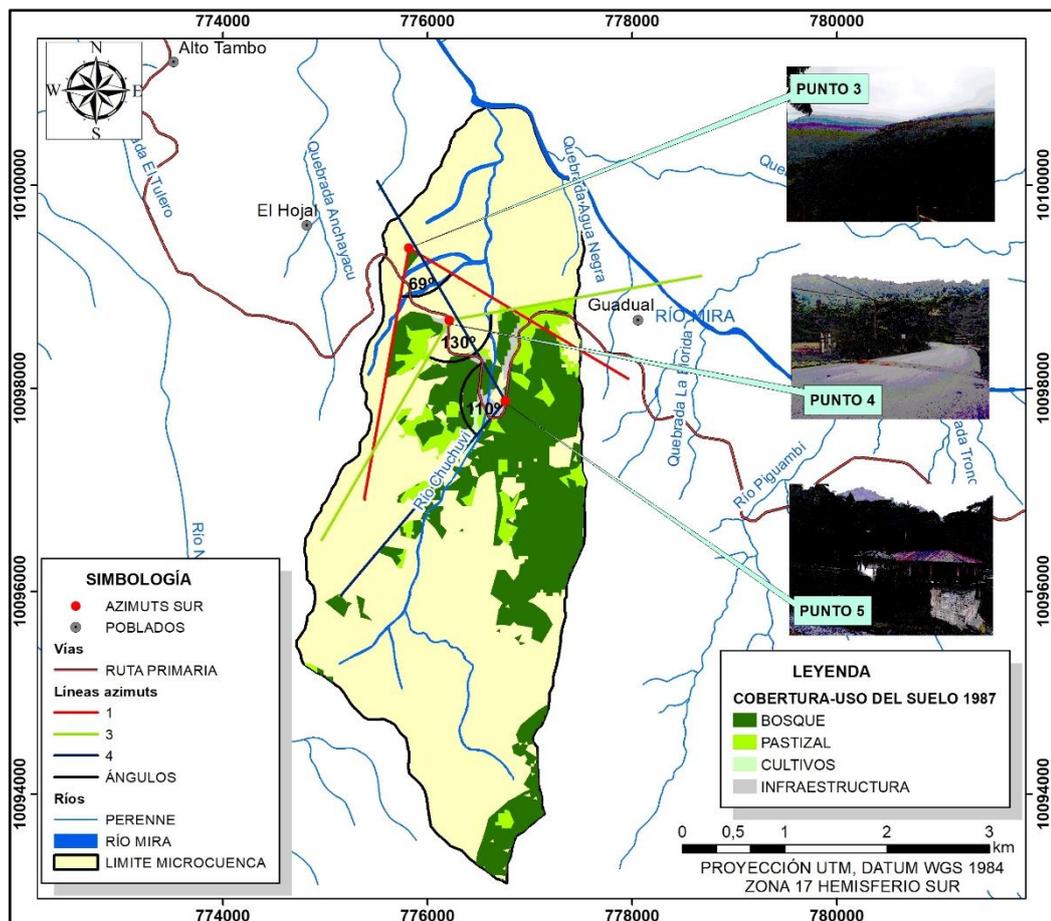
#### **4.2.2 Análisis multitemporal de la cuenca visual sur de los años 1987 y 2017**

Con respecto a las superficies de las categorías de cobertura vegetal y uso del suelo, analizadas mediante las cuencas visuales desde los puntos de referencia (3, 4 y 5), la variación que presentó la cuenca visual sur en el período 1987-2017 se indica en la Tabla 18.

**Tabla 18.** Análisis multitemporal de la cuenca visual sur periodo 1987-2017.

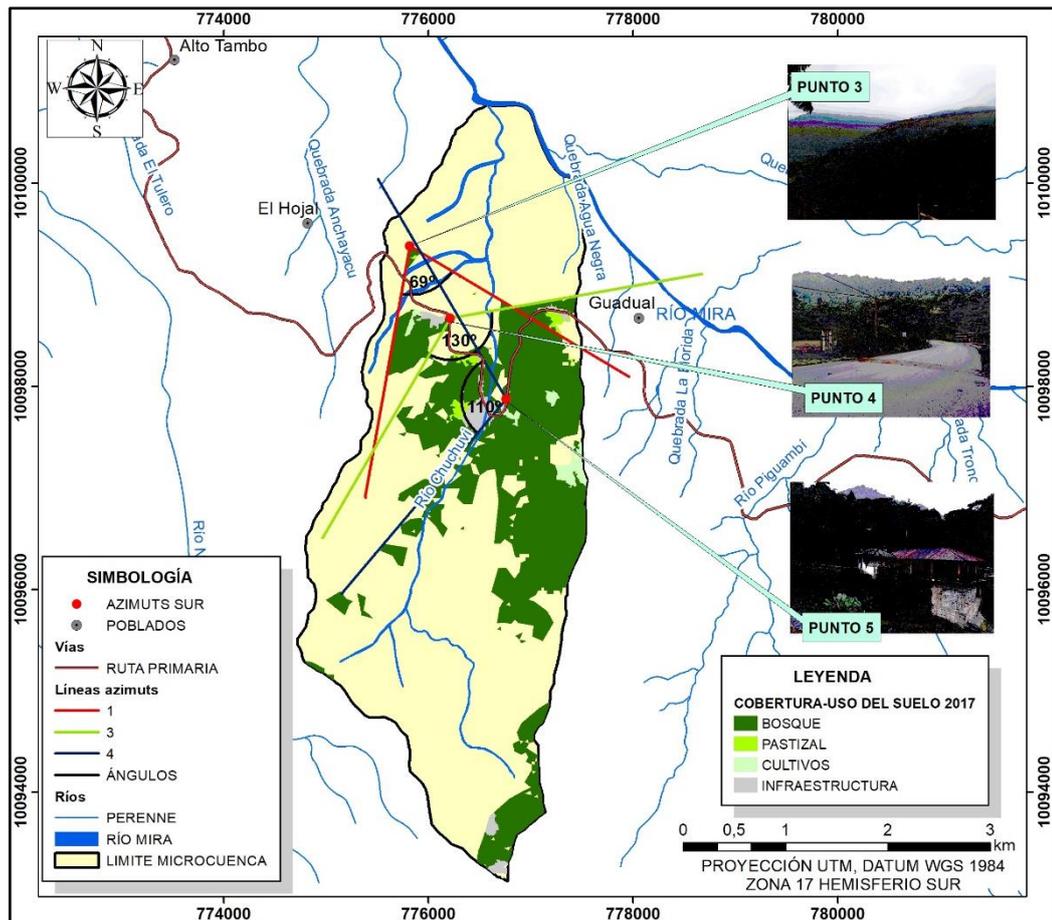
Categorías	Área visual (ha) 1987	Área visual (ha) 2017	Variación (ha)
Bosque	296,16	348,83	52,67
Pastizal	72,09	6,74	-65,35
Cultivos	4,85	10,32	5,47
Infraestructura	11,58	19,43	7,85
Total	384,68	385,32	0,64

En la cuenca visual sur para el año 1987, muestra que desde los puntos de observación 3, 4 y 5, las categorías que más se observan son pastizal con 89,21 hectáreas y bosque con 43,15 hectáreas; mientras que las superficies de cultivos e infraestructura evidenciaron una superficie visual de 0,55 hectáreas y 3,36 hectáreas respectivamente (Figura 18).



**Figura 18.** Cuenca visual sur del año 1987

La cuenca visual Sur para el año 2017, muestra que desde los puntos de observación 3, 4 y 5, las superficies de mayor relevancia fueron las extensiones de bosque con 348,83 hectáreas e infraestructura con 19,43 hectáreas; mientras que las superficies de pastizal y cultivos evidenciaron una superficie visual de 6,74 hectáreas y 10,32 hectáreas respectivamente (Figura 19).



**Figura 19.** Cuenca visual sur del año 2017

La variación multitemporal para la cuenca visual sur muestra que las categorías bosque, cultivos e infraestructura aumentaron su campo visual en 52,67 hectáreas, 5,47 hectáreas y 7,85 hectáreas respectivamente; por el contrario, la categoría pastizal disminuyó su campo visual en 65,35 hectáreas. La superficie total neta de variación de la cuenca visual sur durante el período 1987-2017 fue de 0,64 hectáreas, lo que representa un mínimo cambio en la visual del paisaje de la microcuenca.

Los resultados encontrados mediante el análisis multitemporal de las cuencas visuales Norte y Sur del río Chuchuví en el período 1987-2017, indican variaciones en la superficie visual en cada una de las categorías de cobertura vegetal y uso del suelo. Es así que, para la cuenca visual Norte, la clase pastizal es la más visible en el año 1987, mientras que para el año 2017 el bosque fue el área más visible debido a que al abandonarse los pastizales se favoreció a su regeneración natural. Para la cuenca visual Sur en el año 1987, la categoría bosque fue la más visible, sin embargo, para el año 2017 se visualiza en mayor superficie de igual forma a la categoría bosque como consecuencia de la ausencia asentamiento humanos y actividades antrópicas. No se han realizado investigaciones de cuencas visuales en análisis multitemporales del cambio de cobertura vegetal y uso del suelo, siendo más utilizados para estudios en sitios arqueológicos como son los casos de Villafañez (2017) y Mejía y Carretero (2017), en los que se enfocan en conocer las actividades que desarrollan las personas y la comunicación que tenían con su entorno en la antigüedad, basándose en la visibilidad e inter-visibilidad del paisaje, por lo cual la misma metodología de estos estudios fue utilizada en el presente estudio en la que se evidencia a través del tiempo la variación del paisaje de la microcuenca desde el alcance visual del ser humano.

#### **4.3 Estrategias de conservación y uso sostenible para el suelo y la cobertura vegetal de la microcuenca**

Se establecieron cuatro estrategias de conservación y uso sostenible para los recursos suelo y cobertura vegetal, las cuales tienen como referencia el análisis FODA de la microcuenca del río Chuchuví, el cual se elaboró en base a la información obtenida en las entrevistas y cartografía temática. A continuación, se describe el análisis de los resultados más relevantes obtenidos de la entrevista empleada.

*a) Análisis de la percepción de los actores sociales de la microcuenca sobre los cambios de la cobertura vegetal y uso del suelo que han presentado durante los últimos 30 años*

Las entrevistas que se realizaron a los pobladores de la microcuenca del río Chuchuví permitieron obtener información amplia sobre los cambios que han ocurrido en la cobertura vegetal y el suelo del área de estudio en el período 1987-2017.

En base a la información obtenida en la entrevista, la mayor parte de los comuneros se identificaron como mestizos, seguidos por la etnia indígena Awá y en menor cantidad afro ecuatorianos. La gran parte de los entrevistados manifestaron habitar la microcuenca por más de 21 años y en menor proporción por más de 30 años, por lo que la información que brindaron es muy relevante, además su ocupación principal varía en mayor parte en cuanto a las actividades domésticas y agrícolas que realizan en la zona. También, los comuneros argumentaron en mayoría que el bosque del área de estudio no ha disminuido en superficie, afirmaron que se ha mantenido igual e incluso ha aumentado debido a la disminución de los pastizales y regeneración del bosque o restauración pasiva.

Con respecto a la alteración del bosque y el uso del suelo del área de estudio aseguraron que entre las causas más principales están: la fumigación de los cultivos, la posesión ilegal de las tierras, tala ilegal y el aumento de la agricultura con la aplicación de monocultivos; además manifestaron que la fumigación y la minería (actividades mineras) podrían provocar problemas ambientales graves a la microcuenca. En cuanto a las medidas de conservación del bosque y suelo los pobladores proponen que se apliquen programas de conservación y manejo sostenible del suelo y bosque de la microcuenca. Por otro lado, la mayor parte de los entrevistados afirmaron conocer a cerca del ecoturismo, además señalaron que los beneficios que genera esta actividad turística es la economía y la conservación del ambiente.

En relación con las dificultades que presentan los pobladores de la comunidad El Guadual, afirmaron evidenciar algunos problemas los cuales complican la posibilidad de generar alternativas que permitan conservar el bosque y suelo de la microcuenca. Entre las que enfatiza la débil organización comunitaria sumada a la falta de iniciativa de desarrollo por parte de los comuneros y el bajo nivel de ingresos económicos. Así mismo, la comunidad presenta fortalezas las cuales deberían ser aprovechadas, en donde los pobladores manifestaron tener experiencia en cuanto al ecoturismo debido a que el Gobierno Provincial de Esmeraldas (GPE) ha realizado capacitaciones en la comunidad, además afirmaron que la junta directiva presenta iniciativas de gestión para el desarrollo, además que la comunidad cuenta con 355 ha de bosque comunitario, destinado para actividades ecoturísticas con la intención de conservar los recursos naturales de la microcuenca (Anexo 2a; 2v).

***b) Matriz FODA de la situación actual de la microcuenca del río Chuchuví***

El análisis FODA dentro de la microcuenca permitió conocer la situación actual del área de estudio, cuáles son los principales problemas y con qué se cuenta para mitigarlos, de tal manera que se minimicen los efectos negativos que existen dentro del área de estudio (Fragoso, 2017). En la Tabla 19, se detallan las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

**Tabla 19.** Análisis FODA del área de estudio.

<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
<b>F1.</b> El bosque de la microcuenca aumentó en 273,06 hectáreas, con una tasa de variación anual del 0,72% en el período 1987-2017.	<b>O1.</b> Fondos públicos que dispone el GAD Provincial de Esmeraldas, para la ejecución de proyectos sostenibles sobre la conservación de la cobertura vegetal y suelo de la microcuenca del río Chuchuví.
<b>F2.</b> Disminución de 292,55 hectáreas de la categoría pastizal, con una tasa de variación anual de pérdida del 5,18% en el período de estudio.	<b>O2.</b> Educación y control ambiental por parte de la autoridad ambiental nacional (MAE) y ONG's.
<b>F3.</b> Avistamiento del paisaje de la microcuenca del río Chuchuví desde la cuenca visual norte y sur.	<b>O3.</b> Trámite para la legalización del bosque comunitario El Guadual y bosque de la microcuenca, con fines de conservación y como alternativa para realizar actividades ecoturísticas en el área de estudio.
<b>F4.</b> El 53,3% de los pobladores viven más de 21 años en la zona.	
<b>F5.</b> Presencia del área ecoturística privada “Las Siete Cascadas”, con una superficie de 207 hectáreas.	
<b>F6.</b> Existencia de 355 hectáreas de bosque nativo comunitario dentro de la microcuenca.	
<b>DEBILIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<b>D1.</b> La agricultura en la microcuenca aumentó en 11,96 hectáreas, con una tasa de variación anual del 2,69 % durante el periodo de estudio.	<b>A1.</b> Actividades mineras legales e ilegales.
<b>D2.</b> Existencia de monocultivo de cacao.	<b>A2.</b> Tala ilegal de especies maderables del bosque.
<b>D3.</b> Escasa capacitación agrícola y de educación ambiental.	<b>A3.</b> Posesión ilegal de tierras.
<b>D4.</b> Débil organización comunitaria.	<b>A4.</b> Uso de agroquímicos.
<b>D5.</b> Bajo nivel de ingresos económicos de los pobladores.	
<b>D6.</b> La mayor parte de los habitantes se dedican a las actividades agrícolas.	

### ***c) Identificación de estrategias***

A través del cruce de los elementos del FODA, se plantearon las siguientes estrategias de conservación y uso sostenible para los recursos suelo y bosque de la microcuenca del río Chuchuví (Tabla 20).

**Tabla 20.** Cruce de las variables del FODA para el establecimiento de estrategias de conservación y uso sostenible del suelo y la cobertura vegetal.

VARIABLES	FORTALEZAS	DEBILIDADES	
		<p><b>F1.</b> El bosque de la microcuenca aumentó en 273,06 hectáreas, con una tasa de variación anual del 0,72% en el período 1987-2017.</p> <p><b>F2.</b> Disminución de 292,55 hectáreas de la categoría pastizal con una tasa de variación anual del -5,18% en el período de estudio.</p> <p><b>F3.</b> Avistamiento del paisaje de la microcuenca del río Chuchuví desde la cuenca visual norte y sur.</p> <p><b>F4.</b> El 53,3% de los pobladores viven más de 21 años en la zona.</p> <p><b>F5.</b> Presencia del área ecoturística privada “Las Siete Cascadas”, con una superficie de 207 hectáreas.</p> <p><b>F6.</b> Existencia de 355 hectáreas de bosque nativo comunitario dentro de la microcuenca.</p>	<p><b>D1.</b> La agricultura en la microcuenca aumentó en 11,96 hectáreas, con una tasa de variación anual del 2,69% durante el período de estudio.</p> <p><b>D2.</b> Existencia de monocultivo de cacao.</p> <p><b>D3.</b> Escasa capacitación agrícola y de educación ambiental.</p> <p><b>D4.</b> Débil organización comunitaria.</p> <p><b>D5.</b> Bajo nivel de ingresos económicos de los pobladores.</p> <p><b>D6.</b> La mayor parte de los habitantes se dedican a las actividades agrícolas.</p>
	OPORTUNIDADES	ESTRATEGIA FO	ESTRATEGIA DO
	<p><b>O1.</b> Fondos públicos que dispone el GAD Provincial de Esmeraldas, para la ejecución de proyectos sostenibles sobre la conservación de la cobertura vegetal y suelo de la microcuenca del río Chuchuví.</p> <p><b>O2.</b> Educación y control ambiental por parte de la autoridad ambiental nacional (MAE) y ONG’s.</p> <p><b>O3.</b> Trámite para la legalización del bosque comunitario El Guadual y bosque de la microcuenca, con fines de conservación y como alternativa para realizar actividades ecoturísticas en el área de estudio.</p>	<p>F1O1; F3O1; F4O1; F6O1;</p> <p><b>Ecoturismo como estrategia de conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales de la microcuenca del río Chuchuví.</b></p>	<p>D4O3; D5O3; D1O1; D1O3;</p> <p><b>Mantenimiento y conservación del bosque de la microcuenca, a través de la incorporación del Bosque Protector Microcuenca del río Chuchuví (BPMC), al Sistema Nacional del Áreas Protegidas (SNAP).</b></p>
	AMENAZAS	ESTRATEGIA FA	ESTRATEGIA DA
	<p><b>A1.</b> Actividades mineras legales e ilegales.</p> <p><b>A2.</b> Tala ilegal de especies maderables del bosque.</p> <p><b>A3.</b> Posesión ilegal de tierras.</p> <p><b>A4.</b> Uso de agroquímicos.</p>	<p>F1A1; F2A2; F3A3; F6A1;</p> <p><b>Control y vigilancia comunitaria para la protección y conservación del bosque de la microcuenca.</b></p>	<p>D1A1; D2A4; D3A4; D6A4;</p> <p><b>Implementación de prácticas agroecológicas en los sistemas agrarios de la microcuenca.</b></p> <p>D2A2; D5A2; D6A2;</p> <p><b>Sistemas de agroforestería en las áreas de cultivos y pastos de la microcuenca del río Chuchuví.</b></p>

De acuerdo al análisis FODA las estrategias prioritarias de conservación y uso sostenible para el suelo y cobertura vegetal del área de estudio son las que se detallan a continuación:

#### **4.3.1 Estrategia 1:** *Desarrollo de actividades de ecoturismo*

**Ubicación:** Cascadas del río Chuchuví y bosque de la parte alta de microcuenca (Figura 20).

**Justificación:** La microcuenca posee un paisaje caracterizado por la presencia de colinas y extensa cobertura vegetal, lo cual genera la posibilidad de verse amenazada por actividades negativas como la minería, tala ilegal y la posesión ilegal de tierras. Es por eso que se presenta la necesidad de desarrollar el ecoturismo, el cual busca la conservación de los recursos naturales, a través del uso público de bajo impacto y del desarrollo sostenible, además para la realización de actividades recreativas-educativas que promuevan la participación de los pobladores locales. También se consideró que la mayor parte de la población se dedica a la agricultura, lo cual podría ser aprovechado a través del turismo comunitario como atracción para los turistas.

**Objetivo General:** Desarrollar un proyecto de ecoturismo que permita manejar los recursos naturales, turísticos y recreativos del sitio, cuyo único potencial es la conservación de la cobertura vegetal y el recurso hídrico.

**Meta:** Conservar el bosque y recurso hídrico de la microcuenca a través del desarrollo del proyecto de ecoturismo con el propósito de disminuir el avance de la frontera agrícola y proteger los recursos naturales renovables del sitio que podrían llegar a verse amenazados (Tabla 21).

**Tabla 21.** Desarrollo de actividades de ecoturismo.

<b>Actividades</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medios de Verificación</b>	<b>Alcance</b>	<b>Responsables</b>
Socialización y capacitaciones dirigidas a comuneros sobre el proyecto ecoturístico.	Número personas asistentes a las capacitaciones y socialización del proyecto ecoturístico.	Registro de asistencia y fotográfico	Incentivar a los comuneros a la participación y concienciación de los beneficios de la alternativa de ecoturismo.	-Ministerio del Ambiente -Ministerio de Turismo -Gobiernos municipales
Utilización de la metodología de cuencas visuales para identificar miradores y sitios de avistamiento de flora y fauna.	Identificación de áreas visibles y no visibles desde sitios identificados como miradores o puntos de referencia.	Mapas de cuencas visuales	Disponer de información para implementar miradores turísticos y senderos autoguiados.	-Pobladores locales.
Identificación de zonas estratégicas para desarrollar infraestructura ecoturística.	Áreas específicas de la ubicación de la infraestructura.	Registro fotográfico	Contar con la infraestructura necesaria que permita desarrollar las actividades ecoturísticas.	-Gobierno provincial de Esmeraldas -GAD municipal de Esmeraldas -Pobladores de la comunidad El Guadual
Construcción de infraestructura para la realización de actividades ecoturísticas (avistamiento del paisaje, caminatas por senderos).	Senderos y miradores construidos	Fotografías	Mejorar los ingresos económicos de los pobladores.	-Gobierno provincial de Esmeraldas -GAD municipal de Esmeraldas -Directiva de la comunidad El Guadual
Organización de los pobladores locales para la planificación y desarrollo del turismo comunitario.	Número de pobladores locales organizados.	Registro de asistencia y fotográfico.	Garantizar la conservación de los bienes ambientales y socioculturales.	-GAD municipal de Esmeraldas -Junta parroquial de Alto Tambo -Directiva de la comunidad el Guadual

**4.3.2 Estrategia 2:** *Incorporación del bosque protector de la microcuenca del río Chuchuví al Sistema Nacional de Áreas Protegidas.*

**Ubicación:** Bosque de la parte baja, media y alta del área de estudio (Figura 20).

**Justificación:** En vista de que la mayor parte de la superficie de la microcuenca del río Chuchuví está cubierta por bosque, se presenta la necesidad de declarar un bosque protector en el área de estudio que sea incorporado en el SNAP (Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador), el cual permita contrarrestar las actividades que podrían causar daños y deterioro ambiental a la microcuenca tales como la minería ilegal, tala ilegal de árboles, uso de agroquímicos y posesión ilegal de tierras. El establecimiento del bosque protector será la opción ideal para un manejo adecuado de los recursos naturales existentes dentro de la microcuenca, que permita tener un acceso restringido para actividades que puedan causar impactos ambientales negativos en el bosque de la microcuenca y en el bosque protector “Las siete Cascadas”.

**Objetivo General:** Declarar al área de bosque de la microcuenca del río Chuchuví como bosque protector de los recursos naturales renovables.

**Meta:** Conservar los recursos naturales y diversidad biológica existente en la microcuenca (Tabla 22).

**Tabla 22.** Incorporación del bosque protector de la microcuenca al SNAP.

<b>Actividades</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medios de Verificación</b>	<b>Alcance</b>	<b>Responsables</b>
Identificación de las áreas prioritarias con alto grado de conservación en la microcuenca.	Áreas prioritarias con alto nivel de conservación identificadas en la microcuenca.	Mapas de las áreas prioritarias de conservación.	Identificar las áreas con alto grado de conservación ambiental.	-GAD municipal de Esmeraldas -Pobladores de la parroquia Alto Tambo -Pobladores de la comunidad El Guadual
Elaboración de un plan de manejo integral del bosque de la microcuenca, aplicando la normativa Forestal vigente.	Plan de manejo integral del bosque de la microcuenca elaborado.	Documento del Plan de manejo integral del bosque.	Disponer de un plan de manejo integral del bosque protector.	-Gobierno provincial de Esmeraldas -GAD municipal de Esmeraldas -Pobladores de la comunidad El Guadual
Capacitación sobre los incentivos ambientales dirigido a los propietarios de los predios que se encuentran dentro de la microcuenca.	Propietarios de los predios capacitados sobre los incentivos ambientales.	Registro de asistencia y fotográfico	Capacitar a los propietarios que poseen predios dentro del área de la microcuenca.	-Ministerio del Ambiente -GAD municipal de Esmeraldas -Pobladores de la comunidad El Guadual

### **4.3.3 Estrategia 3:** *Implementación de prácticas agroecológicas*

**Ubicación:** Parte Baja de la microcuenca, sitios ocupados por cultivos perennes y frutales (Figura 20).

**Justificación:** La microcuenca del río Chuchuví presenta problemas debido a las actividades agrícolas con la presencia de monocultivos; por lo cual se plantea a la agroecología como una estrategia viable, la cual permita que los predios cultivados alcancen un equilibrio ecológico con el medio a través de una matriz agropecuaria diversificada a escala de parcela y paisaje con el fin de mantener la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

**Objetivo General:** Implementar actividades agroecológicas sustentables en los sistemas agrícolas de la microcuenca del río Chuchuví.

**Meta:** Optimizar el agroecosistema de manera equilibrada a través de la interacción de todos los componentes (cultivos, fauna, flora, agua y suelo), con el fin de garantizar la conservación de la microcuenca, además de la seguridad y producción alimentaria de los productores agropecuarios (Tabla 23).

**Tabla 23.** Implementación de prácticas agroecológicas.

<b>Actividades</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medios de Verificación</b>	<b>Alcance</b>	<b>Responsables</b>
Organización y distribución de predios a través de ordenamiento parcelario.	Áreas específicas de la ubicación y utilización de técnicas de cultivo apropiadas.	Registro de asistencia y fotográfico	Contar con predios característicos de la agricultura ecológica.	-Gobierno provincial de Esmeraldas -GAD municipal de Esmeraldas
Capacitación sobre manejo de sistemas de cultivo y producción agroecológica.	Número de comuneros capacitados.	Registro de asistencia y fotográfico	Implementar sistemas de producción agrícola sustentables.	-Ministerio de Agricultura y Ganadería -GAD municipal de Esmeraldas - Universidad Técnica del Norte -Junta Parroquial de Alto Tambo.
Capacitación en métodos obtención de compostaje y lombricultura.	Número de comuneros capacitados.	Registro de asistencia y fotográfico	Elaborar enmiendas orgánicas de bajo costo. Elaborar compost de residuos orgánicos de la microcuenca.	-Ministerio de Agricultura y Ganadería. -GAD municipal de Esmeraldas - Universidad Técnica del Norte -Junta Parroquial de Alto Tambo.
Capacitación sobre elaboración y aplicación de bioles.	Número de comuneros capacitados.	Registro de asistencia y fotográfico	Preparar bioinsumos para una producción agrícola sostenible	-Ministerio de Agricultura y Ganadería. - Universidad Técnica del Norte -GAD municipal de Esmeraldas -Junta Parroquial de Alto Tambo.

#### **4.3.4 Estrategia 4: *Sistemas de agroforestería***

**Ubicación:** Parte baja de la microcuenca, vertientes izquierda y derecha del río Chuchuví (Figura 20).

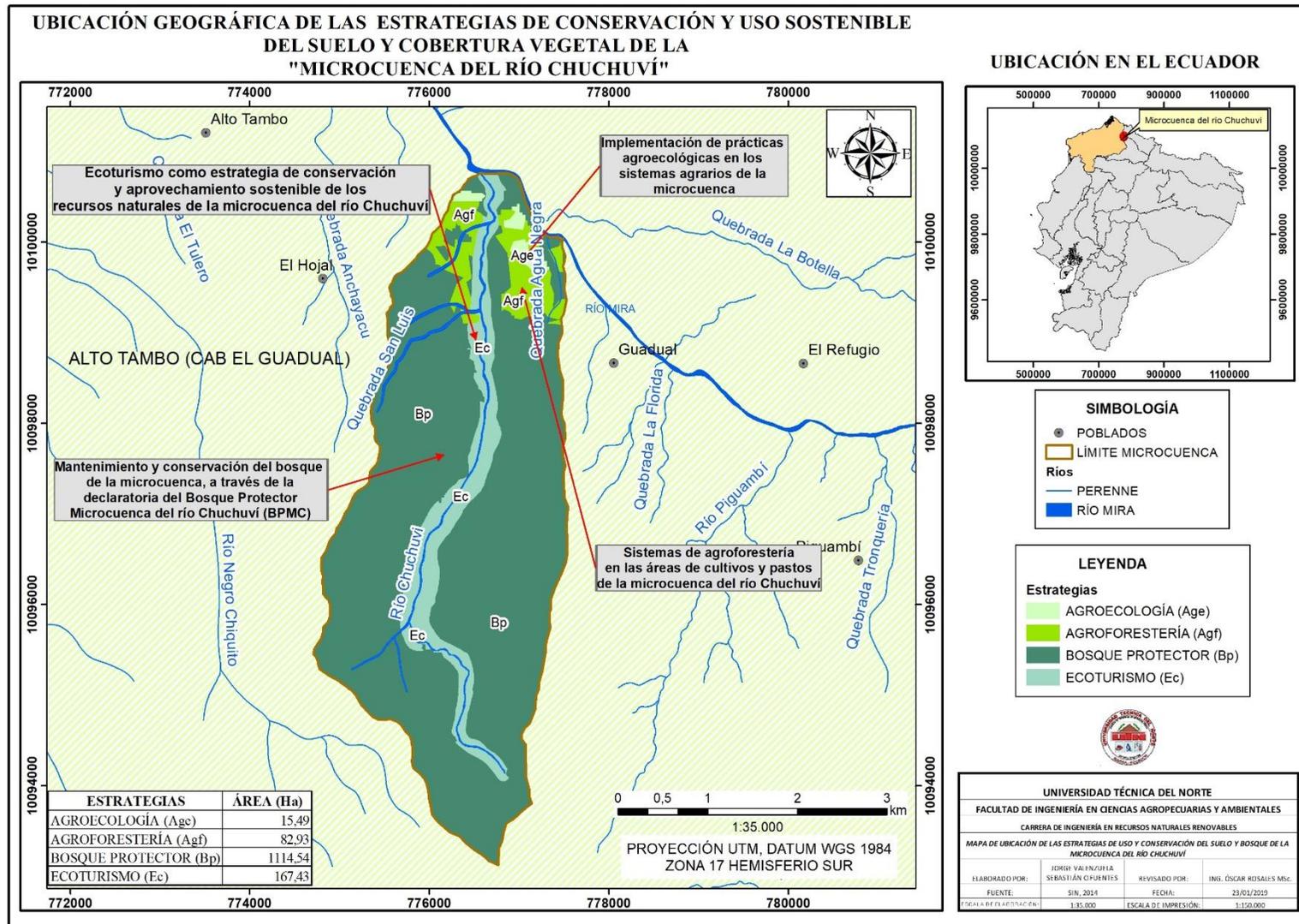
**Justificación:** En la microcuenca del río Chuchuví existen varias categorías de uso del suelo como pastos, cultivos y plantaciones forestales. Por lo cual se presenta a la agroforestería como una alternativa de desarrollo sostenible al facilitar el aprovechamiento de los recursos naturales y mejorar las condiciones de los suelos de tal manera que se obtenga productos y servicios, mediante la asociación de frutales con árboles, los cuales pueden agruparse de la siguiente manera: Agrosilvicultura (cultivos agrícolas, pastos y árboles), sistemas silvopastoriles (pastos y árboles), sistemas de producción forestal multipropósito (plantaciones forestales para generar productos maderables y no maderables).

**Objetivo General:** Generar modelos agroforestales óptimos que beneficien al agricultor para la producción sustentable en las unidades de producción agropecuaria.

**Meta:** Implementar la combinación de cultivos (cacao, café, plátano, naranja, borjón, yuca y naranjilla) con especies arbóreas multipropósito como el copal (*Dacryodes peruviana*), sande (*Brosimum utile*), guaripito (*Pseudosamanea guachapele*), guayacán (*Minuartia guianensis*), entre otros aplicando prácticas de manejo compatibles con las que se realicen en la microcuenca (Tabla 24).

**Tabla 24.** Sistemas de agroforestería.

<b>Actividades</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medios de Verificación</b>	<b>Alcance</b>	<b>Responsables</b>
Talleres para difundir conocimientos a los comuneros acerca de los sistemas agroforestales.	Asistencia y participación de los comuneros en los talleres.	Registro fotográfico y de asistencia	Conocer cuáles son los sistemas agroforestales que podrían aplicar los comuneros en las unidades de producción agropecuaria.	-Ministerio de Agricultura y Ganadería. -Ministerio del Ambiente -GAD provincial de Esmeraldas, - Universidad Técnica del Norte -Pobladores de la comunidad El Guadual
Identificar las especies arbóreas para la asociación con cultivos.	Nombres de las especies de árboles presentes en la microcuenca.	Listado de especies forestales Registro fotográfico y de asistencia	Identificar las especies forestales principales que existen en la microcuenca para que puedan combinarse con los cultivos (alimenticios, animales, pastos) de los comuneros.	-Ministerio de Agricultura y Ganadería. - Universidad Técnica del Norte -Ministerio del Ambiente -Pobladores de la comunidad El Guadual
Implementación de un vivero comunitario.	Mingas en las que los comuneros participen para la capacitación y construcción del vivero.	Registro fotográfico y de asistencia	Crear el vivero comunitario para actividades de agroforestería.	-Ministerio de Agricultura y Ganadería. - Universidad Técnica del Norte. -Ministerio del Ambiente -GAD provincial de Esmeraldas -Pobladores de la comunidad El Guadual



**Figura 20.** Ubicación de las estrategias de conservación y uso sostenible del suelo y cobertura de la microcuenca

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Los cambios en las categorías de cobertura vegetal y uso del suelo en la microcuenca presentan al bosque como la clase de mayor aumento en superficie con un 19,8%; mientras que el pastizal disminuyó en superficie significativamente en 21,3% durante el periodo de estudio. La dinámica de cambios registradas en la microcuenca en el período de análisis, muestra que la categoría más significativa fue el pastizal al perder un 24,86% de superficie a favor del bosque; mientras que la clase bosque fue la que más se mantuvo sin cambio al mantener un 64,4% de superficie durante el periodo de estudio.
- Las tasas de variación más relevantes en el periodo 1987-2017, se registraron en la categoría pastizal, la cual disminuyó en 5,18% su superficie cada año; mientras que la categoría cultivos presenta un incremento superior al de las demás clases de cobertura vegetal y uso del suelo al registrar una tasa de cambio anual de 2,69%.
- En el análisis multitemporal de cuencas visuales se observaron las superficies de las clases de cobertura vegetal y uso del suelo presentes en la microcuenca, desde cinco puntos de observación, los cuales permitieron visualizar el paisaje hacia la cuenca Norte que para el año 1987 se visualiza en su mayoría a la categoría pastizal y en el año 2017 bosque; con respecto a la cuenca Sur, para el año 1987 la clase bosque fue la más visible y para el año 2017 de igual manera.
- Las estrategias de conservación y uso sostenible del suelo son: ecoturismo, incorporación del bosque protector de la microcuenca al Sistema Nacional

de Áreas Protegidas, implementación prácticas agroecológicas y sistemas de agroforestería.

## **5.2 Recomendaciones**

- La Clasificación supervisada fue el método con mayor nivel de confiabilidad por lo que se recomienda emplear esta metodología para estudios similares de análisis multitemporal, con el fin de obtener resultados satisfactorios que sean lo más cercanos a la realidad.
- Continuar con la aplicación de estudios similares en áreas cercanas a la microcuenca del río Chuchuví, que pueden estar sometidas a procesos continuos de cambio por diferentes actividades antrópicas.
- Utilizar la metodología de cuencas visuales en futuros estudios de análisis multitemporal, para conocer el paisaje que está al alcance visual del ser humano y como ha variado a lo largo del tiempo. Además de que pueden ser utilizadas como insumo en el planteamiento de estrategias de conservación como el ecoturismo en las que la visibilidad del ecosistema cumple un papel fundamental.
- Realizar control y vigilancia comunitaria, respaldada legalmente por autoridades ambientales competentes y el Gobierno Provincial de Esmeraldas con el propósito de monitorear posibles amenazas que pueden afectar los recursos naturales de la microcuenca.

## REFERENCIAS

- Aguayo, M., Pauchard, A., Azócar, G., y Parra, O. (2009). Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a finales del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial del paisaje y temporal del paisaje. *Revista chilena de historia natural* 82, 361-374.
- Aguilar, H., Mora, R., y Vargas, C. (2014). Metodología para la Corrección Atmosférica de imágenes Áster, Rapideye, Spot 2 y Landsat 8 con el módulo FLAASH del Software ENVI. *Revista Geográfica de América Central*, 2(53), 39-59.
- Arango, G. Branch, B. y Botero, F. (2005). Clasificación no supervisada de coberturas vegetales sobre imágenes digitales de sensores Remotos: “Landsat – ETM+”. *Revista Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Colombia, Sede Medellín*, 58(1), 2611-2634.
- Ayma, A. (2014). Vulnerabilidad de deforestación del bosque de los Yungas de Cotacajes (Noroeste del departamento de Cochabamba, Bolivia). *Acta Nova*, 6(3), 251-267.
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas*, 21(1-2), 136-147.
- Calderón, J., Ordóñez, J., Nieto, M. y Ordóñez, M. (2017). Cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo del 2000 al 2009 en Morelos, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9, 46.
- Camacho, J., Pérez, J., Pineda, N., Cadena, E., Bravo, L. y Sánchez, M. (2015). Cambios de cobertura / uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. *Madera y Bosques*, 21 (1), 93 – 112.
- CDB. (1995). Convenio sobre Diversidad Biológica. Quito: *Registro Oficial 647. Ecuador*.
- Cerda, J. y Villarroel, L. (2008). Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Revista Chilena de Pediatría*, 79(1), 54-58.
- Chander, G., Markham, B., & Helder, D. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, 113(5), 893-903.

- Chinchilla, M., Mata, R., y Alvarado, A. (2011). Andisoles, Inceptisoles y Entisoles de la Subcuenca del río Pirrís, Región de los Santos, Talamanca, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 35(1), 83-107.
- Chuvieco, E. (2010). Teledetección Ambiental: *La Observación de la Tierra desde el Espacio*. España: Barcelona, Ariel.
- COA. (2017). Código Orgánico del Ambiente. Quito: *Registro Oficial Suplemento 983. Ecuador*.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*.
- Condori, I., Loza, M., Mamani, F., y Solíz, H. (2018). Análisis multitemporal de la cobertura boscosa empleando la metodología de teledetección espacial y SIG en la sub-cuenca del río Coroico - provincia Caranavi en los años 1989-2014. *Jsars*, 9(1), 25-44.
- COOTAD. (2010). Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización. Quito: *Registro Oficial Suplemento 303. Ecuador*.
- Dale, V., & Beyeler, S. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators* (1), 3-10.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, (USDA). (2014). *Claves para la Taxonomía de Suelos*. Décima segunda Edición, 2014. Servicio de Conservación de Recursos Naturales (NRCS). EEUU.
- Díaz, L., García, U., Hernández, M. y Ruiz, M. (2013). La entrevista, recursos flexible y dinámico. En *Inv Ed Med*. 162-167.
- Dou, W., Ren, Y., Wu, Q., Ruan, S., Chen, Y., Bloyet, D., & Constans, J. (2007). Fuzzy kappa for the agreement measure of fuzzy classifications. *Neurocomputing*, 70(4-6), 726-734.
- Etter, A., McAlpine, C., Wilson, K., Phinn, S., & Possingham, H. (2006). Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 114(2-4), 369-386.
- Geografía Planificación y Desarrollo (GeoPlaDes). (2009). *Estudio Multitemporal de la Cobertura Vegetal y Uso del Suelo en los años 1990-2008 y proyección al 2030*. The Nature Conservancy.

- Gordillo, M. (2012). *Propuesta de Manejo Turístico para la Reserva Natural “Las Siete Cascadas” ubicada en el Recinto El Guadual, de la parroquia Alto Tambo en el cantón San Lorenzo* (Tesis de ingeniería). Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador.
- Guerrero, D., Montenegro, M. y Hernández, M. (2009). Análisis Multitemporal de Cambios de Uso del Suelo y Coberturas, en la Microcuenca Las Minas, Corregimiento de la Laguna, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 26 (1), 54-208.
- Hernández, J. Carrillo, F. Farfán, L. y Cornejo, V. (2016). Cambio de cobertura vegetal en la región de Bahía de Banderas, México. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(1), 7-16.
- Holdridge, L.R. (1967). *Life Zone Ecology*. Costa Rica: Tropical Science Center.
- Ibarra, J., Román, L., Gutiérrez, R., Gaxiola, K., Arias, V. y Bautista, M. (2011). Cambio en la cobertura y uso del suelo en el norte de Jalisco, México: Un análisis del futuro, en un contexto de cambio climático. *Ambi-Agua, Taubaté*, 6(2), 111-128.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2013). Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM. Bogotá, Colombia.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2010). *Censo de población y vivienda 2010*. Ecuador.
- Lambin, E. (1997). Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions. *Progress in Physical Geography*, 21(3), 375-393.
- Lang, R., Shao, G., Pijanowski, B., & Farnsworth, R. (2008). Optimizing unsupervised classifications of remotely sensed imagery with a data-assisted labeling approach. *Computers and Geosciences*, 34(12), 1877-1885.
- Li, M., Wu, Y., & Zhang, Q. (2009). SAR image segmentation based on mixture context and wavelet hidden-class-label Markov random field. *Computer and Mathematics with Applications*, 57(6), 961-969.
- Marín, A., Álvarez, C., Uribe, S. y Morales, M. (2008). Dinámica temporal del patrón del paisaje en el área de la Hidroeléctrica Porce II, (Antioquia, Colombia) de 1961 al 2001. *Boletín de ciencias de la Tierra*, 01/20, 36 - 30.

- Mas, J. y Couturier, S. (2011). Evaluación de bases de datos cartográficos. *In: F. Bautista, ed. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. CIGA, IG. México, D.F. 675-703.*
- Mas, J., Velázquez, A. y Couturier, S. (2009). La evaluación de los cambios de cobertura / uso del suelo en la República Mexicana. *Investigación Ambiental, 1(1), 23-39.*
- Mejía, J., y Carretero, P. (2017). Análisis de paisajes arqueológicos de cuencas visual en el sitio Purubú de Collay. *Arqueología Iberoamericana, 36, 43-47.*
- Mera, M. y Ruiz, H. (2010). *El Rol Del Recurso Forestal en el Desarrollo Turístico De La Microcuenca Hidrográfica del Río Chuchuví, Parroquia Alto Tambo, Cantón San Lorenzo, Provincia de Esmeraldas* (Tesis de ingeniería). Universidad Técnica del Norte, Imbabura, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). (2015). Estadísticas de Patrimonio Natural. Datos de bosques, ecosistemas, especies, carbono y deforestación del Ecuador continental. Quito: Subsecretaría de Patrimonio Natural.
- Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C., Da Fonseca, G. & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *NATURE, 403, 853-858.*
- Nemmaoui, A., García, A., Aguilar J., y Aguilar, M. (2013). Series multitemporales de vegetación para un modelo forestal destruido: El caso de Tadla Azilal (Marruecos). *Agrociencia, 47(3), 267-280.*
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1996). *Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes.* 130, 152 pp. Roma.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). *El Estado de los bosques del mundo 2016: Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra.* Roma: Autor.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2017). *Comisión Forestal para América Latina y el Caribe: El estado de los bosques y el sector forestal en la región.* In Press. Roma, Italia. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-bt191s.pdf>.

- Osuna, A., De Jesús Díaz, J., De Anda, J., Villegas, E., Gallardo, J., y Dávila, G. (2015). Evaluación de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en la cuenca del río Tecolutla, Veracruz, México; período 1994 -2010. *Ambiente & Agua – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 10(2), 350-362.
- Otero, I., Varela, E, Mancebo, S. y Ezquerra, A. (2009). El análisis de visibilidad en la evaluación de impacto ambiental de nuevas construcciones. *Informes de la construcción*, 61(515), 67-75.
- Palma, S. (2016). Planificación estratégica, sistémica y prospectiva para prevenir y mitigar riesgos de desastre en áreas urbanas históricas de Guatemala. *Quivera*, 11-30.
- PDOT. Alto Tambo (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquia Alto Tambo*. San Lorenzo: GAD parroquial Alto Tambo, Ecuador.
- PDOT. Esmeraldas (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Esmeraldas: GADP de Esmeraldas*, Ecuador.
- Peña, F., Pincheira, J., Escalona, M. y Rebolledo, G. (2011). Cambio de uso del suelo en los geosistemas de la cuenca costera del río Boroa (Chile) entre 1994 y 2004. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 43(2), 1-20.
- Ponce, H. (2007). La matriz FODA: alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones. *Enseñanza e Investigación en Psicología*, 12(1), 113-130.
- Pontius, R., Shusas, E., & McEachern. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 101, 251-268.
- Posso, M. (2011). *Proyectos, tesis y Marco lógico*. Quito, Ecuador: EDICIONES 13.
- Pourrut, P. (1995). *El Agua en el Ecuador. Clima, precipitaciones, escorrentía*. Vol. 7. ORSTOM, Colegio de Geógrafos del Ecuador y Corporación Editora Nacional. Quito, Ecuador.

- Quinchoango, L. (2013). *Diseño de una guía turística de la Reserva Ecológica "Siete Cascadas" ubicada en la comunidad el Guadual, Provincia de Esmeraldas* (Tesis de tecnología). Instituto Tecnológico "Cordillera", Ecuador.
- República del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Quito: *Registro Oficial 449. Ecuador*.
- Rodríguez, A. (2011). *Metodología para detectar cambios en el uso de la tierra utilizando los principios de clasificación orientada a objetos, estudio de caso piedemonte de Villavicencio, Meta* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Rosas, P., Carranza, O., Nava, Y. y Larque, S. (2006). La percepción sobre la conservación de la cobertura vegetal. Instituto Nacional de Ecología. Pp. 123-140.
- Ruiz, V., Savé, R. y Herrera, A. (2013). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993-2011. *Ecosistemas*, 22 (3), 117-123.
- Sahagún, F. y Reyes, H. (2018). Impactos por cambio de uso del suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México. *CienciaUAT*, 12(2), 6-21.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2017). Plan Nacional de Desarrollo (2017-2021). Quito, Ecuador: SENPLADES.
- Seingier, G., Espejel, I. y Ferman, J. (2009). Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. Instituto Nacional de Ecología-SEMANART. Investigación ambiental. *Ciencia y política pública*, 1(1), 54-69.
- Sierra, R. (1996). La deforestación en el noroccidente del Ecuador 1983-1993. EcoCiencia. Quito.
- Tadesse, L., Suryabhadgavan, K., Sridhar, G., & Legesse, G. (2017). Land use and land cover changes and Soil erosion in Yezat Watershed North Wester Ethiopia. *ELSEVIER*, 2, 85-94.
- Tévar, G. (1996). La cuenca visual en el análisis del paisaje. *Serie Geográfica*, 6(s/n), 99 – 113.

- Tucker, C., & Townshend, J. (2000). Strategies for monitoring tropical deforestation using satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 21(6-7), 1461–1471.
- United States Geological Survey (USGS). (2017). *Landsat-Sentinel*. Recuperado de <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
- Villafañez, A. (2017). Asentamientos y Paisaje. Un estudio de caso mediante cuencas visuales teóricas en el Valle de Balcosna, provincia de Catamarca, Argentina. *Revista del Museo de Antropología*, 10(2), 89-100.

# **ANEXOS**

Anexo 1. Modelo de entrevista aplicada a los habitantes de la comunidad el Guadual.



**UNIVERSIDAD INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE  
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**ENTREVISTA PARA IDENTIFICAR CAMBIOS DE COBERTURA VEGETAL Y  
USO DEL SUELO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CHUCHUVÍ  
SECCIÓN I. PRESENTACIÓN Y DATOS GENERALES**

**Estimado Habitante:** Somos estudiantes de la Universidad Técnica del Norte de la Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Estamos interesados en conocer los cambios del bosque y uso del suelo que han ocurrido en la microcuenca. Ésta información permitirá establecer estrategias de uso y conservación para el suelo y bosque. Su participación en la entrevista es de manera voluntaria y la información que usted aporte será utilizada para fines investigativos.

**Entrevista N°:** \_\_\_\_\_  
**Nombre del entrevistador:** \_\_\_\_\_  
**Datos del entrevistado:**  
Representante de Familia N°: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_  
**Género:** M  F   
**Etnia:** \_\_\_\_\_ **Comunidad:** \_\_\_\_\_  
**Coordenadas:**  
X: \_\_\_\_\_ Y: \_\_\_\_\_ Altitud: \_\_\_\_\_

**SECCIÓN II: IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS Y FACTORES QUE INTERVIENEN EN  
EL PROCESO DE CAMBIO DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO EN LA  
MICROCUENCA DEL RÍO CHUCHUVÍ**

**1.- ¿Desde hace cuántos años vive usted en ésta zona?**

<10 años  11-20 años  21-30 años  >30 años

**2.- ¿Cuál es su ocupación principal?**

Agricultor/a  Ganadero/a  Guía Turístico  Minero

Otro: \_\_\_\_\_

**3.- ¿Cree usted que el bosque se ha reducido, aumentado o sigue igual en el transcurso de los últimos 30 años?**

Aumentó  Disminuyó  Sigue igual

**4.- ¿Ha visto cambios en el uso del suelo y bosque? Si la respuesta es Sí, identifique los cambios que ha visto:**

---

**5.- ¿Cuáles cree usted que han sido las causas del cambio del bosque y uso del suelo?**

Incendios  Minería  Tala ilegal  Posesión ilegal de tierras

Monocultivos  Apertura de carreteras  Aumento de la agricultura

Otras \_\_\_\_\_

**6.- ¿Cuáles son los problemas ambientales que considera usted que podrían afectar a la zona?**

---

---

**7.- ¿Qué medidas propone usted para la conservación del bosque y suelo?**

---

**8.- ¿Conoce usted acerca del ecoturismo?**

Sí  No

Si la respuesta es Sí, indique los beneficios que éste tiene:

---

**9.- ¿Qué fortalezas cree usted que tiene la comunidad para ayudar a conservar el suelo y bosque?**

---

**10.- ¿Qué dificultades cree usted que puede presentar la comunidad para la conservación del suelo y bosque de la zona?**

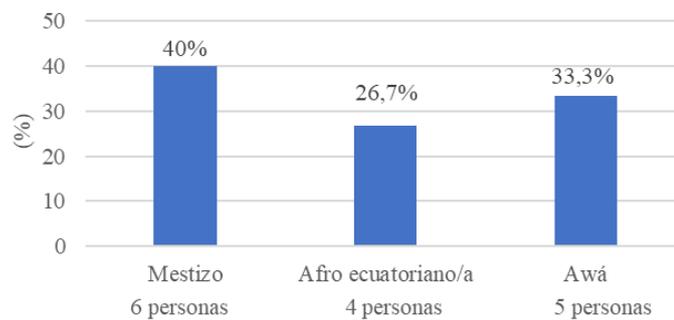
---

**¡Gracias por su atención!**

**Anexo 2.** Tablas y figuras de la tabulación de la entrevista aplicada en la comunidad El Guadual.

***Etnias de la comunidad el Guadual.***

Etnia	Total	
	Cantidad	%
Mestizo	6	40
Afroecuatoriano/a	4	26,7
Awá	5	33,3
Total	15	100



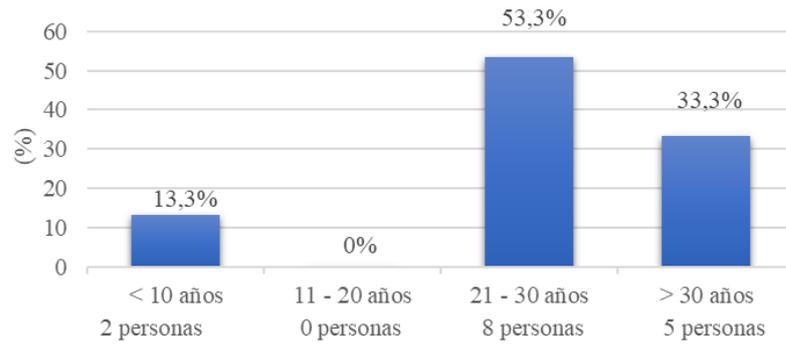
Los comuneros entrevistados en su mayoría pertenecen a la etnia mestiza con el 40%, Awá 33,3% y afro ecuatorianos con el 26,7%. Se registra la presencia de la comunidad indígena Awá en una cantidad considerable dentro de la microcuenca.

**Pregunta 1.**

¿Desde hace cuántos años vive usted en esta zona?

***Número de años de residencia de los habitantes en la comunidad el Guadual.***

Respuesta	Total	
	Cantidad	%
< 10 años	2	13,3
11 - 20 años	0	0,0
21 - 30 años	8	53,3
> 30 años	5	33,3
Total	15	100



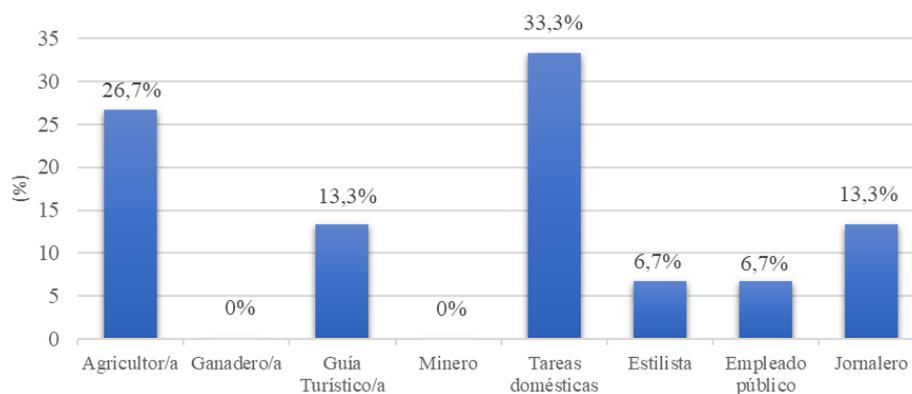
El 53,3% de los entrevistados afirman vivir de 21 a 30 años en la zona donde se realiza el estudio. El tiempo es favorable para la generación de información por parte de los comuneros.

### Pregunta 2.

¿Cuál es su ocupación principal?

#### *Tipos de ocupación de los pobladores.*

Respuesta	Total	
	Cantidad	%
Agricultor/a	4	26,7
Ganadero/a	0	0,0
Guía Turístico/a	2	13,3
Minero	0	0,0
Tareas domésticas	5	33,3
Estilista	1	6,7
Empleado público	1	6,7
Jornalero	2	13,3
Total	15	100



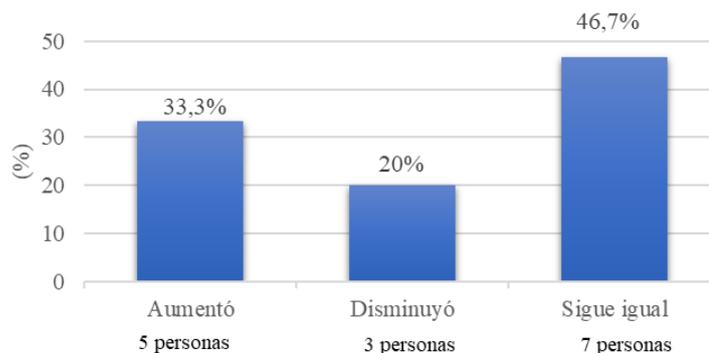
De los 15 entrevistados, el 26,7% se dedican a la agricultura y el 33,3% a tareas domésticas. Los comuneros en su mayoría se dedican a actividades domésticas en las que se incluyen sus tierras y las actividades agrícolas que realizan. Además, es importante señalar que ninguno de los habitantes realiza actividades relacionadas a la ganadería.

**Pregunta 3.**

¿Cree usted que el bosque se ha reducido, aumentado o sigue igual en el transcurso de los últimos 30 años?

*Criterios sobre el aumento y disminución de la cobertura vegetal.*

Respuesta	Total	
	Cantidad	%
Aumentó	5	33,3
Disminuyó	3	20,0
Sigue igual	7	46,7
Total	15	100



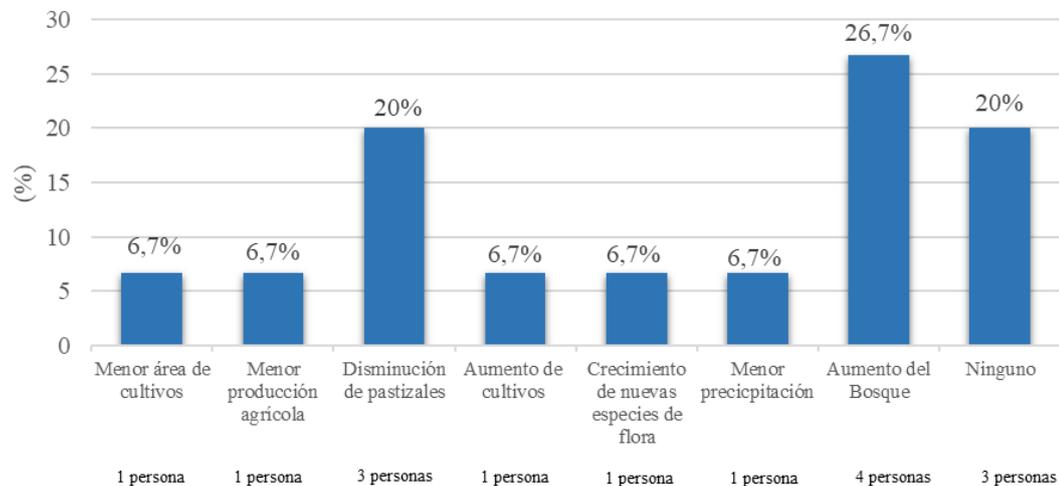
Según la percepción de los comuneros entrevistados el 46,7% afirma que el bosque sigue igual, el 33,3% concluye que aumentó en el transcurso de los últimos 30 años, mientras que el 20% de los encuestados manifestaron una disminución de la cobertura vegetal de la microcuenca.

**Pregunta 4.**

¿Ha visto cambios en el uso del suelo y bosque? Si la respuesta es Sí, identifique los cambios que ha visto:

***Tipos de cambios ocurridos en el bosque y uso del suelo de la microcuenca.***

Respuesta	Total	
	Cantidad	%
Menor área de cultivos	1	6,7
Menor producción agrícola	1	6,7
Disminución de pastizales	3	20,0
Aumento de cultivos	1	6,7
Crecimiento de nuevas especies de flora	1	6,7
Menor precipitación	1	6,7
Aumento del Bosque	4	26,7
Ninguno	3	20,0
Total	15	100



De los 15 comuneros entrevistados el 26,7% afirma que entre los principales cambios que se han visto dentro de la microcuenca está el aumento de la cobertura vegetal, además el 20% manifiesta la disminución de pastizales y el otro 20% de los encuestados no registra ningún cambio dentro del área de estudio.

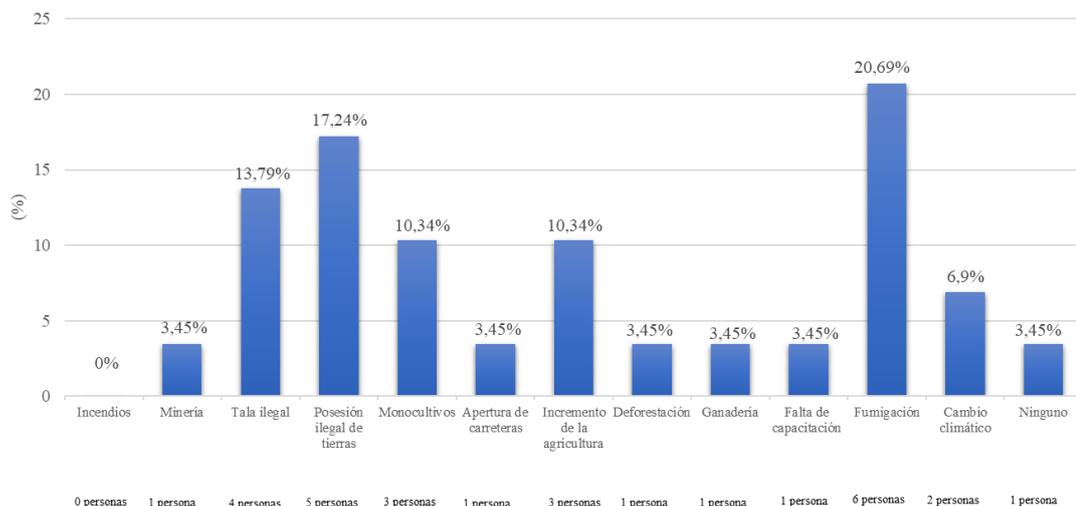
**Pregunta 5.**

¿Cuáles cree usted que han sido las causas del cambio del bosque y uso del suelo?

***Causas del cambio de cobertura vegetal y uso del suelo.***

Respuesta	Total	
	Cantidad	%
Incendios	0	0,00
Minería	1	3,45

Tala ilegal	4	13,79
Posesión ilegal de tierras	5	17,24
Monocultivos	3	10,34
Apertura de carreteras	1	3,45
Incremento de la agricultura	3	10,34
Deforestación	1	3,45
Ganadería	1	3,45
Falta de capacitación	1	3,45
Fumigación	6	20,69
Cambio climático	2	6,90
Ninguno	1	3,45
Total	29	100



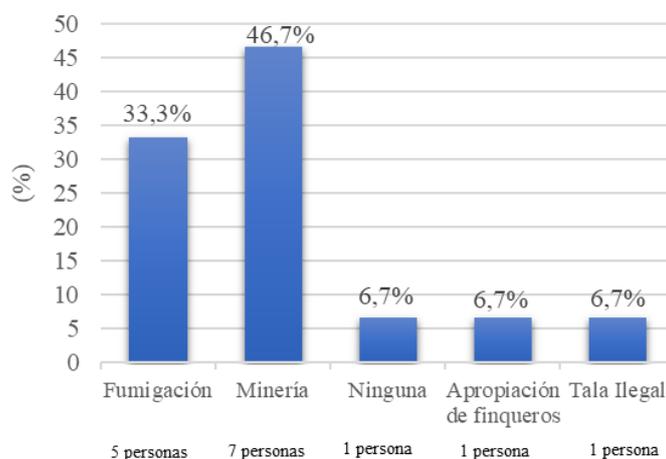
De los 15 pobladores entrevistados se registró por cada uno varias opciones de respuesta en relación a las causas que han provocado cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo, obteniendo así que como principal causa está la fumigación con el 20,9%, seguido de la posesión ilegal de tierras con el 17,24%, el incremento de la agricultura y la aplicación de monocultivos con el 10,34% de acierto cada uno y la tala ilegal con el 13,79%.

### **Pregunta 6.**

¿Cuáles son los problemas ambientales que considera usted que podrían afectar a la zona?

**Problemas identificados que afectan en la microcuenca.**

Respuesta	Total	
	Cantidad	%
Fumigación	5	33,3
Minería	7	46,7
Ninguna	1	6,7
Apropiación de finqueros	1	6,7
Tala Ilegal	1	6,7
Total	15	100



De los 15 comuneros entrevistados, el 46,7 % de los pobladores ven a la minería como un problema ambiental que podría afectar a la microcuenca y el 33,3% a la fumigación, ambas como principales amenazas para la zona.

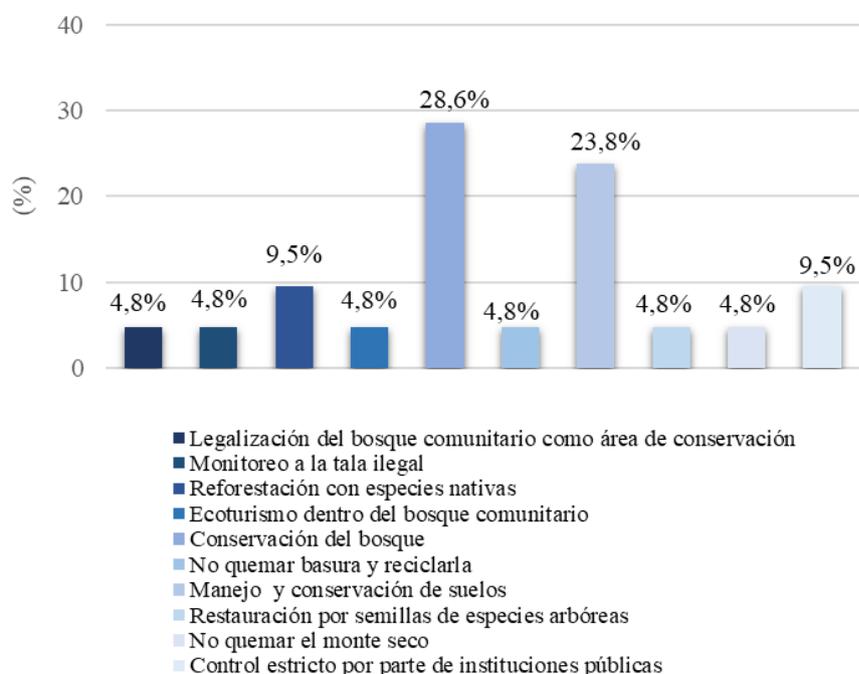
**Pregunta 7.**

¿Qué medidas propone usted para la conservación del bosque y suelo?

**Propuestas para la conservación del bosque y suelo de la microcuenca.**

Respuesta	Total	
	Cantidad	%
Legalización del bosque comunitario como área de conservación	1	4,8
Monitoreo a la tala ilegal	1	4,8
Reforestación con especies nativas	2	9,5
Ecoturismo dentro del bosque comunitario	1	4,8
Conservación del bosque	6	28,6
No quemar basura y reciclarla	1	4,8
Manejo y conservación de suelos	5	23,8

Restauración por semillas de especies arbóreas	1	4,8
No quemar el monte seco	1	4,8
Control estricto por parte de instituciones públicas	2	9,5
Total	21	100



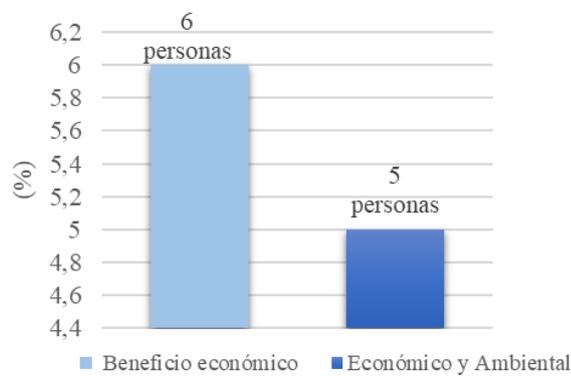
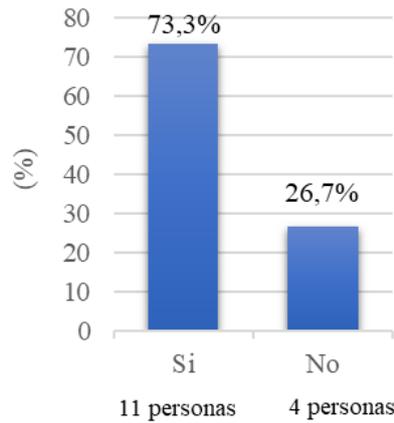
De los 15 habitantes entrevistados, cada uno respondió con varias opciones como medidas para la conservación del bosque y suelo. Entre las principales medidas de conservación se obtuvo la conservación del bosque con el 28,6%, el manejo y conservación del suelo con el 23,8%, además del control estricto por parte de instituciones públicas y la reforestación con especies nativas, cada una con el 9,5%.

### Pregunta 8.

¿Conoce usted acerca del ecoturismo?

#### *Beneficios del ecoturismo.*

Respuesta	Total	
	Cantidad	%
Si	11	73,3
Beneficio económico	6	
Económico y Ambiental	5	
No	4	26,7
Total	15	100



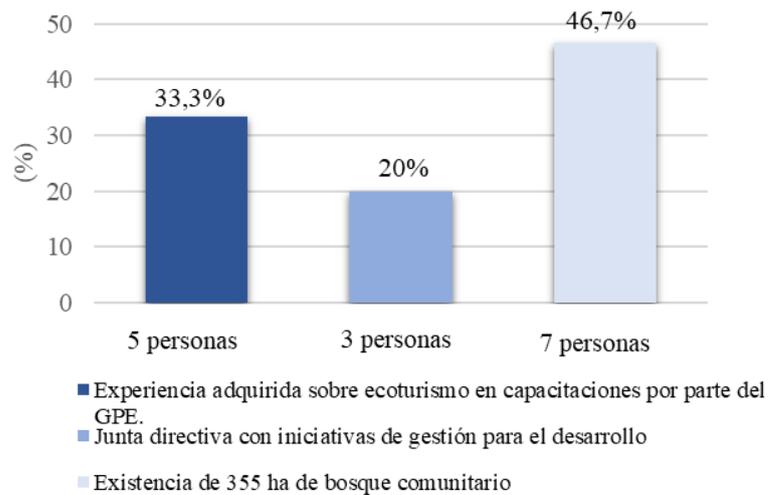
De los 15 comuneros entrevistados, el 73,3% de los comuneros si conoce acerca del ecoturismo y manifiestan que provee beneficios económicos y ambientales, mientras que 26,7% restante de los pobladores no conoce el ecoturismo.

### Pregunta 9.

¿Qué fortalezas cree usted que tiene la comunidad para ayudar a conservar el suelo y bosque?

#### *Fortalezas de la comunidad el Guadual.*

Respuesta	Total	
	Cantidad	%
Experiencia adquirida sobre ecoturismo en capacitaciones por parte del GPE.	5	33,3
Junta directiva con iniciativas de gestión para el desarrollo	3	20,0
Existencia de 355 ha de bosque comunitario	7	46,7
Total	15	100



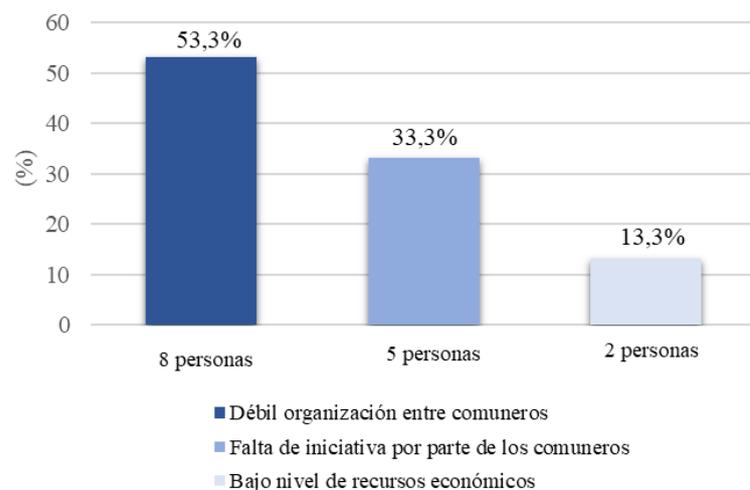
Los pobladores entrevistados aseguran que entre las principales fortalezas que presenta la comunidad para ayudar a conservar el suelo están: La existencia de 355 ha de bosque comunitario con el 46,7% de acierto, la experiencia adquirida sobre ecoturismo en capacitaciones por parte del GPE (Gobierno Provincial de Esmeraldas) con el 33,3% y finalmente la presencia de la junta directiva de la comunidad El Guadual con iniciativas de gestión para el desarrollo con el 20% de acertamiento por parte de los comuneros.

### Pregunta 10.

¿Qué dificultades cree usted que puede presentar la comunidad para la conservación del suelo y bosque de la zona?

#### *Dificultades que presenta la comunidad el Guadual.*

Respuesta	Total	
	Cantidad	%
Débil organización entre comuneros	8	53,3
Falta de iniciativa por parte de los comuneros	5	33,3
Bajo nivel de recursos económicos	2	13,3
Total	15	100



De los 15 comuneros entrevistados, el 53,3% de los pobladores afirman que la débil organización entre comuneros es una dificultad importante que presenta la comunidad para la conservación del suelo y bosque de la microcuenca, además el 33,3% manifiesta a la falta de iniciativa de los pobladores y por último con el 13,3% el bajo nivel de recursos económicos.

**Anexo 3.** Tabla de las coordenadas geográficas de las áreas de entrenamiento levantadas en campo.

<b>Punto</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Altitud (msnm)</b>	<b>Categorías</b>
P1	776277	10096277	889	BOSQUE
P2	776312	10096969	887	BOSQUE
P3	776307	10097008	883	BOSQUE
P4	776300	10097007	879	BOSQUE
P5	776929	10099219	624	BOSQUE
P6	776940	10099219	618	BOSQUE
P7	776949	10099226	613	BOSQUE
P8	776959	10099238	629	BOSQUE
P9	776936	10099261	618	BOSQUE
P10	776917	10099244	620	BOSQUE
P11	776929	10099222	622	BOSQUE
P12	777280	10099276	587	BOSQUE
P13	777331	10099341	578	BOSQUE
P14	777282	10099383	580	BOSQUE
P15	777240	10099313	587	BOSQUE
P16	777427	10099841	477	BOSQUE
P17	777398	10099845	478	BOSQUE
P18	777379	10099844	480	BOSQUE
P19	777456	10099993	456	BOSQUE
P20	777347	10099980	435	BOSQUE
P21	776861	10100299	491	BOSQUE
P22	776758	10100241	443	BOSQUE
P23	776780	10100477	488	BOSQUE
P24	776863	10100643	472	BOSQUE
P25	776993	10100388	489	BOSQUE
P26	776805	10100326	496	BOSQUE
P27	776777	10100328	501	BOSQUE
P28	776792	10100361	512	BOSQUE
P29	776822	10100365	490	BOSQUE
P30	776806	10100429	503	BOSQUE
P31	776771	10100435	495	BOSQUE
P32	776774	10100474	482	BOSQUE
P33	776810	10100468	485	BOSQUE
P34	776863	10100435	508	BOSQUE
P35	776891	10100395	514	BOSQUE
P36	776923	10100409	507	BOSQUE
P37	776920	10100463	509	BOSQUE
P38	776682	10100288	492	BOSQUE
P39	776670	10100305	499	BOSQUE
P40	776634	10100317	495	BOSQUE

---

P41	776632	10100286	490	BOSQUE
P42	776318	10100184	522	BOSQUE
P43	776317	10100149	523	BOSQUE
P44	776295	10100154	529	BOSQUE
P45	776272	10100198	527	BOSQUE
P46	776260	10100126	509	BOSQUE
P47	776273	10100089	521	BOSQUE
P48	776234	10100101	510	BOSQUE
P49	776255	10100127	546	BOSQUE
P50	776113	10097088	804	BOSQUE
P51	776082	10097073	835	BOSQUE
P52	776897	10099225	624	BOSQUE
P53	776864	10099210	628	BOSQUE
P54	776872	10099175	627	BOSQUE
P55	776925	10099184	621	BOSQUE
P56	776882	10099258	614	BOSQUE
P57	776856	10099236	623	BOSQUE
P58	776822	10099269	624	BOSQUE
P59	776853	10099302	614	BOSQUE
P60	776869	10099442	616	BOSQUE
P61	776889	10099458	600	BOSQUE
P62	776872	10099487	609	BOSQUE
P63	776849	10099481	614	BOSQUE
P64	776609	10100254	501	BOSQUE
P65	776603	10100282	493	BOSQUE
P66	776579	10100278	511	BOSQUE
P67	776557	10100251	489	BOSQUE
P68	776488	10100206	509	BOSQUE
P69	776177	10100237	514	BOSQUE
P70	776448	10100211	519	BOSQUE
P71	776447	10100182	522	BOSQUE
P72	776526	10099809	540	BOSQUE
P73	776512	10099795	490	BOSQUE
P74	776500	10099777	522	BOSQUE
P75	776535	10099741	507	BOSQUE
P76	776618	10097521	742	BOSQUE
P77	776648	10097515	766	BOSQUE
P78	776658	10097542	768	BOSQUE
P79	776633	10097580	745	BOSQUE
P80	776300	10097375	794	BOSQUE
P81	776289	10097390	793	BOSQUE
P82	776272	10097336	791	BOSQUE
P83	776241	10097353	790	BOSQUE
P84	776197	10097231	803	BOSQUE

---

P85	776144	10097155	825	BOSQUE
P86	776109	10097121	796	BOSQUE
P87	777332	10099682	539	BOSQUE
P88	777316	10099723	529	BOSQUE
P89	777341	10099739	526	BOSQUE
P90	777408	10099691	506	BOSQUE
P91	776228	10097307	804	BOSQUE
P92	776211	10097278	795	BOSQUE
P93	776280	10097265	798	BOSQUE
P94	776245	10097204	802	BOSQUE
P95	776522	10099697	520	BOSQUE
P96	776500	10099704	532	BOSQUE
P97	776487	10099679	529	BOSQUE
P98	776520	10099664	526	BOSQUE
P99	776405	10096841	934	BOSQUE
P100	776368	10096813	939	BOSQUE
P101	776341	10096833	931	BOSQUE
P102	776352	10096849	917	BOSQUE
P103	776320	10096891	918	BOSQUE
P104	776288	10096884	904	BOSQUE
P105	776265	10096898	896	BOSQUE
P106	776289	10096918	870	BOSQUE
P107	776313	10097017	865	BOSQUE
P108	776341	10097023	873	BOSQUE
P109	776345	10097049	872	BOSQUE
P110	776330	10097054	864	BOSQUE
P111	776341	10097187	800	BOSQUE
P112	776317	10097181	789	BOSQUE
P113	776331	10097217	801	BOSQUE
P114	776353	10097215	801	BOSQUE
P115	776069	10097077	822	BOSQUE
P116	776051	10097100	832	BOSQUE
P117	776045	10097057	848	BOSQUE
P118	776040	10097039	854	BOSQUE
P119	776030	10097026	858	BOSQUE
P120	776024	10097032	856	BOSQUE
P121	776018	10097023	855	BOSQUE
P122	775932	10096985	893	BOSQUE
P123	775929	10096948	898	BOSQUE
P124	775900	10096866	900	BOSQUE
P125	775879	10096848	911	BOSQUE
P126	775660	10096701	943	BOSQUE
P127	777025	10098948	648	CULTIVO
P128	777042	10098949	644	CULTIVO

P129	777030	10098976	637	CULTIVO
P130	777002	10098966	640	CULTIVO
P131	775645	10099363	798	BOSQUE
P132	775642	10099276	783	BOSQUE
P133	775730	10099284	768	BOSQUE
P134	775762	10099390	781	BOSQUE
P135	775835	10099407	777	BOSQUE
P136	775787	10099328	765	BOSQUE
P137	775885	10099322	756	BOSQUE
P138	775918	10099384	741	BOSQUE
P139	777077	10098844	670	CULTIVO
P140	777068	10098852	669	CULTIVO
P141	777075	10098861	666	CULTIVO
P142	777083	10098862	666	CULTIVO
P143	777013	10099076	627	CULTIVO
P144	776998	10099074	633	CULTIVO
P145	776983	10099071	629	CULTIVO
P146	776994	10099048	633	CULTIVO
P147	777019	10099009	635	CULTIVO
P148	777036	10099016	635	CULTIVO
P149	777018	10099052	631	CULTIVO
P150	777150	10098960	637	CULTIVO
P151	777170	10098993	627	CULTIVO
P152	777208	10098978	628	CULTIVO
P153	777190	10098951	631	CULTIVO
P154	777032	10099025	642	CULTIVO
P155	777012	10099016	640	CULTIVO
P156	776999	10099040	637	CULTIVO
P157	777019	10099048	637	CULTIVO
P158	777017	10099056	637	CULTIVO
P159	777015	10099079	635	CULTIVO
P160	776987	10099076	634	CULTIVO
P161	776991	10099048	635	CULTIVO
P162	775900	10095592	977	CULTIVO
P163	775875	10095563	970	CULTIVO
P164	775900	10095556	974	CULTIVO
P165	775920	10095589	961	CULTIVO
P166	777042	10099002	637	CULTIVO
P167	777038	10099011	634	CULTIVO
P168	777022	10099003	634	CULTIVO
P169	777031	10098992	635	CULTIVO
P170	777171	10098762	683	INFRAESTRUCTURA
P171	777168	10098756	683	INFRAESTRUCTURA
P172	777160	10098755	682	INFRAESTRUCTURA

P173	777162	10098762	682	INFRAESTRUCTURA
P174	777332	10098739	672	INFRAESTRUCTURA
P175	777327	10098731	671	INFRAESTRUCTURA
P176	777339	10098726	673	INFRAESTRUCTURA
P177	777341	10098734	671	INFRAESTRUCTURA
P178	776575	10097767	714	INFRAESTRUCTURA
P179	776554	10097797	715	INFRAESTRUCTURA
P180	776562	10097801	715	INFRAESTRUCTURA
P181	776582	10097770	710	INFRAESTRUCTURA
P182	777075	10098964	637	CULTIVO
P183	777068	10098959	634	CULTIVO
P184	777061	10098953	633	CULTIVO
P185	777067	10098948	634	CULTIVO
P186	777073	10098954	635	CULTIVO
P187	777082	10098961	637	CULTIVO
P188	777083	10098959	647	CULTIVO
P189	777072	10098948	651	CULTIVO
P190	777080	10098936	648	CULTIVO
P191	777089	10098941	650	CULTIVO
P192	776604	10097683	617	INFRAESTRUCTURA
P193	776613	10097705	710	INFRAESTRUCTURA
P194	776638	10097701	712	INFRAESTRUCTURA
P195	776629	10097711	713	INFRAESTRUCTURA
P196	776529	10097730	712	INFRAESTRUCTURA
P197	776574	10097694	707	INFRAESTRUCTURA
P198	776569	10097702	714	INFRAESTRUCTURA
P199	776573	10097746	714	INFRAESTRUCTURA
P200	777157	10098775	685	INFRAESTRUCTURA
P201	777157	10098785	682	INFRAESTRUCTURA
P202	777185	10098770	683	INFRAESTRUCTURA
P203	777221	10098766	684	INFRAESTRUCTURA
P204	777226	10098776	685	INFRAESTRUCTURA
P205	777198	10098783	685	INFRAESTRUCTURA
P206	776338	10097426	770	CULTIVO
P207	776385	10097410	765	CULTIVO
P208	776365	10097393	766	CULTIVO
P209	776333	10097389	774	CULTIVO
P210	775688	10096305	967	PASTIZAL
P211	775644	10096267	958	PASTIZAL
P212	775693	10096239	969	PASTIZAL
P213	777056	10098984	645	PASTIZAL
P214	777048	10098978	638	PASTIZAL
P215	777061	10098956	639	PASTIZAL
P216	777078	10098968	636	PASTIZAL

---

P217	776902	10099069	639	PASTIZAL
P218	776899	10099056	636	PASTIZAL
P219	776895	10099080	634	PASTIZAL
P220	776920	10099092	630	PASTIZAL
P221	777102	10099057	631	PASTIZAL
P222	777128	10099066	629	PASTIZAL
P223	777139	10099042	628	PASTIZAL
P224	777116	10099030	630	PASTIZAL
P225	777083	10099065	631	PASTIZAL
P226	777056	10099061	633	PASTIZAL
P227	777051	10099084	630	PASTIZAL
P228	777069	10099107	627	PASTIZAL
P229	777013	10099116	623	PASTIZAL
P230	777045	10099132	623	PASTIZAL
P231	777021	10099149	621	PASTIZAL
P232	777001	10099143	621	PASTIZAL
P233	776554	10097448	770	PASTIZAL
P234	776544	10097475	753	PASTIZAL
P235	776567	10097474	747	PASTIZAL
P236	776587	10097460	753	PASTIZAL
P237	776766	10097935	724	CULTIVO
P238	776794	10097932	729	CULTIVO
P239	776801	10097963	730	CULTIVO
P240	776772	10097969	722	CULTIVO
P241	777156	10098880	662	CULTIVO
P242	777174	10098867	653	CULTIVO
P243	777163	10098852	653	CULTIVO
P244	777140	10098852	654	CULTIVO
P245	776157	10097226	808	CULTIVO
P246	776141	10097200	810	CULTIVO
P247	776758	10099432	570	CULTIVO
P248	776755	10099472	571	CULTIVO
P249	776717	10099490	567	CULTIVO
P250	776705	10099451	563	CULTIVO
P251	776502	10097684	736	CULTIVO
P252	776511	10097716	734	CULTIVO
P253	776465	10097727	741	CULTIVO
P254	776456	10097678	744	CULTIVO
P255	777033	10098993	636	CULTIVO
P256	777042	10098997	637	CULTIVO
P257	777051	10098982	638	CULTIVO
P258	777043	10098975	637	CULTIVO

---

#### Anexo 4. Registro Fotográfico



**Fotografía 1.** Reconocimiento del área de estudio.



**Fotografía 2.** Salida de campo con el director hacia la microcuenca del río Chuchuví.



**Fotografía 3.** Georreferenciación de las áreas de la categoría cultivos.



**Fotografía 4.** Georreferenciación de las superficies de la categoría infraestructura.



**Fotografía 5.** Georreferenciación de las áreas de la categoría pastizal.



**Fotografía 6.** Georreferenciación de las superficies de la categoría bosque.



**Fotografía 7.** Bosque primario de la parte alta de la microcuenca.



**Fotografía 8.** Recorridos hacia la parte alta del área de estudio.



**Fotografía 9.** Cultivos de cacao ubicados en la parte media del área de estudio.



**Fotografía 10.** Vista panorámica del pastizal y cultivo de bambú en la parte baja de la microcuenca.



**Fotografía 11.** Obtención del azimut sur para la realización de la cuenca visual.



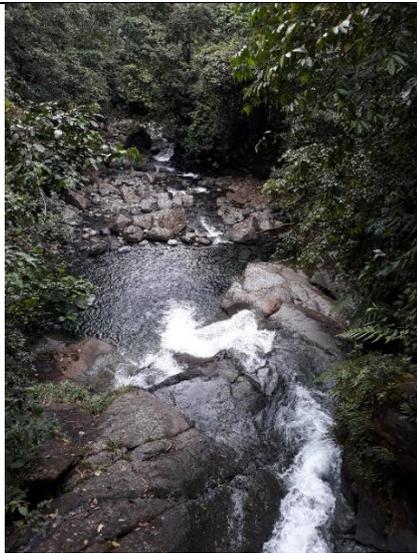
**Fotografía 12.** Visualización del balneario Chuchuví.



**Fotografía 13.** Realización de la entrevista a pobladores de la comunidad El Guadual.



**Fotografía 14.** Realización de la entrevista a los comuneros de El Guadual.



**Fotografía 15.** Visualización del río Chuchuví en la parte baja de la microcuenca.



**Fotografía 16.** Llegada al Bosque Protector las Siete Cascadas.

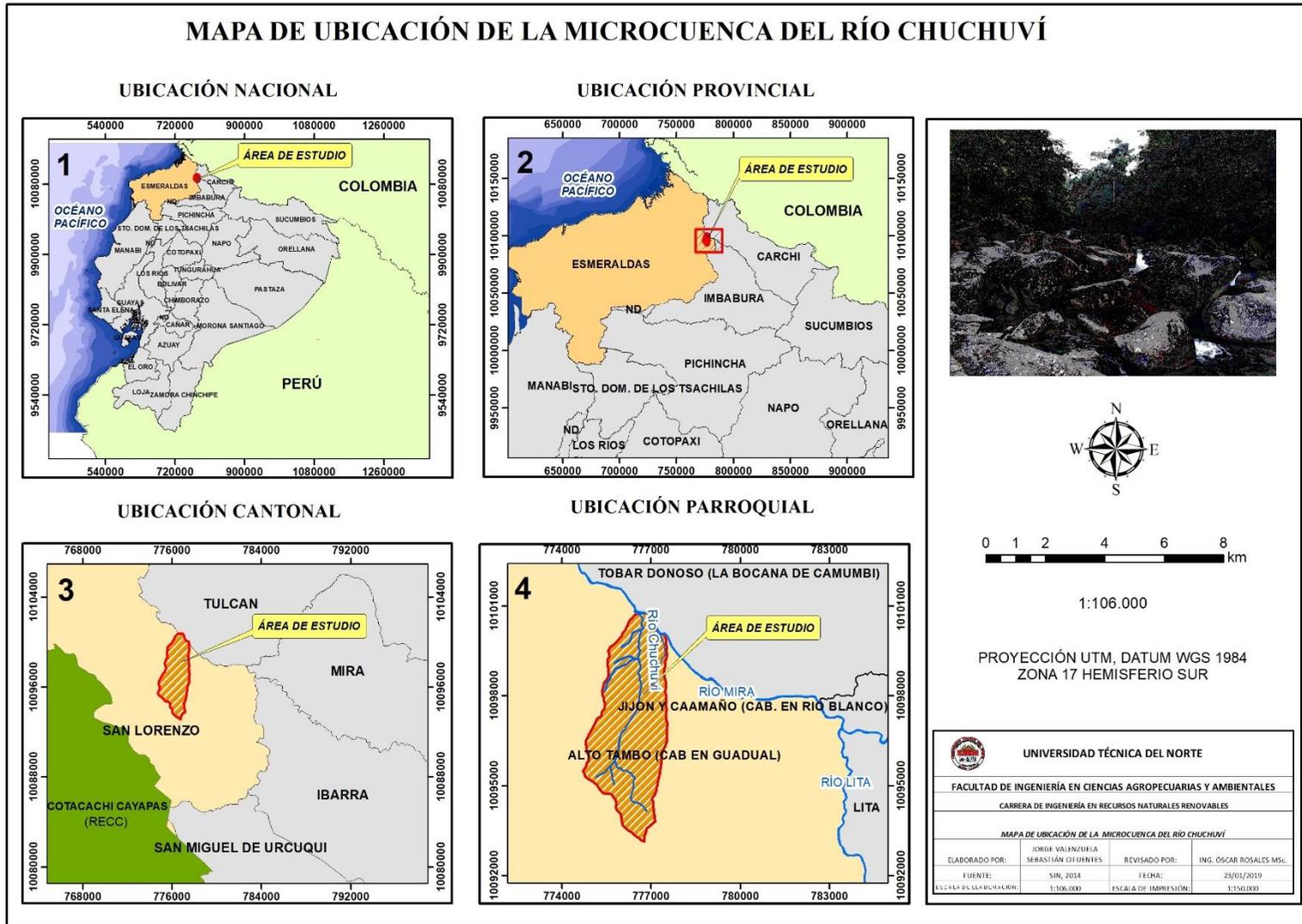


**Fotografía 17.** Visualización del río Chuchuví en la parte alta de la microcuenca.

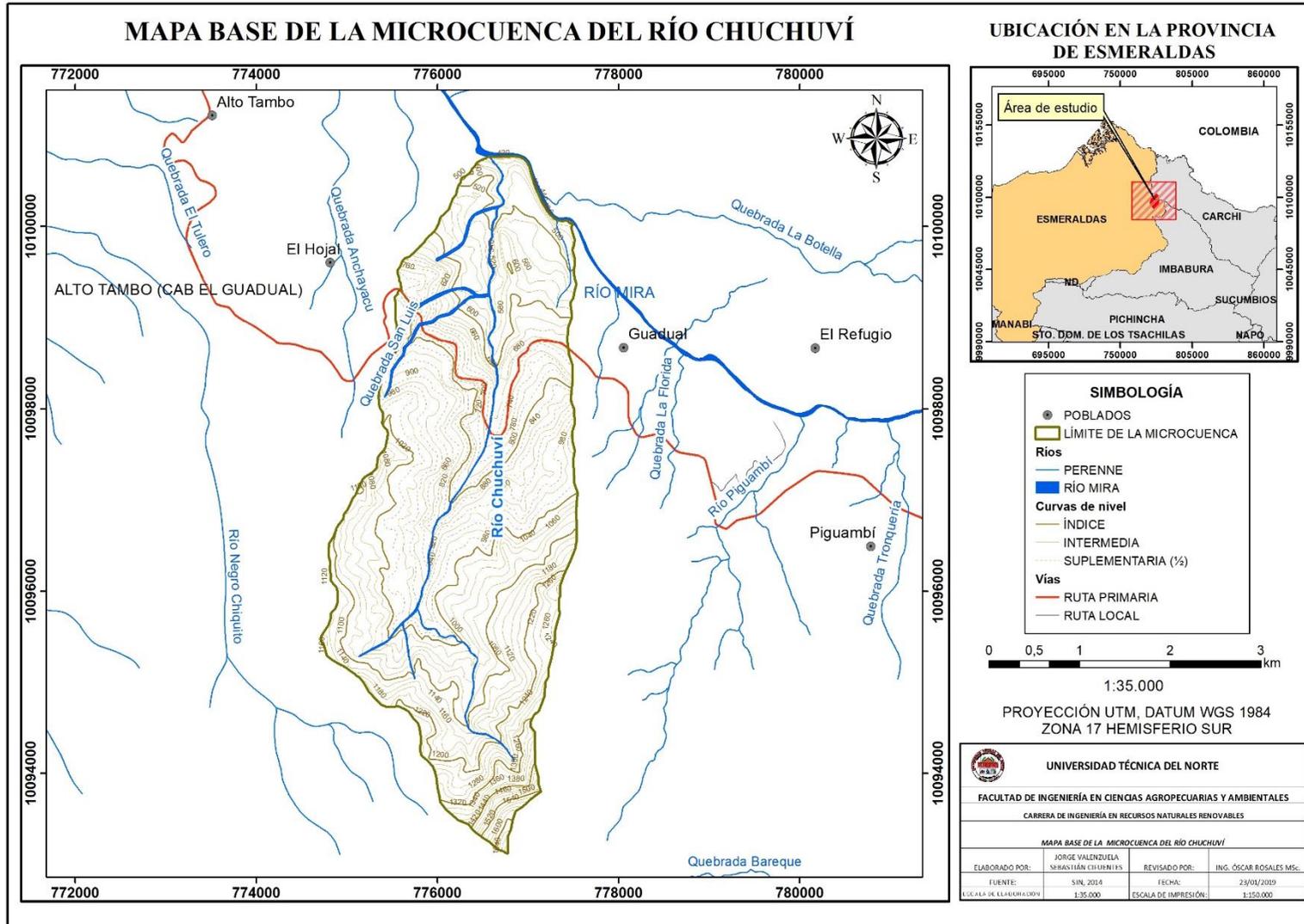


**Fotografía 18.** Socialización de los resultados del trabajo de titulación.

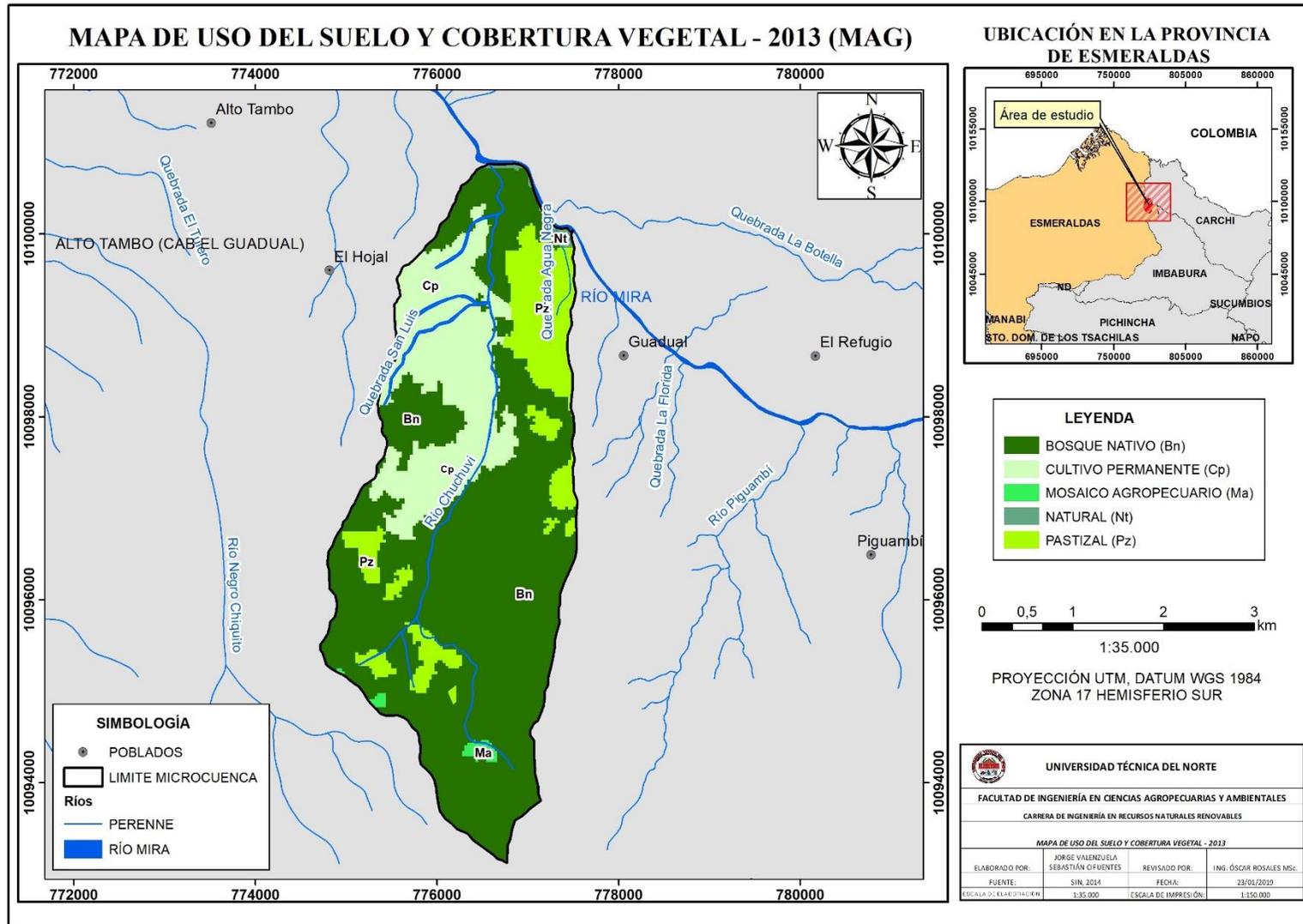
## Anexo 5. Mapa de ubicación del área de estudio



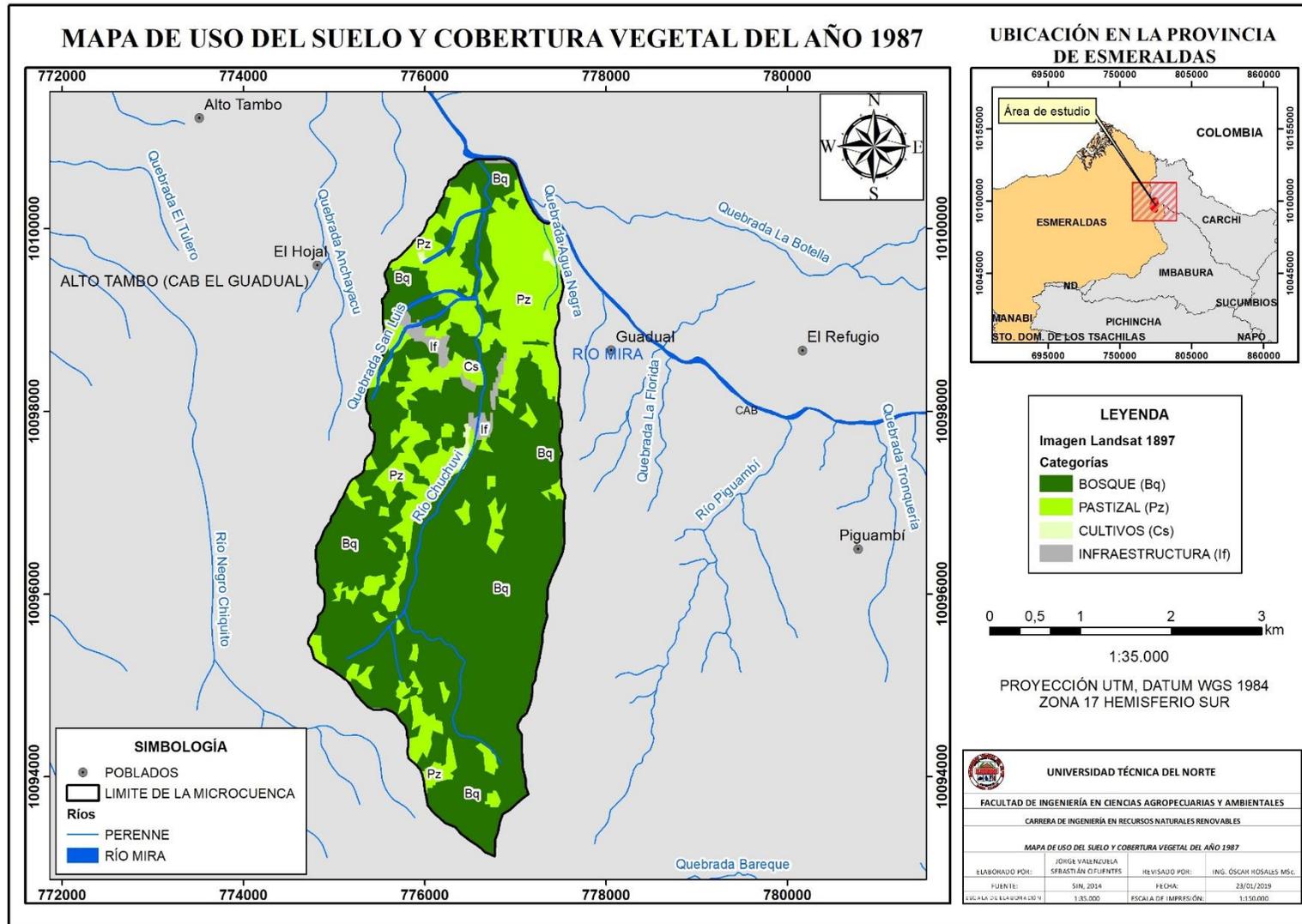
Anexo 6. Mapa de base de la microcuenca del río Chuchuví



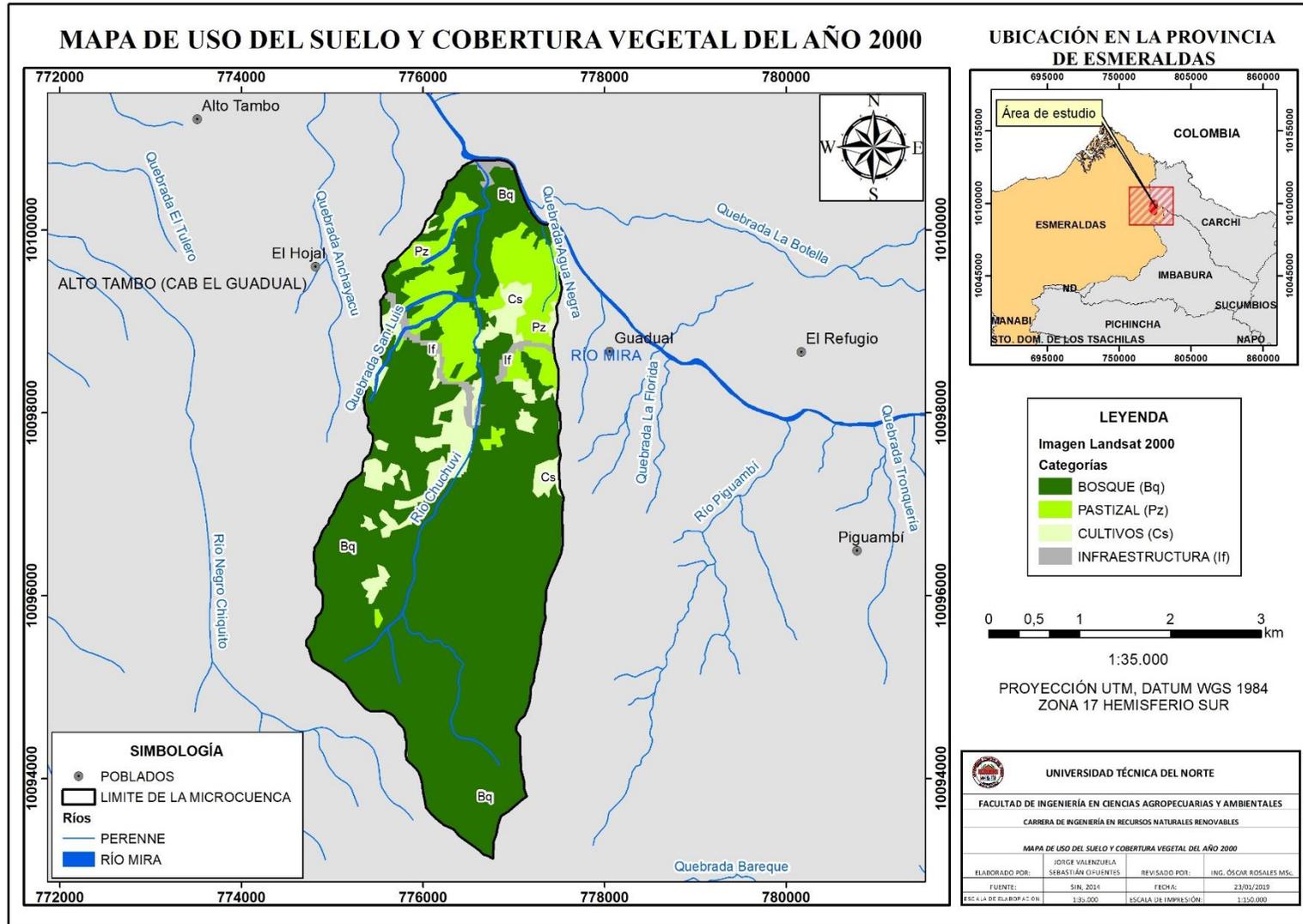
Anexo 7. Mapa de uso del suelo y cobertura vegetal del año 2013 (MAG).



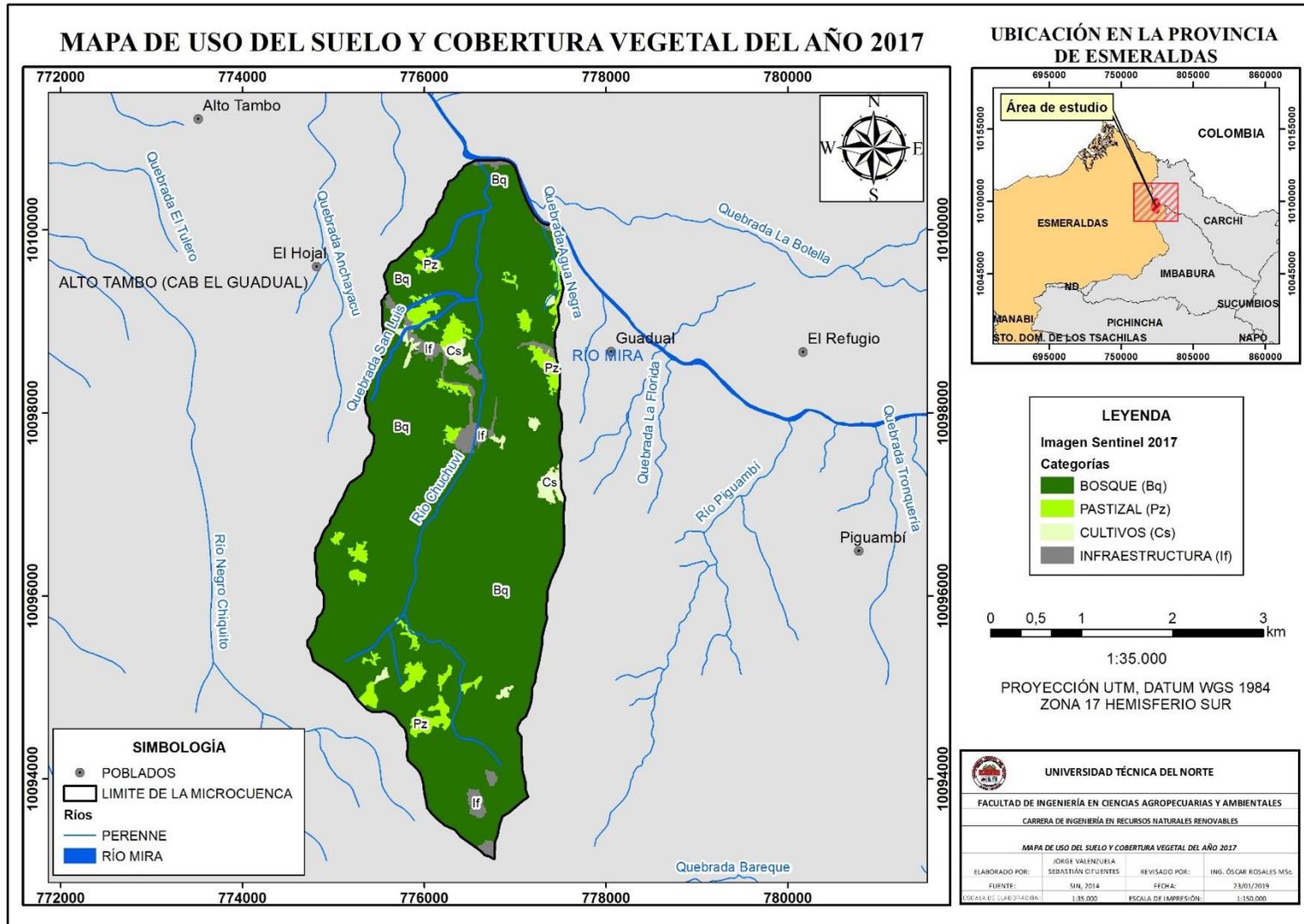
Anexo 8. Mapa de uso del suelo y cobertura vegetal del año 1987



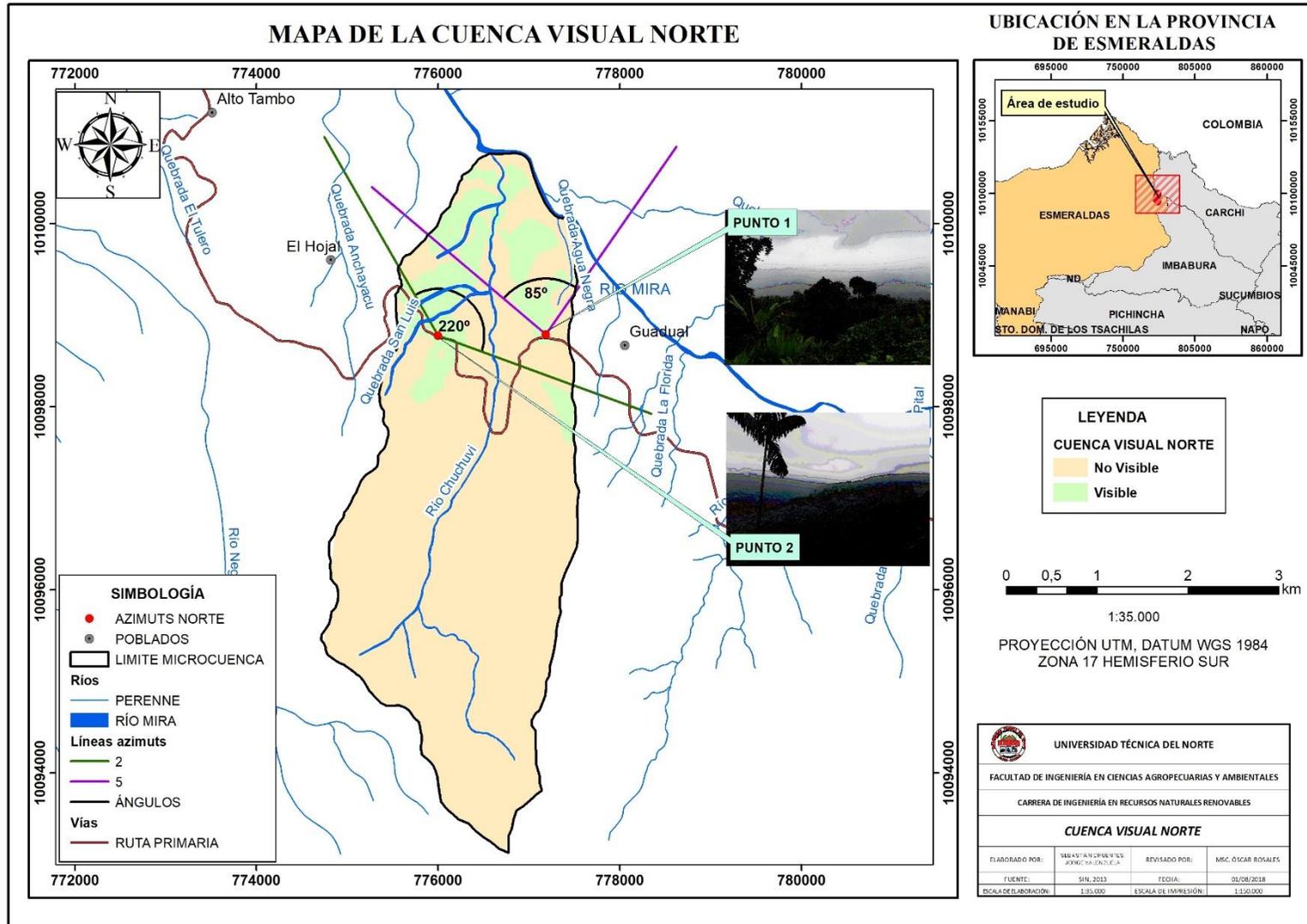
Anexo 9. Mapa de uso del suelo y cobertura vegetal del año 2000



Anexo 10. Mapa de uso del suelo y cobertura vegetal del año 2017



Anexo 11. Mapa de la cuenca visual norte





Anexo 12. Mapa de cambios de uso del suelo y cobertura vegetal del período 1987-2017

